



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»  
Белорусский национальный технический университет  
Донецкий национальный технический университет  
Правительство Тульской области  
Российская академия архитектуры и строительных наук**

**Научно-образовательный центр геоинженерии,  
строительной механики и материалов**

**18-я Международная конференция  
по проблемам горной промышленности,  
строительства и энергетики**

**«СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВА  
И ЭНЕРГЕТИКИ»**

**Тула – Минск – Донецк  
2-3 Ноября 2022**

**Материалы конференции**

*Под общей редакцией  
доктора техн. наук, проф. Р.А. Ковалева*

**Тула  
Издательство ТулГУ  
2022**

**УДК 622:001.12/18:504.062(1/9);620.9+502.7+614.87**  
**ББК 18+26.1(2)+31.3+33+38.1(6)**  
**С 69**

**18-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 20221, 757 с.**

ISBN 978-5-7679-5116-1

Представлены материалы научных исследований по эффективным технологиям в области геоэкологии, по геотехнологиям, мониторингу природно-техногенной среды, технологиям переработки и хранения отходов производства, экономике природопользования, механике материалов и строительных конструкций; технологиям и экологическим проблемам строительных материалов; эксплуатации, обследованию и усилению строительных конструкций; архитектуре и архитектурному проектированию; технологии, организации, управлению и экономике строительного производства; энергетике, энергосбережению, электрооборудованию и электроснабжению; теплогазоснабжению, санитарно-техническим системам и оборудованию.

Предложены способы оценки, прогнозирования и контроля техногенного загрязнения окружающей среды. Обсуждаются вопросы безопасности подземных горных работ, а также проблема управления риском потенциально опасной деятельности.

Сборник предназначен для научных, инженерно-технических работников и студентов, изучающих проблемы создания системы научных знаний и их эффективного практического применения при решении социально-экономических и экологических задач в горной промышленности, строительстве и энергетике.

Организационный комитет благодарит ученых, специалистов и руководителей производств, принявших участие в работе конференции, и надеется, что обмен информацией был полезным для решения актуальных задач в области фундаментальных и прикладных научных исследований, производственной деятельности и в образовательной сфере.

ISBN 978-5-7679-5116-1

© Авторы материалов, 2022  
© Издательство ТулГУ, 2022

**Tula State University  
Donetsk national technical university  
Belarusian national technical university**

**The Government of the Tula region  
Russian Academy of Architecture and Building Sciences  
Scientific-educational centre of geoen지니어ing,  
building mechanics and materials**

**The 18-st International Conference  
on the Mining Industry, Building and Energetic Problems**

**«SOCIO-ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL  
PROBLEMS OF THE MINING INDUSTRY,  
BUILDING AND ENERGETICS»**

**Tula – Minsk – Donetsk  
2-3 November 2022**

**Materials of the Conference**

**Under the editorship of Doctor of Science,  
Professor Roman A. Kovalev**

**Tula State University  
2022**

**UDK 622:001.12/18:504.062(1/9);620.9+502.7+614.87**

**The 18-st International Conference on the Problems of the Mining Industry, Building and Energetic «Socio-economic and Environmental Problems of the Mining Industry, Building and Energetic»: conference materials. Tula, Tula State University, 2022, 757 p.**

ISBN 978-5-7679-5116-1

There is information about scientific research by effective technologies at the environmental protection area, geotechnologies, monitoring natural and man-caused environment, reprocessing and storage industrial wastes technologies, nature management economics, mechanics of materials and building constructions; technological and environmental problems of building materials; exploitation, inspection and strengthening the building constructions; architecture and architectural designing; technology, organizing, management, and economics of building industrial; energetics, energy-saving, electrical equipments and electric power supply; heat and gas supply, sanitary-technological systems and equipment in the collection of papers.

Methods of estimating, forecasting and man-caused controlling of environmental polluting were proposed. Underground mining safety and the problem of management by potential dangerous activity risk are discussed.

The collection of papers is meant for scientists, engineers and students, which studying problems of creating scientific knowledge system and their effective practical using for solving socio-economic and environmental problems at the mining industry, building and energetics.

Organizational committee thanks the scientists, specialists and chiefs of enterprises taking part in working the Conference and hopes for that the information changing has been useful for solving topical problems at the fundamental and applied scientific researches area, practical business activity and education sphere.

**ISBN 978-5-7679-5116-1**

© Authors of materials, 2022  
© Tula State University, 2022

## ГЕОТЕХНОЛОГИИ И ГЕОТЕХНИКА

УДК 622.331.002.5

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ВСАСЫВАНИЯ ТОРФЯНОЙ ФРЕЗЕРНОЙ КРОШКИ СОПЛОМ С ПОМОЩЬЮ МУНДШТУКА**

**Яблонев А.Л., Щербакова Д.М.**

*Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия*

*Исследование интенсивности всасывания торфяной фрезерной крошки с помощью мундштука осуществлялось в лабораторных условиях. В результате исследования разработаны насадки-мундштуки повышающие интенсивность всасывания соплом и определены их рациональные параметры. В качестве критерия эффективности принята длина оси активной зоны всасывающего факела. Использование мундштука с углом активации расстила 55-60° привело к увеличению оси активной зоны всасывающего факела более чем в 2 раза.*

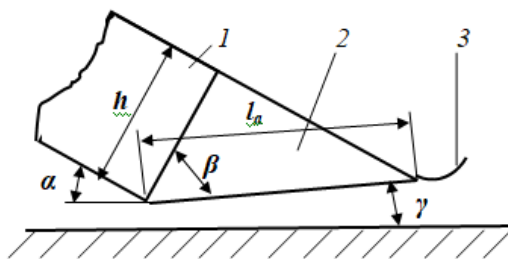
*Ключевые слова: торфяные частицы, сопло, торфяная залежь, всасывающий факел, плотность, длина оси факела, насадок-мундштуков, рациональные параметры.*

При пневматическом методе уборки фрезерного торфа используют пневмоуборочные машины. Всасывание крошки осуществляется за счет разницы вакуумметрического давления, создаваемого пневмосистемой машины и атмосферного давления окружающей среды. Поток воздуха засасывается соплом, увлекая за собой частицы торфа, находящиеся в зоне всасывающего факела. На интенсивность всасывания фрезерной крошки влияют не только аэродинамические и физико-химические свойства торфяной крошки, но и геометрия расположения всасывающего сопла. Однако, на практике пневмоуборочные машины с легкостью справляются с уборкой верхового торфа, в то время как при уборке переходного и низинного возникают трудности. С целью повышения интенсивности всасывания исследована длина оси активной зоны всасывающего факела мундштука для всасывающего сопла.

В ходе эксперимента были определены рациональные параметры установки сопла: высота расположения над подстилающей поверхностью – 25 мм и угол расположения – 30-35° к горизонту [1-3].

Об интенсификации процесса всасывания за счет установки мундштуков, или насадков, на сопло было известно и ранее. Так, например, в работе [4] описано применение на пневматических валкователях торфа ПВП-10, так называемого, активизатора струи в виде козырька. Исследованию и обоснованию параметров сопла с усиленным козырьком посвящен ряд работ Белорусских ученых [5–7]. Стоит отметить, что при исследованиях отсутствовал критерий эффективности всасывания фрезерной крошки, а козырек ограничивал область всасывания только сверху, что свидетельствовало о потерях давления на всасывании от длины козырька. Поэтому исследования не привели к желаемому результату.

Для решения задачи повышения интенсивности всасывания разработаны мундштуки, ограничивающие зону всасывания не только сверху, но и с боков (рис. 1). В качестве критерия эффективности принята длина оси активной зоны всасывающего факела, как время действия воздушного потока на торфяную частицу.



**Рис. 1. Принципиальная схема и углы установки сопла и мундштука:**

1 – всасывающее сопло; 2 – мундштук; 3 – козырек перед входом в мундштук; α – угол установки всасывающего сопла; β – угол активации расстила; γ – задний угол мундштука;  $l_a$  – активная длина мундштука; h – высота входной щели сопла

Козырек перед входом в мундштук, как и передняя часть козырька, выполненная по лемнискате, был спроектирован для снижения сопротивления движению воздушного потока. Угол β, по сути, являющийся передним углом мундштука был назван нами «углом активации расстила», поскольку именно этот угол, по нашему мнению, влияет на эффективность работы мундштука. Угол θ, представляющий собой сумму углов установки сопла и активации расстила ( $\theta = \alpha + \beta$ ), назван

нами «углом атаки расстила». Подобная «геометрическая» трактовка позволяет увязать все параметры мундштука с высотой входной щели всасывающего сопла  $h$ .

Всего было спроектировано и изготовлено 4 модели мундштуков с углами активации расстила  $\beta = 15, 30, 45$  и  $60^\circ$  (рис. 2) [8]. Шаг выбран в  $15^\circ$  исходя из соображения значения угла внутреннего трения. Минимальное значение угла активации расстила составляет половину угла внутреннего трения, максимальное значение вдвое больше угла внутреннего трения. При меньшем шаге угла активации расстила не будет явно заметного существенного отличия в параметрах всасывающего факела и эффективности всасывания.



Рис. 2. Разработанные и изготовленные модели мундштуков на всасывающее сопло

В начале исследования определили скорости воздушного потока во всасывающем факеле с использованием мундштука, по аналогичной методике, что и без него [9].

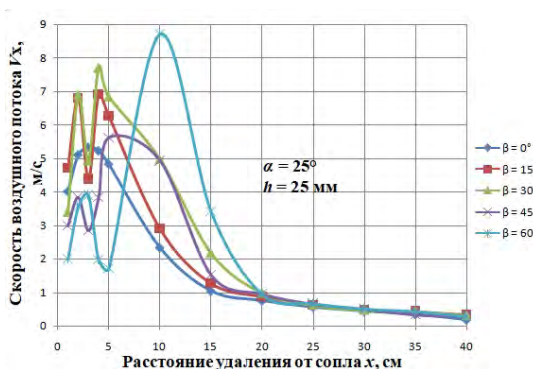


Рис. 3. Зависимость скорости воздушного потока от расстояния

до сопла  $x$  и угла активации расстила  $\beta$  при угле установки сопла  $\alpha$

Анализ полученных экспериментальных данных указал на возникновение турбулентности воздушного потока. Наибольшее значение скоростей соответствует установке сопла под углом 25-30° и использовании мундштука с углом активации расстила  $\beta = 60^\circ$  (рис. 3).

Для определения длины оси активной зоны всасывающего факела при использовании различных мундштуков было проведено экспериментальное исследование по оценке эффективности всасывания торфяной фрезерной крошки [9]. Лабораторная установка включалась, реостатом устанавливалась скорость всасывания, близкая к полученной в полевых условиях на машине КТТ-2. Всасывающее сопло, установленное под углами  $\alpha = 10-45^\circ$  с шагом  $5^\circ$ , поочередно снабжалось той или иной моделью мундштука, на конвейерную ленту установки помещались образцы торфяной крошки переходного и верхового видов торфа, конвейерная лента приводилась в движение. В момент страгивания с места частицы торфа для последующего разгона и отрыва от поверхности ленты производился замер расстояния от нижнего края сопла до точки страгивания частицы с места. Опыты повторялись по 5-6 раз. Для сравнения в результате опытов добавлен случай использования сопла без мундштука, когда угол активации расстила  $\beta = 0$  (рис. 4).

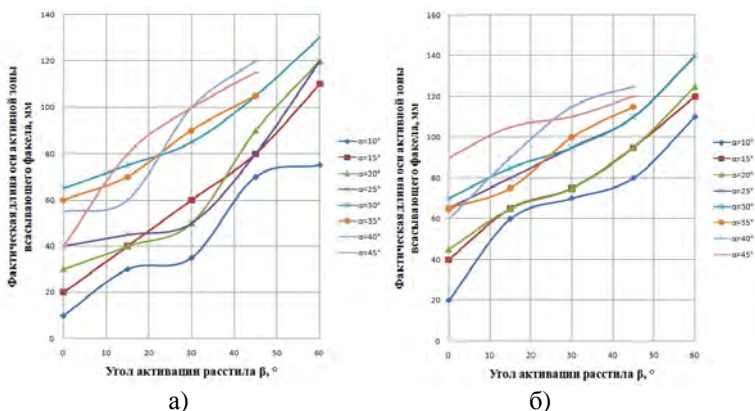


Рис. 4. Зависимость фактической длины оси активной зоны всасывающего факела от угла установки сопла  $\alpha$  и переднего угла мундштука (угла активации расстила)  $\beta$ : а – для переходного торфа; б – для верхового торфа



Из всех полученных зависимостей наиболее рациональными параметрами установки сопла и активации расстила можно считать те, которые обеспечивают наибольшую фактическую длину оси активной зоны всасывающего факела. Такими параметрами в случае, как с верховым, так и с переходным торфом являются: угол установки сопла  $\alpha = 30^\circ$ , угол активации расстила  $\beta \rightarrow 60^\circ$ . Следовательно, угол атаки расстила  $\theta = \alpha + \beta \rightarrow 90^\circ$ . Однако, тогда задний угол (рис. 1)  $\gamma \rightarrow 0^\circ$ . Технологически это невозможно, поскольку при работе машины, особенно при ее движении задним ходом на разворотах и прочем маневрировании высока вероятность повреждения мундштука с соплом вплоть до их отрыва из-за трения о подстилающую поверхность залежи. Поэтому очевидно, что задний угол должен быть отличен от нуля и принимать значение  $0^\circ < \gamma \leq 5^\circ$ . Тогда угол атаки расстила  $85^\circ \leq \theta < 90^\circ$ , что обеспечивается за счет угла установки сопла  $\alpha = 30^\circ$  и угла активации расстила  $55^\circ \leq \beta < 60^\circ$ . Данные параметры следует считать рациональными [9].

В качестве сравнения эффективности всасывания торфяной крошки приведем зависимости длины оси активной зоны всасывающего факела от рациональных параметров установки сопла без использования мундштука и с использованием [1]. Сравнивая графические данные с мундштуком (рис. 5) и табличные (табл. 1) без мундштука длина оси зоны всасывающего факела при использовании мундштука увеличивается более чем в 2 раза.

**Таблица 1.**

**Длина оси активной зоны всасывающего факела при рациональных параметрах установки всасывающего сопла**

Угол установки сопла $\alpha$ , °	Длина оси активной зоны всасывающего факела, мм	
	Переходный торф	Верховой торф
30	65	70
35	60	65

### *Выводы*

Результаты проведенной серии экспериментальных работ показали, что использование мундштука повышает интенсивность всасывания фрезерной крошки за счет увеличения длины оси активной зоны всасывающего факела более чем в 2 раза. Рациональным углом активации расстила является угол  $\beta = 55-60^\circ$  для сопла с углом установки  $\alpha = 30-35^\circ$ . Предложенные формы мундштуков позволяют увеличить интенсивность всасывания по критерию максимальной длины оси активной зоны всасывающего факела. Наибольшей эффективностью всасы-

вания отличается система с углом установки сопла  $\alpha = 30^\circ$ , углом активации расстила  $55^\circ \leq \beta < 60^\circ$  и углом атаки расстила  $85^\circ \leq \theta < 90^\circ$ .

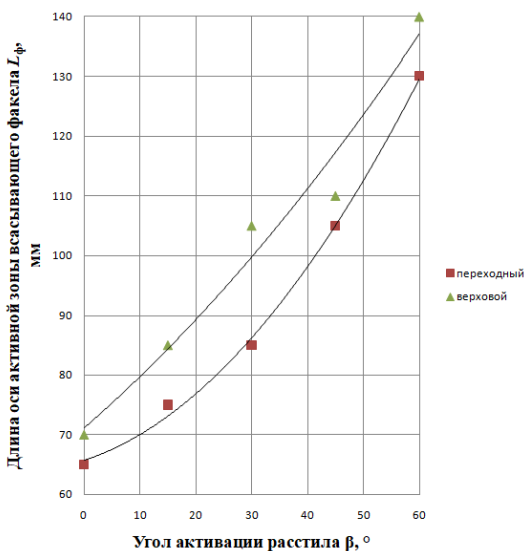


Рис. 5. Сравнение эффективности работы рационально установленного сопла с использованием мундштука.

### Библиографический список

1. Яблонеv, А.Л. Обоснование параметров установки сопла торфяной пневмоуборочной машины над подстилающей поверхностью залежи / А.Л. Яблонеv, Д.М. Щербакова // Вестник ТвГТУ. Серия «Технические науки», 2021. № 4(12). С. 38-45.
2. Яблонеv, А.Л. Исследование всасывающего факела торфяной пневмоуборочной машины КТТ-2 / А.Л. Яблонеv, Д.М. Щербакова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-техн. журнал), 2019. № 12 (S39). С. 47-58. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-39-47-58.
3. Яблонеv, А.Л. Исследование работы всасывающего сопла машины для пневматической уборки фрезерного торфа / А.Л. Яблонеv, Д.М. Щербакова // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сб. тр. XVIII Междуна. научно-техн. конф. «Чтения памяти В.Р. Кубачека». Екатеринбург: УГТУ, 2020. С. 80-83.
4. Прягаев, Ю.В. Есть ли будущее у пневмовалкователя? / Ю.В. Прягаев // Торф и Бизнес, 2007. № 2(8). С. 23-26.
5. Волкус, С.П. Результаты определения потерь давления в пневмоуборочном сопле при работе на чистом воздухе / С.П. Волкус, Н.В. Кислов // Технология торфяного производства и торфяные машины. Вып. 2. Минск: Высшэйшая школа, 1973. С. 78-91.

6. Кислов, Н.В. Исследование работы пневматических сопел на торфовоздушной смеси / Н.В. Кислов, С.П. Волкус // *Технология торфяного производства и торфяные машины*. Вып. 2. Минск: Вышэйшая школа, 1973. С. 92-102.

7. Рогов, В.А. Влияние состава и свойств древесной пыли на режим работы и параметры централизованной пылеуборочной установки / В.А. Рогов. Дис. ... канд. техн. наук. по спец. 05.21.05. Красноярск: СибНИИЛП, 1983. 225 с.

8. Заявка на изобретение РФ № 2021117767 Насадки для рабочего органа пневмоуборочной машины в виде сопла / А.Л. Яблонеv, Д.М. Щербакова, А.М. Гусева. Заявл. 16.06.2021 г.

9. Яблонеv, А.Л. Обоснование параметров мундштука для всасывающего сопла торфяной пневмоуборочной машины / А.Л. Яблонеv, Д.М. Щербакова // *Вестник ТвГТУ. Серия «Технические науки»*, 2022. № 1(13). С. 46-56.



УДК 622.331:631.312

## **ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА СТИЛОЧНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ГИДРОФОБНО- МОДИФИЦИРОВАННОГО КУСКОВОГО ТОРФА**

**Мисников О.С., Фомин К.В., Купорова А.В.**

*Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия*

*В работе предложено использование гидрофобной модификации торфомассы в процессе ее механического диспергирования перед формованием. Такой подход позволяет снизить зависимость технологии добычи кускового торфа от неблагоприятных метеорологических факторов.*

*Приведена принципиальная схема машины для формования и стилки кускового торфа на поле сушки, которая изготавливается на базе промышленно применяемых разбрасывателей органических удобрений.*

Для повышения эффективности добычи кускового торфа необходимо совершенствование имеющихся и разработка новых элементов технологического процесса (а в идеальном случае и всей технологии в целом), позволяющих снизить их зависимость от погодных условий, а также сформировать часть требуемых качественных характеристик полезного ископаемого на этапе добычи. Одним из возможных путей решения этой задачи является экономически обоснованное физико-химическое модифицирование структуры торфяного сырья перед формованием кусков и стилкой на поле сушки [1]. В частности, использование гидрофобного модифицирования структуры кускового (формованного) торфа, позволяет улучшить процессы тепломассопе-

реноса и структурообразования в технологическом процессе его добычи, а также снизить негативное влияние ряда факторов: влагообмена с залежью, коэффициента поглощения осадков, водопоглотительной способности и др.

Для промышленной реализации технологического процесса необходима разработка конструкции стилочной машины, оборудованной модулем дозирования и внесения гидрофобного модификатора в формуемую торфомассу. Внесение гидрофобно-модифицирующего раствора наиболее целесообразно производить при механической переработке (диспергировании и перемешивании) торфа [2]. Экспериментально установлено, что при использовании модифицирующих добавок в виде водной суспензии этилгидросилоксана и триэтаноламина, в готовой для формирования пластичной массе значительно снижается начальная влажность (на 5 % по сравнению со стандартной технологией добычи кускового торфа фрезформовочным способом) [1].

Измельчение твердой фазы органического вещества торфа в жидкой среде осуществляется при его взаимодействии с перерабатывающим механизмом [3]. Результат процесса диспергирования зависит от интенсивности воздействия механизма на торф и прочности самого торфа. В этой связи более низкая влажность гидрофобно-модифицированного торфа будет обеспечивать его более высокую прочность и, следовательно, эффективность механического воздействия перерабатывающего механизма. При проведении лабораторных исследований вполне приемлемую условную удельную поверхность ( $S_I = 400...500 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) обеспечивает шнековое перерабатывающее устройство [4]. Поэтому его рекомендуется устанавливать на промышленный образец стилочной машины.

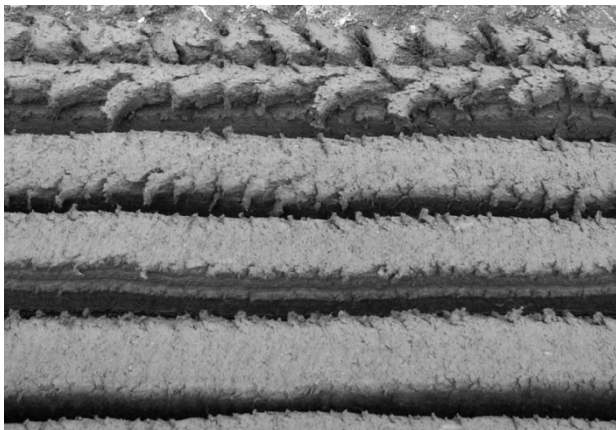
Шнек обеспечивает в диспергируемой торфомассе деформации сжатия, растяжения и сдвига. Однако, поскольку торф во время диспергирования находится в состоянии близком к пластичному, то деформации растяжения и сжатия будут иметь недостаточно высокий эффект в отношении разрушения отдельных частиц торфа. Основным эффектом будут обеспечивать деформации вязкопластического потока торфяной массы.

Известно [5], что при диспергировании изменяется микроструктура торфа, разрушаются растительные остатки, уменьшается количество механически связанной влаги с относительно невысокой энергией связи ( $E_{\text{св}} < 1 \text{ КДж/моль}$ ) [6]. При этом создаются условия для наиболее энергетически выгодной упаковки частиц твердой фазы, а также увеличивается содержание высокодисперсной фракции, которая равномерно распределяется по всему объему материала. Диспергирующая

способность шнекового пресса достаточна для уменьшения содержания в торфе волокнистых и грубодисперсных и увеличения тонкодисперсных фракций. На содержание коллоидных фракций механическое диспергирование шнековым механизмом практически не влияет.

Кроме непосредственного диспергирования, стилочная машина должна обеспечивать устойчивое формирование торфомассы в куски. При таком процессе механическое диспергирование также будет продолжаться, однако с меньшей интенсивностью, поскольку основная масса уже подверглась переработке на предыдущем этапе.

Обычно при формировании торфа, имеющего пониженную влажность (менее 80...82 %), качество выполнения этой технологической операции может оказаться низким – на кусках будут появляться поперечные трещины. Возможно также и полное их разрушение при выходе из мундштуков. Этот негативный для технологии добычи кускового торфа эффект вызван недостаточным для образования коагуляционных контактов между элементами структуры количеством влаги. Сказывается также и высокое содержание газовой фазы, разрушающей структурный каркас. В результате сжимаемая торфомасса, деформируемая в шнековых устройствах, после прохождения в канале мундштука расширяется на выходе из него с формированием кусков с признаками кольцевого «ершения» (рис. 1).



**Рис. 1. Явление кольцевого «ершения» в крайнем левом ручье ленты (верхняя часть фото)**

Как правило, такие куски разрушаются сразу после формирования. А куски с менее явными (заметными) дефектами разрушаются уже в процессе сушки, поскольку в микротрещинах закладываются предпо-

сылки развития дефектов структуры, возникающих в процессе структурообразования таких коллоидных капиллярно-пористых систем.

В разрабатываемой технологии применение дополнительного технологического приема - химического модифицирования торфомассы – путем внесения в нее разработанной эмульсии, обеспечивает повышенную связность и подвижность элементов структуры торфа. Поэтому вместе с дополнительным перемешивающим шнеком на машину необходимо устанавливать бак с раствором гидрофобного модификатора.

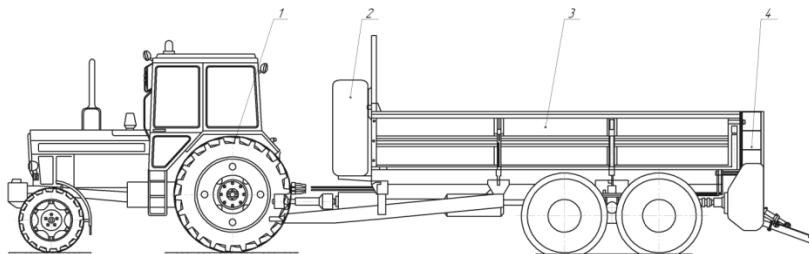
Для снижения расходов на создание специальной машины, предназначенной для формования и стилки кускового торфа, целесообразно конструктивно ее выполнять на базе серийно выпускаемой сельскохозяйственной техники - машины для внесения на поверхность почвы органических удобрений. Она имеет кузов с подвижным дном (скребковый транспортер) и механизм, обеспечивающий разбрасывание органических удобрений.

Предлагается на машину вместо механизма, обеспечивающего разбрасывание органических удобрений, устанавливается специальное устройство, предназначенное для перемешивания торфомассы, формования кускового торфа и выстилки его на поле сушки (рис. 2). Кроме того, машина комплектуется дополнительным узлом для непосредственного внесения гидрофобного раствора в торфомассу при ее механическом диспергировании.

Таким образом, предлагается конструкция стилочной машины (рис. 2), состоящей из следующих агрегатов и узлов: трактора-тягача 1, бака с раствором 2, кузова (бункера) с подвижным дном 3 и блоком 4, обеспечивающим перемешивание торфа с раствором, его переработку и формование кускового торфа. Расчетный объем бака для бункера стилочной машины объемом  $10 \text{ м}^3$  составляет 600 литров. В случае необходимости на кузов может устанавливаться решетка для сепарации крупных древесных включений. Как правило, размер ее ячейки равен  $100 \times 100 \text{ мм}$ .

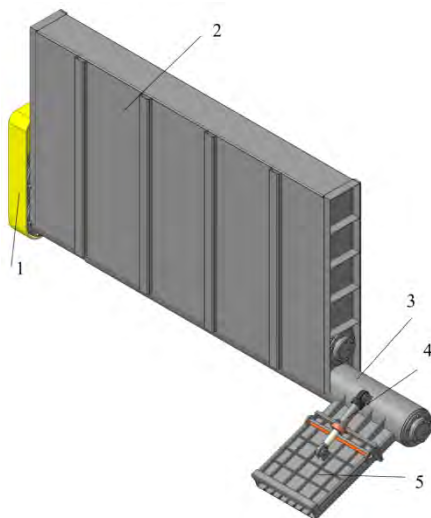
Агрегат для перемешивания и формования кускового торфа (рис. 3) состоит из ограждения элементов привода перемешивающего и формирующего механизмов 1, корпуса агрегата 2, формирующего шнекового механизма 3, гидроцилиндра подъема и опускания мундштука 4 и коробчатого мундштука 5 (так же могут быть использованы мундштуки других типов).

В представленной комплектации осуществляется выстилка ленты торфа высотой 80 мм и шириной 400 мм в 5 ручьев. Возможна выстилка волнистой ленты.



**Рис. 2. Общий вид стилочной машины (пояснения в тексте)**

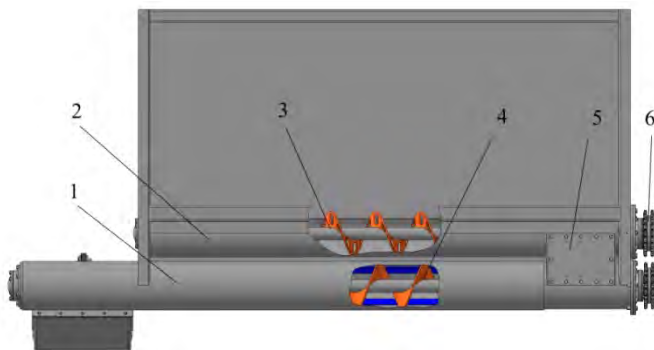
На рис. 4 представлен вид с внутренней стороны агрегата для перемешивания и формования кускового торфа (со стороны кузова), который состоит из: 1 - корпуса перерабатывающего и формирующего шнека; 2 – корпуса перемешивающего механизма; 3 – рабочего органа перемешивающего механизма; 4 – шнека перерабатывающего и формирующего механизма; 5 – смотрового люка на переходном участке между перемешивающим и перерабатывающим механизмами; 6 – звездочки привода перемешивающего и перерабатывающего механизмов (ограждение показано на рис. 3).



**Рис. 3. Агрегат для перемешивания торфа и формования кускового торфа (пояснения в тексте)**

Привод механизмов осуществляется от вала отбора мощности трактора через систему валов и редукторов уже существующих на машине для внесения органических удобрений на поверхность поля. Подача гидрофобно-модифицирующего раствора в зону смешивания перемешивающего устройства подается насосом по специальным трубопроводам.

Эффективное диспергирование и перемешивание торфомассы с подаваемым гидрофобно-модифицирующим раствором осуществляется за счет использования двух ступеней достаточно большой длины. На первой ступени (рис. 4, поз. 3) производится предварительное перемешивание. На второй ступени (рис. 4, поз. 4) дальнейшее перемешивание и механическая переработка осуществляется за счет пластического деформирования в объеме торфа с помощью шнека, а создаваемое им давление позволяет сформовать кусковой торф в виде ленты и осуществить его выстилку на поле сушки. Введение раствора непосредственно в смешивающий механизм, который имеет герметичное дно позволяет производить достаточно точное дозирование и экономно использовать применяемые ингредиенты.



**Рис. 4. Вид агрегата для перемешивания и формования кускового торфа с внутренней стороны**

Предлагаемая схема реализации перерабатывающего и формирующего устройства имеет ряд преимуществ. Во-первых, это использование стандартного промышленно выпускаемого оборудования, адаптированного для обеспечения стилки кускового формованного торфа. Во-вторых, ожидаются низкие капитальные вложения и относительно невысокая металлоемкость, что положительно повлияет на экономическую эффективность технологии. И, наконец, в третьих решается одна из главных для разрабатываемой технологии задач – вы-



сокая степень механического диспергирования и качество перемешивания торфа с модифицирующей добавкой.

**Библиографический список:**

1. Мисников О.С., Беляков В.А. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Добыча кускового торфа и сапропеля. Учеб. пособие - 2-е изд. перераб. и дополненное - Тверь: ТвГТУ, 2016. - 168 с.*
2. Купорова А.В., Пухова О.В. *Водно-технические свойства торфяного топлива с гидрофобной добавкой // Горный информационно-аналитический бюллетень – М.: Горная книга, 2018. № 2. С. 201-207.*
3. Яблонев А.Л., Гусева А.М. *Анализ параметров и режимов работы формующего агрегата машин для добычи кускового торфа с позиции обеспечения качества получаемого продукта // Горный журнал, 2022. № 5. С. 52-57.*
4. Гусева А.М., Яблонев А.Л. *Оборудование и методика определения качества кускового торфа // Труды Инсторфа, 2021. № 24 (77). С. 34-38.*
5. Солопов С.Г., Горцакалян Л.О., Сасонов Л.Н. *Торфяные машины и комплексы. Учеб. пособие - М: Недра, 1973. - 392 с.*
6. Антонов В.Я., Малков Л.М., Гамаюнов Н.И. *Технология полевой сушки торфа. Учеб. пособие - 2-е изд. перераб. и дополненное - М: Недра, 1981. - 239 с.*



УДК 624.19.034.5

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ТОННЕЛЕЙ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ**

**Воронина И.Ю.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Предложен подход к оценке несущей способности обделок подводных тоннелей произвольного поперечного сечения, сооружаемых горным способом. В основу подхода положено аналитическое решение плоской задачи теории упругости для кольца некруговой формы, подкрепляющего отверстие в весо-мой полуплоскости, нагруженной равномерной нагрузкой, моделирующей давление воды на дно пересекаемого водоема. Приводится пример расчета и установлены границы областей применения обделки подводного тоннеля, при которых рассматриваемая подземная конструкция обладает необходимым запасом несущей способности.*

*Ключевые слова: подводный тоннель, монолитная обделка, массив пород, метод расчета, компьютерная программа, несущая способность, область применения.*

При определении областей применения подводных тоннелей, сооружаемых закрытым способом, необходимо принимать во внимание сложные горно-геологические условия на трассе тоннеля, прочностные характеристики материалов и конструктивные решения обделок, а также особенности статической работы подземных конструкций.

Достоверную оценку несущей способности монолитных некруговых обделок подводных тоннелей можно выполнить на основе соответствующего метода расчета [1]. Данный метод базируется на аналитическом решении плоской контактной задачи теории упругости для полубесконечной весомой линейно-деформируемой среды  $S_0$ , моделирующей массив пород, ослабленной некруговым отверстием, подкрепленным кольцом  $S_1$ , моделирующим обделку тоннеля. Действие давления воды на дно пересекаемого водоема моделируется равномерно распределенной по всей границе полуплоскости нагрузкой интенсивностью  $P = -\rho_w H_w$  (где  $\rho_w$  - удельный вес воды,  $\text{МН/м}^3$ ;  $H_w$  - глубина водоема, м). Расчетная схема приведена на рис. 1.

Задача теории упругости решена с использованием теории аналитических функций комплексных переменного [2], аналитического продолжения комплексных потенциалов, регулярных в нижней полуплоскости вне отверстия, через нагруженную нормальным давлением границу в верхнюю полуплоскость [3], аппарата конформных отображений и свойств комплексных рядов.

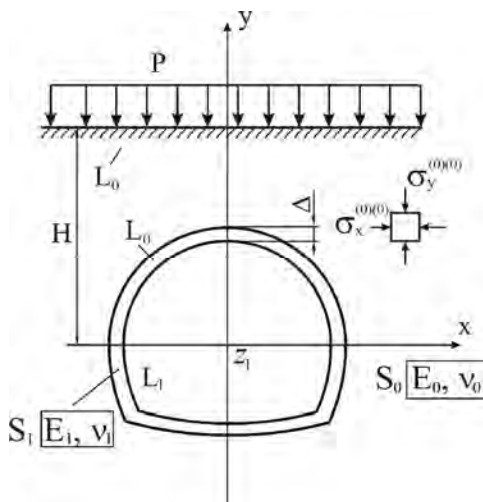


Рис. 1. Расчетная схема рассматриваемой задачи

Разработанный метод реализован в виде алгоритма расчета и соответствующей компьютерной программы. Ограничением, накладываемым на область применения данного метода, является требование, чтобы окружность, описанная вокруг наружного контура кольца, не пересекалась и не касалась границы полуплоскости.

В качестве примера приводятся результаты расчета бетонной обделки тоннеля произвольного поперечного сечения (см. рис 2), сооружаемого в водонепроницаемых породах под дном водоема глубиной  $H_w = 35$  м (удельный вес воды  $\rho_w = 0,01$  МН/м<sup>3</sup>). Тоннельная выработка пройдена в скальных породах с деформационными характеристиками  $E_0 = 18000$  МПа,  $\nu_0 = 0,27$  и удельным весом  $\rho = 0,02$  МН/м<sup>3</sup>. Коэффициент бокового давления в ненарушенном массиве принимается равным  $\mu = 0,37$ . Монолитная обделка толщиной  $D = 0,4$  м сооружается из бетона с деформационными характеристиками  $E_1 = 30000$  МПа,  $\nu_1 = 0,2$  (расчетные сопротивления бетона на сжатие и растяжение -  $R_b = 14,5$  МПа и  $R_{bt} = 1,05$  МПа). Для учета влияния отставания возведения обделки от забоя выработки на  $l_0 = 1$  м расчетные напряжения в подземной конструкции умножаются на корректирующий коэффициент  $\alpha^*$ , вычисленный по известной формуле [4].

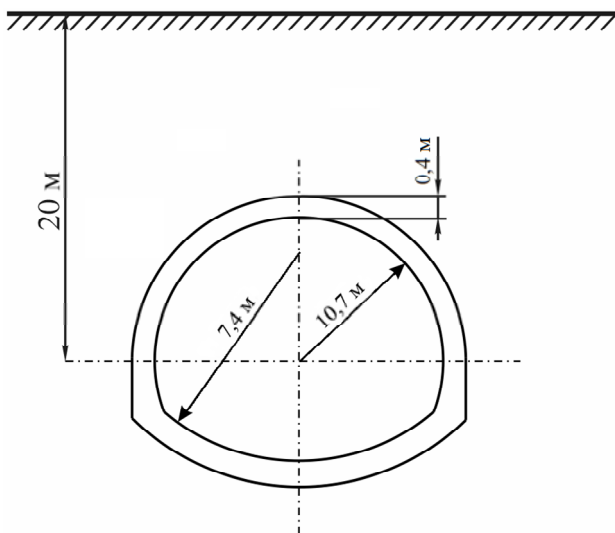


Рис. 2. Поперечное сечение и размеры подводного тоннеля

Эпюры нормальных тангенциальных напряжений на внешних  $s_q^{(ex)}$  (в МПа) и внутренних  $s_q^{(in)}$  (в МПа) контурах поперечного сечения обделки рассматриваемого подводного тоннеля показаны на рис. 3а, изгибающих моментов  $M$  (в кНм) и продольных сил  $N$  (в МН) - на рис. 3б.

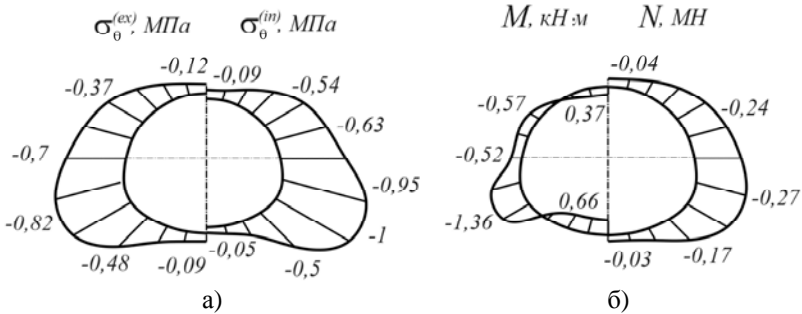


Рис. 3. Эпюры нормальных тангенциальных напряжений и усилий в обделке тоннеля

Из рис. 3 следует, что опасное сечение обделки тоннеля расположено в угловой точке лотка, где действуют максимальные сжимающие напряжения  $s_q^{(in)}$  и максимальная продольная сила  $N$ .

Отметим, что бетонная обделка подводного тоннеля в заданных горно-геологических условиях должна удовлетворять требованиям расчета по несущей способности (по первой группе предельных состояний).

Предельная продольная сила определяется по формуле [5]

$$N_s = R_b b D \frac{\sigma}{\epsilon} - \frac{2e_0}{D} \frac{\sigma}{\epsilon}, \quad (1)$$

где  $R_b$  - расчетное сопротивление бетона на сжатие;  $b$  - ширина рассматриваемого радиального сечения обделки (для монолитной обделки принимается  $b = 1$  м);  $D$  - толщина обделки;  $e_0 = \frac{M}{N}$  - эксцентриситет продольной силы.

Для предельных состояний первой группы условие прочности имеет вид

$$N \leq N_s, \quad (2)$$

где  $N$  - расчетная продольная сила в наиболее напряженном сечении обделки,  $N_s$  - предельная продольная сила в радиальном сечении обделки.

Для оценки несущей способности обделки рассматриваемого тоннеля на основе многовариантных расчетов исследованы зависимости максимальных продольных сил  $N_{\max}/a^*$  от отношения модулей деформации массива пород и материала обделки  $E_0/E_1$  (см. рис 4).

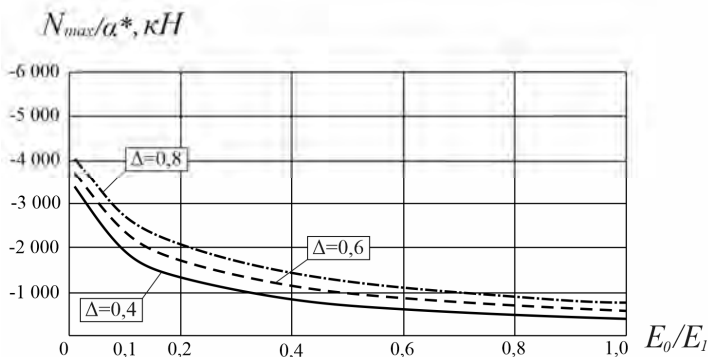


Рис. 4. Зависимости максимальных продольных сил  $N_{\max}/a^*$  от отношения  $E_0/E_1$  при толщине обделки  $D = 0,4; 0,6; 0,8$  м

Из рис. 4 видно, что изменение отношения  $E_0/E_1$  в диапазоне значений от 0,01 МПа до 1,0 МПа приводит к снижению максимальных продольных сил  $N_{\max}/a^*$  при всех принятых толщинах обделки  $D$ . Например, в обделке толщиной  $D = 0,4$  м это снижение составляет 86%.

Кроме того, в каждом из рассматриваемых случаев максимальная продольная сила  $N_{\max}$  меньше соответствующего предельного значения  $N_s$ , то есть, несущая способность обделки подводного тоннеля обеспечена.

На основе предложенного в статье подхода к оценке несущей способности подземных конструкций установлены области применения обделки подводного тоннеля в различных горно-геологических условиях. Под областью применения понимается диапазон предельных глубин заложения  $H_{пред}$  в зависимости от отношения  $E_0/E_1$ . Величи-

на  $H_{пред}$  в каждом случае определяется подбором при выполнении в условии прочности (2) равенства максимальной продольной силы предельному значению.

Ниже на рис. 5 приводятся соответствующие границы областей применения рассмотренной выше обделки различной толщины  $D=0,4; 0,6; 0,8$  м.

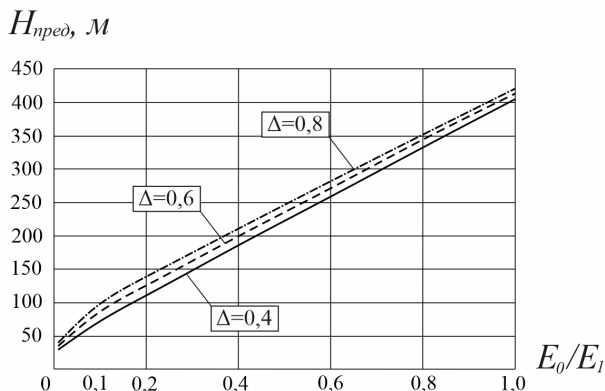


Рис. 5. Границы областей применения обделки подводного тоннеля различной толщины  $D=0,4; 0,6; 0,8$  м

Представленные на рис.4 графики ограничивают сверху искомые области применения подводного тоннеля, при которых обделки соответствующей толщины  $D$  обладают необходимой несущей способностью. Выполненные исследования позволяют сделать вывод, что в слабых породах, характеризуемыми диапазоном значений  $0,1 \leq E_0/E_1 \leq 0,2$ , увеличение толщины подземной конструкции в 2 раза позволяет увеличить и глубину заложения подводного тоннеля, в среднем на 30%. В крепких породах границы областей применения обделок различаются незначительно.

В заключение следует отметить, что подход к оценке областей применения монолитных обделок подводных тоннелей может быть применен при проектировании аналогичных подземных сооружений, расположенных зоне укрепленных пород.

**Библиографический список**

1 Voronina I. Yu., Deev P.V., Khrenov S.I. Design of underwater tunnel linings of an arbitrary cross-section shape // Proceedings of the VIIth Regional Rock Mechanics Symposium Rockmec'2006, November 2-3, 2006, Istanbul, Turkey. P. 79-81.

2. Мухелишвили Н.И. *Некоторые основные задачи математической теории упругости*. М.: Наука, 1966. - 707 с.
3. Араманович И.Г. *Распределение напряжений в упругой полуплоскости, ослабленной подкрепленным круговым отверстием // Доклады АН СССР. 1955. Вып. 104. № 3. - С. 372-375.*
4. Булычев Н.С. *О расчете обделок тоннелей в очень слабых грунтах // Проблемы подземного строительства в XXI веке. Труды Международной конференции. Тула, 2002. С. 35-37.*
5. Булычев Н.С. *Механика подземных сооружений в примерах и задачах. - М.: Недра, 1989. - 270 с.*
6. Булычев Н.С., Фотиева Н.Н., Стрельцов Е.В. *Проектирование и расчет крепи капитальных выработок. М.: Недра, 1986. - 288 с.*



**УДК 504.064.4**

## **УСТОЙЧИВОСТЬ ДАМБ РАССОЛОХРАНИЛИЩА ПЕТРИКОВСКОГО РУДОУПРАВЛЕНИЯ**

**Кологривко А.А., Кузьмич В.А.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь*

*Изложены инженерно-геологические условия и некоторые проектные решения участка строительства рассолохранилища Петриковского рудоуправления ОАО «Беларуськалий». Представлены результаты исследований устойчивости откосов дамб и конструкции рассолохранилища как целостной геосистемы.*

*Ключевые слова: рассолохранилища, шламохранилища, дамбы, рассолы, прочностные свойства пород, инженерные изыскания.*

Спрос на калийную продукцию диктует ОАО «Беларуськалий» к интенсификации разработки Петриковского месторождения калийных солей с соответствующим размещением продуктов обогащения, в частности рассолов.

Так, размещение рассолов с примыканием к территории Петриковского рудоуправления с юго-восточной стороны, предусматривается строительством гидротехнического сооружения в виде рассолохранилища с высотой дамб – не более 15 м. В этой связи, исследование устойчивости верховых и низовых откосов дамб, защитного слоя про-

тивофильтрационного экрана, ложа является объектом для исследований и диктует актуальность их выполнения.

По результатам изучения инженерно-геологических условий территории строительства расслохранилища площадка расположена в 2-2,5 км севернее г.Петрикова [1]. Класс сложности гидротехнического сооружения – К-1. Неблагоприятные инженерно-геологические процессы и явления в период производства инженерно-геологических работ не установлены.

*Техногенные (искусственные) образования (thIV)*. Вскрыты в юго-западной части площадки с поверхности до глубины 1,6 м. Представлены отвалом насыпного грунта серо-бурого цвета, состоящего из песка разноразмерного, желто-бурого, серо-желтого, серого цвета, с включением гравия и гальки до 5-10 %, с прослойками супеси и суглинка, с 0,2 м водонасыщенный. Отложения сформированы при строительстве автомобильной дороги. Отсыпка произошла сухим способом без уплотнения. Давность отсыпки более 5 лет. Мощность насыпного грунта 1,6 м.

*Болотные отложения (bIV)*. Вскрыты в пониженных заболоченных участках рельефа и представлены торфом, слабозаторфованным грунтом, заторфованным растительным слоем, от коричневого до черного цвета. Мощность 0,3-1,2 м.

*Озерно-аллювиальные отложения (laIIIpz)*. Вскрыты повсеместно под растительным слоем и болотными отложениями на глубине 0,1-1,2 м. Представлены песчаными и глинистыми грунтами.

Пески, преимущественно, пылеватые и мелкие, реже средние, крупные, желтого, светло-желтого, желто-серого цвета. В естественном залегании пески, преимущественно, водонасыщенные, реже мало-влажные и влажные.

Глинистые грунты представлены суглинками серого, темно-серого до черного цвета, с прослойками песка водонасыщенного, на отдельных участках с содержанием органического вещества, которое изменяется от грунтов с содержанием органического вещества (*Iom* 5-10 %) до слабозаторфованных (*Iom* = 12,7 %). В интервале 4,8-6,1 м и 4,8-6,6 м вскрыты линзы, мощностью 1,3 и 1,8 м среднезаторфованных грунтов (*Iom* = 25,1-36,7 %). Мощность отложений 2,4-15,4 м увеличивается к северу, северо-востоку.

*Моренные отложения (gIIсž)*. Супеси и суглинки, красно-бурые, бурые, буровато-серые, с гравием и галькой 5-15 %, с тонкими прослойками до 5 см, с линзами и прослоями, мощностью 0,4-2,1 м песков пылеватых, мелких водонасыщенных. Залегают под озерно-аллювиальными отложениями. Кровля неровная, вскрыта на глубине



1,3-9,6 м, подстилаются отложениями днепровско-сожского нерасчлененного комплекса. Мощность отложений 0,9-4,3 м.

*Нерасчлененный комплекс водноледниковых, озерных отложений (f, lg, l Пд-sž).* Вскрыты повсеместно под аллювиальными и моренными отложениями на глубине 1,8-16,5 м и представлены песками преимущественно пылеватыми, мелкими, реже средними, серого, голубовато-серого цвета, водонасыщенными, и суглинками и глинами, серого, голубовато-серого, серо-бурого цвета с прослойками песка водонасыщенного, в толще которых вскрыты суглинки и глины темно-серого цвета с содержанием органического вещества, которое изменяется с содержанием органического вещества (*Iom* 5-10%) до заторфованных (*Iom* = 10,9-14,8 %). На глубине 16,6 и 18,8 м вскрыты линзы, мощностью 0,9 и 1,4 м среднезаторфованных грунтов (*Iom* = 25,8-28,1 %).

Максимальная вскрытая мощность 19,4 м.

*Моренные отложения (gПд)* вскрыты под песками нерасчлененного комплекса водноледниковых, озерных отложений на глубине 24,5 м. Представлены суглинком серого-бурого цвета с гравием и галькой 5-10 %, с тонкими прослойками до 5 см песка водонасыщенного. Вскрытая мощность составляет 1,0 м.

Почвенно-растительный слой развит повсеместно мощностью 0,1-0,4 в замкнутых понижениях рельефа на участках заторфованных.

По условиям залегания, геологическим условиям и гидравлическим признакам на территории, выделяются водоносные горизонты: грунтовых вод озерно-аллювиальных отложений, сожских моренных отложений, межпластовых вод нерасчлененного комплекса днепровских-сожских водноледниковых отложений.

*Грунтовые воды озерно-аллювиальных отложений* – первый от поверхности водоносный горизонт. Горизонт безнапорно-напорный. Встречен на глубине 0,0-7,6 м (абсолютная отметка от 120,66 до 134,55 м).

Уровень грунтовых устанавливается на глубине 0,0-3,6 м (абсолютная отметка от 124,84 до 134,35 м). Водовмещающие грунты – насыпные песчаные грунты, озерно-аллювиальные пески от пылеватых до крупных и прослойки песков в озерных суглинках. Мощность обводненных грунтов 0,8-3,9 м.

Нижний водоупор – моренные супеси сожского горизонта.

Уровеньный режим грунтовых вод наиболее подвержен колебаниям, вызываемым как природными факторами, так и техногенными. Питание грунтовых вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и подпитки из ниже лежащих горизонтов. Дрениру-

ются воды в сторону р. Бобрик в северном, северо-восточном, восточном направлении. Прогнозируемый уровень грунтовых вод, за счет естественного фактора режима можно ожидать на 1,0 м выше зафиксированного в период изысканий (апрель-июнь 2022 г). На большей части территории, с учетом прогноза, уровень грунтовых вод может находиться выше поверхности земли.

Оценка прочности грунтов приводилась по результатам статического зондирования, комплексно отражающего структурно-текстурные особенности толщи грунтов непрерывно по глубине.

*Насыпные грунты* мощностью 1,6 м песчаные. Нормативное значение плотности насыпных грунтов определено по лабораторным данным.

*Болотные отложения* представлены слабозаторфованным грунтом и заторфованным почвенно-растительным слоем, вскрытых в пониженных участках рельефа, и торфом, вскрытом на юго-восточном участке площадки, мощность их достигает 1,2 м. В качестве нормативных значений плотности грунтов приняты средние значения по лабораторным данным.

Данные грунты не рекомендованы в качестве основания дамбы и карты рассолохранилища.

*Озерно-аллювиальные песчаные отложения* представлены песками пылеватыми, мелкими, средними, реже крупными средней прочности и прочными.

*Озерно-аллювиальные глинистые отложения* представлены суглинками средней прочности, суглинками с включением органического вещества в толще которых вскрыты прослойки и линзы, мощностью 0,4-2,7 м, суглинка слабого и среднезаторфованного грунта, мощностью 1,3-1,8 м. В качестве нормативных значений плотности грунтов приняты средние значения по лабораторным данным.

Нормативные значения плотности грунта маловлажных, влажных песков вычислены аналитически при природной влажности, определенной лабораторными методами и коэффициенте пористости, принятом по результатам зондирования, водонасыщенных песков вычислены при коэффициентах пористости, принятых по результатам зондирования и степени влажности  $S_r=1$ .

Значения удельного веса водонасыщенных песков определены с учетом взвешивающего действия воды. Нормативные значения прочностных характеристик и модуля деформации грунтов приняты в соответствии с физическими свойствами. Деформационные свойства грунтов изучались штампом площадью 600 см<sup>2</sup>. За нормативное значение модуля деформации слабых суглинков рекомендуется  $E=4,0$  МПа, в

расчетном интервале давлений 0,100-0,150 МПа и 0,100-0,200 МПа, предел пропорциональности при давлении 0,150-200 МПа.

Нормативные значения прочностных характеристик грунтов и модуля деформации грунтов приняты в соответствии с результатами статического зондирования, с учетом средне-минимального значения удельного сопротивления грунта.

*Моренные* супеси и суглинки *сойжского горизонта* вскрыты в виде прослоев и отдельных линз, мощностью 0,9-4,3 м, характеризуются как средней прочности и прочные.

В качестве нормативных значений плотности грунтов приняты средние значения по лабораторным данным. Нормативные значения прочностных характеристик грунтов и модуля деформации грунтов приняты в соответствии с результатами статического зондирования, с учетом средне-минимального значения удельного сопротивления грунта.

*Отложения нерасчлененного комплекса водноледниковых, озерных отложений* представлены глинистыми и песчаными грунтами.

В глинистых грунтах выделены суглинки и глины средней прочности а также глины с включением органического вещества на глубине 16,6 и 18,8 м вскрыты линзы, мощностью 0,9 и 1,4 м среднезатрфованного грунта.

В песчаной толще выделены пески средней прочности и прочные. В качестве нормативных значений плотности глинистых и биогенных грунтов приняты средние значения по лабораторным данным.

Нормативные значения плотности грунта маловлажных, влажных песков вычислены аналитически при природной влажности, определенной лабораторными методами и коэффициенте пористости, принятом по результатам зондирования, водонасыщенных песков вычислены при коэффициентах пористости, принятых по результатам зондирования и степени влажности  $S_r=1$ .

Значения удельного веса водонасыщенных песков приведены с учетом взвешивающего действия воды. Нормативные значения прочностных характеристик и модуля деформации грунтов, приняты в соответствии с физическими свойствами. Нормативные значения прочностных характеристик и модуля деформации грунтов приняты в соответствии с физическими свойствами, данные результаты сопоставимы с результатами прочностных и деформационных свойств в соответствии с результатами зондирования.

При отсутствии маркировочного горизонта, на участках где моренные глинистые грунты размыты, границы в песчаных грунтах проведены ориентировочно.

*Моренные* полутвердые суглинки *днепровского горизонта* вскрыты на глубине 24,5 м. В качестве нормативного значения плотности грунтов принято среднее значение по лабораторным данным.

Нормативные значения прочностных характеристик и модуля деформации грунтов приняты в соответствии с физическими свойствами.

Расчетные значения прочностных характеристик приведены при значениях коэффициента надежности по грунту: для расчетов оснований по деформациям – 1; по несущей способности – для удельного сцепления - 1,5; для угла внутреннего трения – 1,15 для глинистых грунтов и 1,1 для песчаных.

Насыпной грунт доставляется из карьера Бобрик.

В состав конструкции расслохранилища входят дамбы Д-1, Д-2, Д-4, Д-5, Д-6, Д-7, защитный слой противofильтрационного экрана из полиэтиленовой пленки марки В толщиной 0,30 мм верховых откосов дамб. Согласно с ТКП 45-3.04-169-2009 (02250) дамбы относятся к III классу гидротехнических сооружений. Расслохранилище располагается на подрабатываемой территории.

Для исследования устойчивости низовых и верховых откосов дамб, защитного слоя противofильтрационного экрана верховых откосов дамб для нормальных условий эксплуатации расслохранилища и с учетом его подработки решались задачи, в состав которых входило исследование по устойчивости низовых и верховых откосов дамб Д-1, Д-2, Д-4, Д-5, Д-6, Д-7, защитного слоя противofильтрационного экрана из полиэтиленовой пленки марки В толщиной 0,30 мм верховых откосов дамб для нормальных и особых (с учетом подработки) условий эксплуатации расслохранилища; определение напряженно-деформированное состояние системы дамб расслохранилища.

В связи со значительными геометрическими размерами исследуемых конструкций объекта, особую важность представляли исследования совместного влияния конструктивных элементов расслохранилища как единой геосистемы.

Исследования выполнялись на основе проектных решений и показателей по заполнению расслохранилища. Анализ и оценка технологических процессов, выполняемых в длительном временном интервале, позволили построить геомеханическую модель поведения геосистемы, описывающую ее напряженно-деформированное состояние, выполнить численные эксперименты с оценкой общей ее прочности, в том числе в условиях ее подработки. Исследовательские работы велись на основе проектных решений и показателей по заполнению расслохранилища. Конечно-элементный анализ и обобщение резуль-

татов исследований позволяют представить некоторые интерпретированные заключения.

Так, принятые, конструкции поперечных сечений всех рассматриваемых дамб рассолохранилища, для нормальных условий их эксплуатации (нормальная работа противифльтрационного экрана из полиэтиленовой пленки марки В толщиной 0,30 мм) и при выходе из строя противифльтрационного экрана, обеспечивают устойчивость их низовых откосов. Однако при выходе из строя экрана (особое сочетание нагрузок по причине непригодности к нормальной эксплуатации) кривая депрессии выходит на низовой откос, что может привести к местным (локальным) деформациям в месте выхода. Во избежание этого, рекомендуется на низовом откосе устраивать наклонный дренаж с отметкой верха на 0,5 м выше отметки выхода кривой депрессии, либо предусмотреть трубчатый дренаж. Устройство трубчатого дренажа предпочтительней, так как позволяет наиболее гарантировано защитить нижний бьеф от подтопления рассолом в случае повреждения экрана. При применении других типов дренажей перехватить профильтровавшийся рассол не представляется возможным.

Минимальный коэффициент запаса устойчивости низовых откосов дамб с экраном 1,73; дамб без экрана без дренажа – 1,20; дамб без экрана с трубчатым дренажем – 1,35 при минимально допустимых нормативных значениях 1,15.

Минимальный коэффициент запаса устойчивости защитного слоя противифльтрационного экрана верховых откосов дамб 1,27 при минимально допустимом нормативном значении 1,15.

В условиях подработки рассолохранилища максимальные величины оседаний его конструкций не превышают 2,83 м. Коэффициент запаса прочности конструкций рассолохранилища, при максимальном его заполнении рассолами, составляет не менее 3, что подтверждается оценками как по энергетическому критерию прочности, так и критерию прочности Кулона-Мора. Решение модельной задачи о максимальном гидростатическом давлении, приводящем к нарушению критериев прочности в конструкциях дамб, показывает невозможность достижения предельных значений давления при проектных уровнях подъема рассолов (высота дамб), не превышающих 15 м.

#### **Библиографический список**

1. Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях для объекта: «Петриковское РУ. Поверхностный комплекс. Рассолохранилище карта №2». Рассолохранилище / ООО «Инженерные изыскания». – Мн., 2022.– 21 с. – Библиогр.: с. 21.



УДК622.331

## **ОЦЕНКА ВЛАГОПОГЛОЩАЕМОСТИ УПЛОТНЁННОГО ТОРФЯНОГО ГРУНТА**

**Цыбуленко П. В., Вершиловский В.А.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь*

*В статье приведена оценка влияния основных технологических параметров получения уплотненного торфяного грунта, давления прессования и влажности на его влагопоглощаемость. Представлены графические зависимости, на основании которых сделан вывод, что наибольшее влияние на влагопоглощаемость торфоблока оказывает его влажность. Предложен способ её повышения с помощью добавки в грунт верхового торфа со степенью разложения менее 12% (пушицы)*

*Ключевые слова: торфяной грунт, влагопоглощаемость, давление прессования, влажность, прессование.*

Республика Беларусь располагает большим количеством торфяных месторождений с запасами торфа около 456 млн.тонн. В настоящее время использование торфа направленно на выпуск продукции в виде брикетов для бытового топлива, улучшение плодородия сельскохозяйственных почв, а также получения стимуляторов роста растений, кормовых добавок для животных и для медицинских целей.

Перспективным направлением использования торфа в настоящее время является выпуск торфяной продукции для тепличного хозяйства в виде торфяного грунта, представляющего спрессованный торфоблок цилиндрической формы диаметром 155 мм и толщиной 40-60 мм [1]. Одной из основных характеристик качества спрессованного грунта является его влагопоглощительная способность, от которой во многом зависит интенсивность роста тепличных культур.

Целью работы являлось определение влияния основных технологических параметров получения уплотненного торфяного грунта, к которым относятся давление прессования и влажность, на его влагопоглощаемость и изыскания способа возможности её повышения.

Влагопоглощаемость торфоблока определялась по значению показателя  $V$  в соответствии с методикой излагаемой в работе [2], суть которой заключается в погружении торфоблока в воду на 48 часов и определении значения  $V$  по формуле

$$B = \frac{m_2 - m_1}{m_1}, \%$$

где  $m_1$  – масса образца до намокания;  $m_2$  – масса образца после намокания.

На рисунке представлены зависимости влагопоглощаемости торфоблоков от давления прессования и от начальной влажности торфоблока.

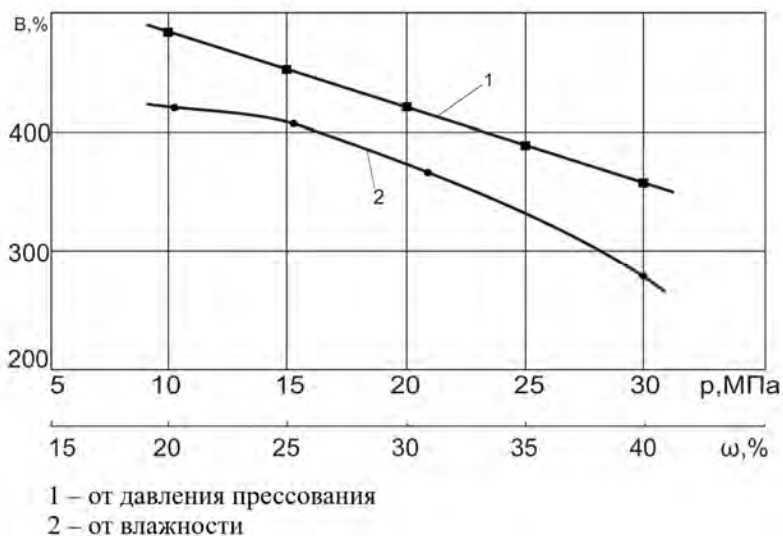


Рис. Зависимость влагопоглощаемости торфоблоков от давления прессования и от влажности торфоблока

Кривая 1 получена для влажности торфоблока  $\omega=28\%$ , а кривая 2 при давлении прессования  $P=20$  МПа.

Проведенные результаты исследований показывают, что наибольшее влияние на влагопоглощаемость торфоблока оказывает его влажность. С её увеличением показатель В снижается. Особенно интенсивное снижение наблюдается после  $\omega=30\%$ . В диапазоне влажности от 20 до 30% снижение влагопоглощаемости не столь существенно и не превышает 10%.

Влияние давления прессования на влагопоглощаемость торфоблока в пределах 10-30 мПа несколько меньше влажности. Зависи-

мость имеет почти линейный характер для данного диапазона с коэффициентом корреляции  $k = 0,3$ .

С целью повышения влагопоглощаемости торфоблоков были выполнены исследования по оценке влияния добавки в торфоблок верхового торфа со степенью разложения менее 12% (пушицы) не превышающей 10% от массы торфоблока.

В целом влагопоглощаемость изменялась от 292% при  $\omega=40\%$  и до 460% при  $P=10\text{МПа}$ .

Результаты исследований показали, что существенного влияния на прочность торфоблока пушица не оказывает. Так прочность для торфоблока с пушицей, полученного при  $P=20\text{ МПа}$  и  $\omega=26\%$ , составила 0,17 МПа, а без добавок 0,18 МПа. Существенно оказала влияние добавка пушицы на влагопоглощаемость. С добавлением пушицы она увеличилась с 416% до 460%. Однако добавка пушицы выявила и негативную сторону, а именно, отрицательно сказалось на внешнем виде торфоблока, поверхность которого после снятия давления в прессе стала бугристой. Это явление вызвано различными значениями коэффициента упругого расширения пушицы и торфа. В местах наибольшего скопления пушицы на поверхности образуются бугры, что отрицательно сказывается на внешнем виде торфоблока. Поэтому для устранения этого явления пушицу перед прессованием необходимо предварительно измельчить и равномерно смешать с основной массой торфа.

Проведённые исследования позволили установить значения влагопоглощаемости уплотнённого грунта в диапазоне давлений прессования от 10 до 30 МПа и влажности от 21 до 40%. Максимальное значение влагопоглощаемости 460% имел торфоблок полученный при давлении прессования 10 МПа и влажности 26%. Самое низкое значение 292% имел торфоблок полученный при давлении прессования 20 МПа и влажностью 40%. Оценено влияние добавки пушицы на качественные характеристики торфоблока.

#### ***Библиографический список***

1. Цыбуленко П.В. Обоснование параметров уплотнения верхового торфа в процессе кипования/ П.В. Цыбуленко//Вкн. Инжиниринг и управление: от теории к практике. Сборник материалов 18-й Международной научно-практической конференции апреля 2021г. – Минск: БНТУ 2021.- с.159-161.
2. Костюк Н. С. Физика торфа/ Н. С. Костюк// Минск.: Высшая школа1967.- 213с.





УДК 622.413

## **К ВОПРОСУ УЧЕТА ТЕПЛОВОГО ФАКТОРА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЕНТИЛЯЦИИ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

**Мартынов А.А.**

*Донецкий экспертно-технический центр, г. Донецк, Россия*

**Маркин В.А.**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
г. Донецк, Россия*

**Плотникова Ю.А., Майбенко Н.И.**

*Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности ра-  
бот в горной промышленности, г.Макеевка, Россия*

*Рассмотрена необходимость учета теплового фактора при проектировании вентиляции глубоких горизонтов действующих шахт. Предложены целесообразные меры для реализации в проектах вскрытия и подготовки глубоких горизонтов, направленные на решение вопросов борьбы с высокими температурами рудничной атмосферы в горных выработках.*

*Ключевые слова: шахта, глубокий горизонт, выемочный участок, проектирование вентиляции, тепловой фактор, температура воздуха*

Разработка угольных месторождений в Донецком бассейне осуществляется во многих случаях на глубинах свыше 1000 м. На ряде шахт добыча угля производится на горизонтах 1200 м и более. Температура воздуха в выработках глубоких горизонтов при температурах горных пород 40-50°C при несвоевременном и неэффективном принятии мер по ее снижению достигает в лавах 32°C и более. Формирующиеся в горных выработках тепловые условия значительно превышают допустимые Правилами безопасности нормы и создают значительные трудности в ведении горных работ [1,2]. В действующих нормативных документах по проектированию вентиляции угольных шахт тепловому фактору не уделено должного внимания [3]. Поэтому статья, посвященная необходимости учета теплового фактора при проектировании вентиляции выработок глубоких горизонтов шахт, является весьма актуальной. Обоснованность содержащихся в статье рекомендаций и предложений основывается на результатах аналитических исследований и натуральных наблюдений фактического формирования теплового режима многих действующих глубоких шахт Донецкого бассейна.

Целью статьи является ознакомление руководителей и инженерно-технического персонала глубоких шахт, главных инженеров и ответственных исполнителей проектов вскрытия и подготовки новых глубоких горизонтов действующих шахт с целесообразными мерами еще на стадиях проектирования по учету теплового фактора и в последующем в борьбе с высокими температурами рудничной атмосферы в горных выработках глубоких горизонтов шахт.

При проектировании вентиляции угольных шахт, новых горизонтов на действующих шахтах, учитывая большие глубины разработки угольных пластов (до 1400 м), при определении схем и параметров проветривания выработок выемочных участков должен учитываться в полной мере наряду с газовым тепловым фактор.

Проектные организации, решив вопросы по расчетам вентиляции по газовому фактору, применению дегазации на шахтах, в обязательном порядке должны решить вопросы проветривания горных выработок и с учетом теплового фактора.

Без учета теплового фактора проектирование вентиляции будет односторонним, и на практике, при отработке выемочных полей на глубоких горизонтах шахт может привести к критическим ситуациям, связанными с невозможностью из-за высоких температур шахтного воздуха в выработках вести работы по добыче угля.

Одним из основных рекомендуемых направлений по учету теплового фактора при проектировании вентиляции выработок выемочных участков является задание (увеличение) при вариантных расчетах скорости воздуха в лавах в пределах от установленных оптимальных величин, как правило, по газовому фактору, до максимально допустимых Правилами безопасности в угольных шахтах максимальных значений скорости воздуха в проектируемых лавах.

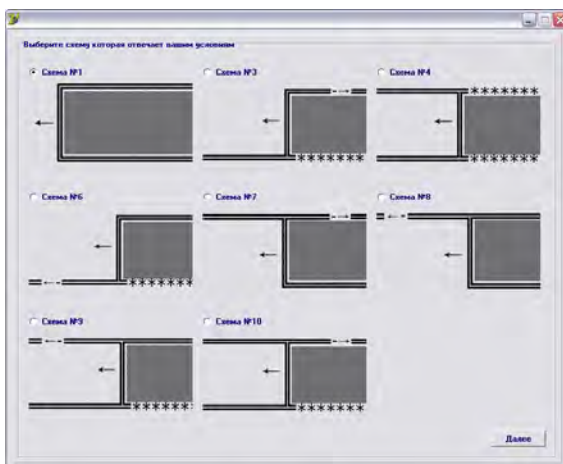
Обоснованием принятия при проектировании вентиляции того или иного решения и конкретного значения скорости воздуха в лавах глубокого горизонта должны служить результаты вариантных тепловых расчетов выработок шахтной вентиляционной сети. Расчеты температур воздуха в проектируемой сети горных выработок должны быть выполнены в соответствии с отраслевой нормативной документацией, например, «Единой методикой прогнозирования температурных условий в угольных шахтах» [4] или СОУ-Н «Прогнозирование и нормализация тепловых условий в угольных шахтах» [5]. Для оперативных соответствующих расчетов в настоящее время разработано на основании указанных выше нормативных документов специальное программное обеспечение [6].

При выполнении расчетов по конкретному выемочному участку

с использованием указанного выше программного обеспечения [6] сначала производится выбор модуля, соответствующего применяемой системе разработки угольного пласта и схеме проветривания выработок выемочного участка (рис.1).

После ввода данных для выемочного участка производится последовательно расчет воздухоподающей выработки, лавы и вентиляционной выработки с исходящей струей. Результаты такого расчета отображаются на мониторе, например, как показано на рис.2.

Разработанная компьютерная программа согласована горным надзором для применения в угольной отрасли [1]. Программа позволяет с достаточной степенью точности решать следующие задачи: выполнить прогноз температуры воздуха в выработках выемочного участка при естественном режиме формирования климатических условий и применении искусственного охлаждения; определить холодопотребность лавы; рассчитать необходимую холодильную мощность оборудования для нормализации теплового режима в выработках в соответствии с требованиями Правил безопасности.



**Рис.1** Панель выбора системы разработки и схемы проветривания выемочного участка

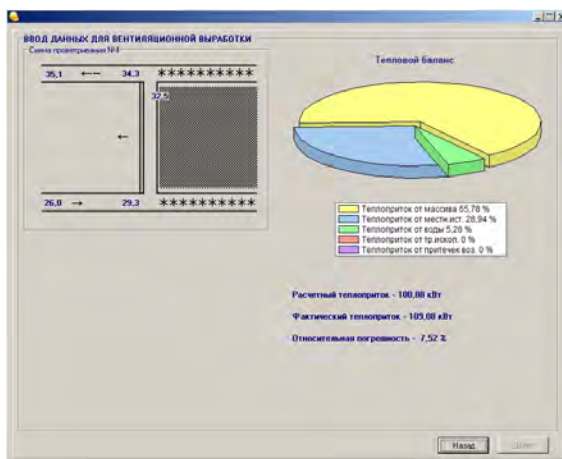
Внедрение данной компьютерной технологии прогноза температурных условий в выработках выемочных участков обеспечивает возможность оперативного выполнения оценки по тепловому фактору горнотехнических решений и параметров разработки угольных пластов на глубоких горизонтах: системы разработки; способа управления

горным давлением; схемы проветривания выемочного участка и лавы; способа и средств охраны участковых выработок; расхода воздуха на выемочном участке; длины выемочного поля, лавы; нагрузки на очистной забой и др.

По вопросам практического использования данной Программы расчета температуры воздуха в выработках выемочных участков глубоких горизонтов шахт на ПЭВМ предлагается обращаться к авторам данной статьи.

По результатам тепловых расчетов при проектировании вентиляции с заданием конкретных значений скорости воздуха в лавах с использованием указанного выше Программного обеспечения возможно учесть таким образом тепловой фактор.

Если температура воздуха, при установленных параметрах проветривания по газовому фактору в сети горных выработок, по результатам тепловых расчетов по [6] на выходе из лав превышает максимально допустимые нормы, то расчеты вентиляции и тепловые расчеты необходимо повторить при условии задания большей скорости воздуха в лавах глубоких горизонтов, вплоть до 4 м/с.



**Рис.2** Панель результатов расчета температуры воздуха

Практика и многочисленные исследования и наблюдения показывают, что для проектируемых глубин разработки угольных пластов с естественной температурой горных пород 40°C и более расчеты вентиляции сети горных выработок шахт во всех случаях рекомендуется производить при условии обеспечения в лавах максимально допусти-

мой скорости воздушной струи 4 м/с. Эта рекомендация касается как для газовых, так и не газовых шахт.

Увеличение количества воздуха, проходящего по выработке в единицу времени, способствует снижению прироста температуры воздуха по ее длине [1]. Тепловой поток из окружающего выработку горного массива и тепловыделения других источников распределяются в данном случае на больший объем воздуха.

Несмотря на то, что с увеличением скорости движения воздуха возрастает теплоотдача горного массива в выработках и повышается суммарное поглощение тепловой мощности воздухом, при всех прочих равных условиях, прирост его температуры по длине выработок будет в этом случае всегда меньшим. При этом, с увеличением расхода воздуха возрастает интенсивность образования охлажденной зоны в горных породах вокруг выработок, которая является термическим сопротивлением для теплопритока из глубины горного массива.

И такой подход по увеличению расхода воздуха в выработках высокотемпературных выемочных участков свыше ранее запланированных проектных значений при отработке глубоких горизонтов применяется на практике многими шахтами в Донецком бассейне (им. А.Ф. Засядько, им. А.А. Скочинского, «Шахтерская-Глубокая»). Глубина разработки пластов на указанных шахтах достигает к настоящему времени 1300-1400 м. При увеличенных расходах воздуха на выемочных участках этих шахт скорость его в лавах зачастую превышает максимально допустимое значение - 4 м/с. Но это оправдывается полученными позитивными результатами по снижению тепловой «загрузки» на работающих в таких сложных геотермических условиях. Без осуществления такой меры добыча угля на шахтах при отработке глубоких горизонтов была бы невозможной и обязательно запрещена горным надзором. Последним, уже во многих случаях, по представленным обоснованиям шахт, разрешается допускать скорость воздуха в лавах свыше максимально допустимого значения - 4 м/с. На отдельных шахтах, по данным наблюдений, скорость воздуха в лавах составляет 4,5-7,8 м/с [1,7]..

Наряду с увеличением расхода воздуха при проектировании вскрытия и подготовки новых более глубоких горизонтов на действующих шахтах с точки зрения теплового фактора другими целесообразными мерами горнотехнического характера для улучшения тепловых условий в выработках, рекомендуются и должны применяться, на наш взгляд, следующие:

- вскрытие глубоких горизонтов действующих шахт для целей вентиляции скважинами с поверхности большого диаметра [1];

- применение в конкретных условиях на основании тепловых расчетов рациональных, с учетом теплового фактора, схемы вскрытия и подготовки шахтного поля и технологической схемы и параметров ведения очистных работ на глубоком горизонте шахты [1];

- осуществление мероприятий по предупреждению обводнения выработок и соответственно влагонасыщения рудничной атмосферы;

- меры по минимизации нагрева воздуха в выработках выемочных участков от местных источников тепловыделений (обоснование применения конкретного оборудования с электроприводом, выбор места его установки и др.);

- обособленное проветривание общешахтных и групповых воздухоподающих конвейерных магистралей, машинных камер и др.;

- оптимизация, в части сокращения, общей протяженности пути подачи свежей струи воздуха к конкретному очистному забою др.

При разработке проектов вскрытия и подготовки глубоких горизонтов шахт, отдельных выемочных участков на действующих шахтах основными рекомендациями, которые должны выполняться при выборе рациональных с учетом теплового фактора технологических схем разработки угольных пластов являются следующие: применение проветривания выемочных участков с обособленным разбавлением вредностей по источникам их поступления в шахтную атмосферу; применение бесцеликовой разработки пластов; проветривание очистного забоя сонаправленно с потоком транспортируемого угля; размещение участкового конвейерного транспорта и основного электрооборудования в выработках с подвешивающей струей воздуха (при разработке газовых шахт) и исходящей вентиляционной струей (при разработке не газовых шахт) и др.

Исследованиями установлено, что применение перечисленных выше горнотехнических решений может обеспечить снижение температуры воздуха в очистных забоях глубоких горизонтов шахт на 2,0-3,0°C и более [1].

При проектировании глубоких горизонтов длины участковых штреков выемочных участков и лав должны выбираться на основании технико-экономического обоснования обязательно с учетом теплового фактора. Длины указанных выработок должны быть всегда меньшими в сравнении с аналогичными значениями в условиях разработки пластов на данной конкретной шахте на меньших глубинах. Например, если ранее длина лав на шахте находилась в пределах 250-320 м, то при углублении работ (например, более 1200 м), последняя не должна превышать 200 м. Иначе может возникнуть ситуация, когда потребует-

ся из-за формирования тяжелых температурных условий в выработках выемочного участка прекратить дальнейшее ведение очистных работ.

В соответствии с действующими санитарными правилами предельно допустимая температура воздуха на рабочих местах в подземных горных выработках шахт составляет 32°C. При превышении данной температуры воздуха работать без средств индивидуальной противотепловой защиты запрещается [2].

В экстремальных температурных условиях в горных выработках глубоких горизонтов шахт без средств искусственного охлаждения воздуха или применения других специальных мер по защите горняков от воздействия высоких температур рудничного климата обойтись невозможно.

В настоящее время мобильными средствами искусственного охлаждения воздуха в горных выработках являются шахтные передвижные кондиционеры.

Шахтные кондиционеры типа КПШ предназначены для охлаждения шахтного воздуха, подаваемого вентиляторами местного проветривания. Они представляют собой холодильные машины, изготовленные в двухагрегатном исполнении. Агрегаты кондиционера смонтированы на шасси вагонеток, что обеспечивает возможность передвижения их по рельсовым путям. Кондиционер, например, типа КПШ 300 имеет холодопроизводительность 300 кВт [1].

На стадиях доработки запасов в сложных геотермических условиях наряду с применением на шахтах перечисленных выше горнотехнических мер и передвижных средств искусственного охлаждения воздуха с целью снижения риска перегрева организма горняков на рабочих местах с повышенной температурой воздуха должны вводиться меры, связанные с уменьшением времени пребывания работающих в нагревающем микроклимате. Согласно Санитарным правилам для предприятий угольной промышленности [2] допустимое время работы людей в выработках шахт вместо 6 часов должно быть уменьшено из-за высокой температуры воздуха с учетом его скорости и относительной влажности до 3-4 часов.

Выводы.

При разработке нормативной документации по проектированию вентиляции глубоких шахт в обязательном порядке должен учитываться тепловой фактор. При расчетах параметров проветривания выработок выемочных участков глубоких горизонтов предлагается выполнять вариантные тепловые расчеты шахтной вентиляционной сети при задании различной скорости воздуха в лавах вплоть до максимально допустимого значения 4 м/с. Наряду с интенсификацией про-

ветривания очистных забоев при проектировании рекомендуется рассматривать и учитывать комплекс горнотехнических решений (система разработки, схема проветривания, максимальная длина лавы, участковых штреков, общая протяженность воздухоподающих выработок и др.), рациональных с точки зрения формирования температурных условий в выработках выемочных участков.

**Библиографический список:**

1. Мартынов А.А., Малеев Н.В., Яковенко А.К. Тепловой режим глубоких угольных шахт. Монография /под ред. А.А. Мартынова). - Донецк: изд-во «Ноулидж». - 2014. - 443 с.
2. Державні санітарні правила та норми. Підприємства вугільної промисловості. ДСП 3.3.1.095-2002. - К., 2003.- 37 с.
3. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – 311 с.
4. Единая методика прогнозирования температурных условий в угольных шахтах / Под ред. В.А. Кузина, Н.Н. Хохотвы. – Макеевка-Донбасс: МАКНИИ, 1979. - 189 с.
5. Прогнозування та нормалізація теплових умов у вугільних шахтах. СОУ-Н 10.1.00174088.027:2011. - Макіївка, 2011. - 188 с.
6. Морев А.М., Мартынов А.А., Малеев Н.В., Яковенко А.К. Программное обеспечение расчета температуры воздуха в выработках выемочных участков глубоких шахт. – М.: Безопасность труда в промышленности. - 2012, №1. – С. 51-56.
7. Плотникова Ю.А., Майбенко Н.И., Мартынов А.А. К вопросу охраны труда при доработке запасов угля глубокими шахтами в сложных геотермических условиях /Безопасность и ресурсосбережение в техносфере: сборник статей III Международной научно-практической конференции.– Краснодар, КубГТУ, 2021. - С.142-147.



УДК 552.577:551.491.7

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ ТОРФА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАЧАЛЬНОГО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ И СТЕПЕНИ ДИСПЕРСНОСТИ**

**Алексеева С.Ю., Лаптева С.Б., Мокроусова И.В.**

*Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия*

*Проведена оценка водопоглотительной способности торфа в зависимости от степени его дисперсности и начального влагосодержания. Установлено, что существует связь между размерами частиц торфа и его способностью впитывать и удерживать воду.*



*Ключевые слова: водопоглощаемость, торф, кинетика водопоглощения, фракционный состав.*

Водопоглощаемость торфа определяет качество торфяной продукции. Чтобы регулировать водопоглощение изучают механизм этого процесса.

Водопоглощаемость характеризует способность торфа впитывать и удерживать определенное количество воды.

На величину водопоглотительной способности торфа влияют его структура, состав, общая пористость и размер пор, степень разложения, дисперсность, начальная влажность и другие свойства.

Торф, подвергшийся переработке имеет меньшее значение величины водопоглощения. Это связано с необратимыми структурными изменениями и частичным обезвоживанием. При переработке торфа разрушаются растительные остатки, способные удерживать большое количество воды и происходит уплотнение торфа.

При исследовании механизма водопоглощения воды торфом важно изучить кинетику это процесса. Сложность этого механизма связана с неоднородностью состава и структурой торфа.

В процессе поглощения воды торфом выделяют 3 стадии:

первая - сорбционно-капиллярная на ней происходит гидратация активных центров и капиллярное впитывание, это быстротекущая стадия на ней поглощается торфом до 70-90% воды;

вторая - переходная на ней вода проникает и микропоры и менее доступные участки макро- и микроструктуры торфа;

третья - энтропийно-осмотическая поглощение воды торфом замедляется[1].

В работе рассматриваются результаты исследований водопоглотительной способности торфа в зависимости от начального влаго содержания и степени дисперсности.

Водопоглотительная способность торфа определялась по стандартной методике[2]. Марлевый мешочек предварительно взвешивали на технических весах с точностью 0,01 г и погружали на 3-5 с в сосуд, заполненный водой. Затем мешочек вынимали, выдерживали на воздухе в подвешенном состоянии в течение 10 минут и взвешивали. По полученным данным определяли поправку на количество воды, удерживаемой сеткой:  $\Delta m = m_{\text{м}} - m_{\text{м},0}$ , где  $m_{\text{м}}$  и  $m_{\text{м},0}$  - масса мешочка до и после погружения в воду, соответственно. Для определения поглотительной способности брали навеску торфа массой 5 г известной влажности. Торф помещали в мешочек без уплотнения, взвешивали. Мешочек погружали в сосуд с водой в вертикальном положении, с объемом воды не менее 100 мл. Через определенные промежутки времени мешочек с

торфом вынимали, выдерживали на воздухе в подвешенном состоянии в течение 10 минут с целью удаления слабосорбированной воды. Навеску взвешивали и определяли массу поглощенной воды:  $m_n = m_k - m_n - \Delta m$ , где  $m_k$  и  $m_n$  - масса торфа до и после погружения в воду, соответственно.

Водопоглотительную способность торфа рассчитывали по формуле:

$$B_t = \frac{m_n}{m_m} \times 100, \%$$

Данным методом можно определить максимальную поглотительную способность торфа.

Влагосодержание торфа рассчитываем по формуле:

$$U_m = \frac{m_n}{m_c} \cdot \frac{z}{z}$$

где  $m_c$  – масса сухого вещества торфа, г.

Для исследования зависимости водопоглотительной способности от дисперсности был взят верховой торф со степенью разложения  $R=25-30\%$ , зольностью  $A^c = 1,8 \%$  и следующим ботаническим составом (сфагновые мхи 50%, пушица  $\approx 50 \%$ , кора сосны, кустарники, шейхерия). Фракционный состав торфа определили ситовым методом при  $\omega=44\%$ , содержание фракций составило: частицы диаметром  $>10$  мм – 16%, 10-7 мм – 4,6 %, 7-5 мм – 5,8 %, 5-3 мм – 11,6%, 3-2 мм – 7,4 % и 2 мм – 54,6 % . Путем отсева на стандартных ситах получали фракции торфа с размерами частиц менее 1мм, 2мм, 3мм и 5мм.

Опыты проводились с двукратной повторностью, результаты представлены в таблице.

Таблица

Водопоглотительная способность торфа

Объект исследования	Диаметр частиц, мм	Насыпная плотность торфа $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Влажность торфа $w$ , %	Водопоглотительная способность $B_t$ , % и влагосодержание $U_m$ , г/г за время от начала опыта, мин				
				0	5	15	30	60
п у щ	< 1	0,232	43,86	0	47,6	89,0	146,6	212,6
				0	0,85	1,58	2,61	3,78

	<2	0,208		0	$\frac{96,2}{1,71}$	$\frac{199,4}{3,55}$	$\frac{260,0}{4,63}$	$\frac{307,6}{5,47}$
	<3	0,205		0	$\frac{184,8}{3,28}$	$\frac{266,2}{4,74}$	$\frac{293,1}{5,22}$	$\frac{294,8}{5,24}$
	<5	0,185		0	$\frac{189,6}{3,37}$	$\frac{206,2}{3,67}$	$\frac{222,6}{3,96}$	$\frac{226,2}{4,03}$
	<1	0,220	34,33	0	$\frac{11,4}{0,17}$	$\frac{48,2}{0,75}$	$\frac{62,4}{0,95}$	$\frac{115,4}{1,76}$
	<2	0,175		0	$\frac{86,6}{1,32}$	$\frac{172,8}{2,63}$	$\frac{225,6}{3,44}$	$\frac{344,8}{5,26}$
	<3	0,167		0	$\frac{212,0}{3,23}$	$\frac{291,1}{4,44}$	$\frac{337,6}{5,15}$	$\frac{343,6}{5,24}$
	<5	0,164		0	$\frac{223,8}{3,41}$	$\frac{241,0}{3,67}$	$\frac{246,8}{3,76}$	$\frac{251,6}{3,84}$
	<1	0,209	25,66	0	$\frac{22,0}{0,30}$	$\frac{33,8}{0,45}$	$\frac{77,8}{1,05}$	$\frac{116,0}{1,56}$
	<2	0,166		0	$\frac{67,0}{0,90}$	$\frac{187,2}{2,52}$	$\frac{249,0}{3,35}$	$\frac{317,2}{4,26}$
	<3	0,158		0	$\frac{293,8}{3,95}$	$\frac{326,6}{4,39}$	$\frac{368,4}{4,95}$	$\frac{382,0}{5,13}$
	<5	0,139		0	$\frac{258,2}{3,47}$	$\frac{273,0}{3,67}$	$\frac{293,0}{3,94}$	$\frac{339,4}{5,14}$
	<1	0,204	15,69	0	$\frac{38,8}{0,46}$	$\frac{42,0}{0,50}$	$\frac{75,8}{0,90}$	$\frac{83,8}{0,99}$
<2	0,162	0		$\frac{115,2}{1,37}$	$\frac{212,6}{2,52}$	$\frac{257,4}{3,05}$	$\frac{323,6}{3,83}$	
<3	0,156	0		$\frac{197,0}{2,33}$	$\frac{302,4}{3,58}$	$\frac{394,8}{4,68}$	$\frac{423,0}{5,12}$	
<5	0,135	0		$\frac{229,4}{2,72}$	$\frac{264,4}{3,13}$	$\frac{282,8}{3,35}$	$\frac{307,0}{3,64}$	

Анализ полученных данных показывает, что величина водопоглотительной способности достигает максимума при влажности  $\omega=15,69\%$  и размере частиц  $<3\text{мм}$  (рис. 1). С одной стороны водопоглощаемость

материала зависит от удельной поверхности частиц, контактирующих с сорбируемой жидкостью. Чем меньше размер частиц торфа, тем больше площадь контакта, и тем выше его сорбционные свойства. С другой стороны, плотность упаковки торфяных частиц в мелкодисперсной фракции увеличивается, что приводит к уменьшению размера межчастичного порового пространства, а следовательно способствует проявлению сорбционных эффектов на границе раздела фаз. Лиофильность торфа способствует быстрому протеканию процесса поглощения воды во времени.

Анализ полученных данных показывает, что с увеличением содержания воды в торфе способность его поглощать и удерживать воду уменьшается (рис. 2). Максимальную водопоглотительную способность торф имел при влажности 15,69%.

Исследование кинетики сорбции показало, что насыщение торфа водой происходит за 5 минут. Вероятно, что на первом этапе сорбции воды заполняются все межчастичное поровое пространство.

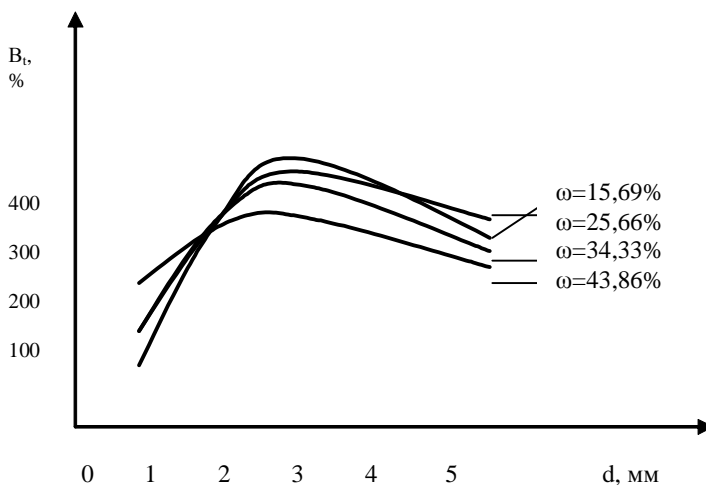


Рис. 1. Зависимость водопоглотительной способности от диаметра частиц и влажности торфа

Высокая скорость насыщения торфа водой свидетельствует о том, что поглощение протекает преимущественно на поверхности частиц сорбента, то есть по механизму физической адсорбции.

Таким образом, для достижения максимального эффекта при поглощении воды необходимо выбрать мелкую фракцию торфа (размер

частиц 2-3 мм) и довести путем подсушивания влажность торфа до 15,69 %.

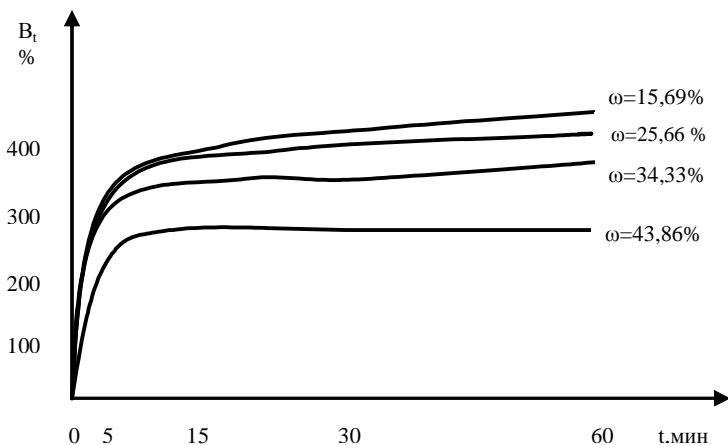


Рис. 2. Кинетика поглощения воды торфом в зависимости от его влажности при размере частиц менее 3 мм

**Библиографический список:**

1. Лиштва́н, И.И. Физика и химия торфа/И.И. Лиштва́н, Е.Т. Базин, Н.И. Гамаюнов и др. М.: Недра,1989.- 304с.
2. Базин, Е.Т. Технический анализ торфа/Е.Т. Базин, В.Д. Копенкин, В.И. Косов.М.: Недра,1992.- 431с.



UDC 622.1+550.82

**ANALYSIS OF CONSEQUENCES AND EFFECTS OF  
GEOMECHANICAL PROCESSES ON DISPLACEMENT OF  
POINTS OF SURVEYING SUPPORT NETWORKS  
AT POTASH PLANTS**

**Kologrivko, A. A., Kuzmich, V. A., Tsimafeyeva, Yu. V.**  
*Belarusian National Technical University*

*This article presents an analysis and generalization of the results of previous studies on the assessment of the geomechanical situation*

*at the potash plants. The relevance of research in the field of construction of surveying and geodetic reference networks at potash plants has been indicated.*

*Keywords: potash plants, surveying and geodetic reference networks, geomechanical processes, underground mining*

As a result of underground mining of potash deposits, the active development of geomechanical processes has a negative impact on the displacement of the earth's surface in industrial areas [1-4]. The changes are mainly related to the development of new mine fields, the danger of penetration of weakly mineralized and fresh water into mine workings, the technology of ore enrichment with subsequent storage and storage of waste in salt dumps and sludge storage.

The scale of the negative impact of potash production on the earth surface and, as a consequence, the points displacement in the surveying and geodetic reference networks, causes social and economic damage to society, requires a systematic approach to reducing geomechanical consequences based on their forecasting during the operation of deposits. The loss of surveying and geodetic reference networks requires constant reconstruction and analysis of the accuracy of the constructed or projected networks, which leads to an increase in financial costs for survey work by surveying and geodetic services, restoration of lost points of the state geodetic network, condensation networks and control survey of potash plants.

The set of studies on the prevention of the negative impact of production on the Earth's surface [1-3] are mainly aimed at eliminating the local consequences of the geomechanical influence of potash production and they do not comprehensively solve the issues of forecasting and preventing man-made consequences on the earth surface in order to reduce them.

An important direction in the field of reducing geomechanical processes and, as a consequence, reducing the movements of the earth surface, during the mining operations at potash mines, should be considered the improvement of mining technology, which reduces the operational losses of potash ore by introducing non-target mining of layers, including when conducting work in complex mining and geological and mining engineering conditions of development [5, 6].

Improving the technology of selective excavation of complex-structured layers is possible due to the introduction of high-performance equipment in the cleaning and tunneling faces. At the same time, the analysis of mining operations shows that the resources of technical re-equipment are largely exhausted and without improving the technology of mining new sections of mine fields with minimal losses of minerals, it is not impossible to achieve a reduction in geomechanical consequences.

Sudden emissions of salt and gas, the collapse of roof rocks and destruction of soil rocks disrupt the sections of workings, which also have a negative impact on the earth surface. The practice of mining operations on potash beds, dangerous for gas-dynamic phenomena, shows that the simplest and most effective way to prevent them due to the layering and anisotropy of gas permeability of the salt array is drilling degassing holes and wells.

So, the introduction of pillarless mining of potash beds using technological schemes for the preparation and development of sections of mine fields of limited size, including at local sites, for conditions of limited volumes of mine construction, for complex development conditions, taking into account the use of effective degassing measures and measures to unload the array from rock pressure, helps to reduce the operational losses of minerals, which reduces the geomechanical consequences in the process of preparatory and cleaning operations, which leads to a decrease in the movements of the earth surface.

Another circumstance composing negative or catastrophic geomechanical consequences during the development of potash deposits is the danger of penetration of weakly mineralized and fresh water into the mine workings. Emergency penetration of brines is associated with the peculiarities of the geological structure and hydrogeological conditions of specific local areas of mine fields, as well as with the physical, chemical and geomechanical processes of a natural and man-made nature occurring in them. Marginal areas and zones of tectonic disturbances, places of lithological heterogeneity of deposits of the water-protective layer, as well as sub-developed exploration wells are particularly dangerous.

The large-scale changes in the geomechanical situation are caused by the additional work of the roof rocks of potash beds and the long service life of potash mines. Deformations of the underworked array lead to the formation of cracks that can become plumbing. It should be noted that the zones of increased fracturing migrate over time and with the development of mining operations. This leads to significant subsidence and sinkholes of the earth surface in the territories being worked.

World experience shows that the whole range of currently existing methods and technical means of combating water flows (tamponing, installation of waterproofing bridges, organization of brine collectors, immersion of brines into deep horizons, disposal of brines and slightly mineralized waters on the daytime surface, etc.) is effective only if there is undisturbed fracturing of the ceiling of water-proof deposits.

Currently, there are no reliable methods and technical means of combating the flow of high-pressure water (brines) into underground min-

ing of potash and salt mines in case of violation of water-protective deposits. The catastrophic flow of aggressive fresh water (brines) into fractured water-proof deposits containing easily soluble rocks inevitably leads to flooding of the developed space.

So, given the complexity of the problem of forecasting and protecting mines from flooding, the constant occurrence of emergency situations in world practice, it seems appropriate to carry out organizational and technical measures to minimize the risks of flooding of potash mines in sufficient volume at the modern technical level, for example, the construction of waterproofing bridges that allow isolating potentially dangerous areas [7].

A special component of the reduction of geomechanical processes on the earth surface in the area of potash plants is the issues related to the development of new ways of storing enrichment waste in the organization of tail facilities, allowing to reduce the growth of areas used for the disposal of these wastes. It is possible to reduce the technogenic load by reducing the withdrawal of additional areas for salt dumps, using, at the same time, spent sludge storage facilities as bases for expanding salt dumps.

A correct understanding of the change in the physical and mechanical properties of potash enrichment waste is of significant practical importance for predicting the development of the tail facilities of potash plants and, as a result, reducing the anthropogenic load on the earth surface in the area of mining operations for storing potash production waste. Reduction of the technogenic load in the area of potash plants is possible due to the reconstruction of existing sludge storage facilities of potash production.

The synthesis of studies on the prediction of the results of man-made impacts implements the reduction or prevention of geomechanical processes at all stages of the development of potash deposits. There are a number of significant scientific and practical achievements at the present stage of potash production development. At the same time, it is not possible to completely exclude or prevent displacements, loss of points of survey networks, which prescribes the relevance of research in the field of construction of surveying and geodetic reference networks.

#### ***List of sources***

1. Smychnik, A.D. *Geoecology of potash production* / A.D. Smychnik, B.A. Bogatov, S.F. Shemet. – Minsk: Unipak, 2005. – 204 p.
2. Kolpashnikov, G.A. *Technogenesis and geological environment* / G.A. Kolpashnikov. – Minsk: BNTU, 2006. – 182 p.
3. Gledko, Yu.A. *Geoecological consequences of mining activity in the Belarusian Polesie* / Yu.A. Gledko, E.B. Antipin // *Journal of Belarusian State University*. – 2003. – Series 2. – No. 1. – Pp. 69–78.
4. Andreiko, S.S. *Assessment of the possibility of formation of free gas accumulations in the developed space of the carnallite formation "B" during the flooding of the BKPRU-1 mine of Uralkali OJSC* / S.S. Andreiko // *Mining Mechanics*. – 2009. – No. 3. – Pp. 12–17.



5. Kologrivko, A.A. *Technological schemes of non-target mining of potash beds in complex mining-geological and mining engineering conditions* / A.A. Kologrivko, S.N. Dakuko // *Mining mechanics*. – 2009. – No. 4. – Pp. 48–59.

6. Kologrivko, A.A. *Prospects for the use of non-goal-based reservoir preparation schemes with limited volumes of mine construction* / A.A. Kologrivko // *Mining mechanics*. – 2008. – No. 4. – Pp. 41–51.

7. Smychnik, A.D. *New ways of protection from mine water flows using waterproofing linings* / A.D. Smychnik, S.F. Shemet, A.M. Grechko, S.G. Shutin, A.A. Kologrivko // *Mining mechanics and mechanical engineering*. – 2010. – No. 3. – Pp. 41–45.



УДК 622:261:22

## **СТРОИТЕЛЬСТВО РУДОСПУСКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БУРОВЗРЫВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОХОДКИ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БВР НА ОКРУЖАЮЩИЙ ГРУНТОВЫЙ МАССИВ И СОСЕДНИЕ ВЫРАБОТКИ**

**Портнова А. В.**  
*НИТУ МИСиС, г. Москва, Россия*

*Буровзрывная технология проходки широко изучается и активно применяется на отечественных горных предприятиях. Строительство рудоспусков с использованием данного способа проходки является интересным процессом, влияние которого плохо изучено и представляет собой исключительный научный интерес.*

*Drilling and blasting technology are widely studied and actively used in domestic mines. The construction of ore passes using this method of sinking is an interesting process the impact of which is poorly studied and is of exceptional scientific interest.*

Рудоспуски являются уникальными объектами горной промышленности. Применение рудоспусков позволяет значительно сократить расстояние доставки руды, а следовательно, сократить и эксплуатационные расходы.

Проблема применения рудоспусков заключается в оптимальном выборе крепи и способа его проходки.

Как правило, рудоспуски сооружают в крепких и устойчивых породах. Этим объясняется отсутствие крепи большинства рудоспусков.

Зачастую рудоспуски (или породоспуски) классифицируют по положению в пространстве. Выделяют вертикальные, наклонные, ступенчатые и ломаные рудоспуски. В данной теме рассматривается строительство вертикальных и ступенчатых рудоспусков и результаты актуальны прежде всего для данных видов рудоспусков.

Среди способов проходки рудоспусков выделяют буровзрывной, ручной и механизированный. Наибольшее распространение в России среди перечисленных способов имеет буровзрывной способ. Его преимущество заключается в универсальности и низкой стоимости проходки 1 м выработки.

На современных горных предприятиях зачастую применяется модифицированный буровзрывной способ, заключающийся в следующем. Установкой для бурения восстающих скважин снизу вверх сооружают выработку диаметром до 2,5 метров. Далее сверху вниз происходит расширение выработки до проектного диаметра буровзрывным способом. Такой способ позволяет производить уборку породы непосредственно через уже пробуренную скважину на нижний горизонт.

Несмотря на широкое применение буровзрывного способа проходки, он имеет ряд существенных недостатков, среди которых особенно выделяется влияние взрыва окружающей грунтовой массив и ближайшие выработки.

В силу того, что для сооружения рудоспуска выбирают устойчивые породы, они в меньшей степени подвержены уплотнению. Однако, от ударной силы, которая выделяется при производстве взрывных работ, горные породы склонны к появлению новых трещин и раупрочнению.

Специфика влияния сооружения рудоспуска на окружающие выработки состоит в том, что строительство, как правило, ведется в месте концентрации различных выработок и сопряжений, в силу чего влияние весьма существенно.

Формирование при буровзрывной проходке нарушенного массива вокруг рудоспуска крайне негативно влияет на его последующую эксплуатацию, так как существенно снижается устойчивость системы «крепь – массив», испытывающей постоянное интенсивное воздействие от перемещаемых объемов горной массы. В связи с этим фактические сроки службы рудоспусков существенно меньше проектных, что негативно сказывается на себестоимости добычи полезного ископаемого на рудниках.

Уменьшить негативное влияние буровзрывного способа можно путем использования различных тампонажных растворов для ликви-

дации трещин массива, а также применения щадящих схем взрывания. Проектирование рудоспусков при этом нужно осуществлять путем рассмотрения всех стадий жизненного цикла объекта:

1. Проходку передовой скважины.
2. Расширение скважины до проектных размеров буровзрывным способом.
3. Временное и постоянное крепление рудоспуска и тампонаж приконтурных пород.
4. Эксплуатация рудоспуска.

Решение задачи в такой постановке возможно с использованием современных программных комплексов для геотехнических расчетов, позволяющих производить стадийные расчеты.

Одной из самых популярных и эффективных программ является MIDAS FEA NX.

Используемый в данной программе метод конечных элементов упрощенно можно описать следующим образом: рассматриваемый массив горных пород и сооружение разбиваются на мелкие области. Взаимодействие элементов происходит через узлы. Каждому элементу сетки конечных элементов назначаются определенные свойства. Такой подход позволяет получить высокую точность и эффективность моделирования.

Этот метод получил широкое распространение в геомеханике за счет своей относительной простоты и эффективности.

Создание модели всегда начинается с анализа горно-геологических условий. Для систематизирования данных и упрощения моделирования вмещающие горные породы делятся на интервалы с примерно одинаковыми свойствами.

Непосредственная работа в программном комплексе начинается с определения зоны влияния. При моделировании МКЭ как правило используется принцип Сен-Венана, суть которого заключается в том, что при приложении нагрузки напряжения в рассматриваемом объекте уменьшаются по мере удаления от этого объекта. Применительно к вертикальным выработкам это означает, что вблизи них напряжения при воздействии тектонических сил распространяются на расстояние около трех диаметров, а за его пределами минимальны и ими можно пренебречь.

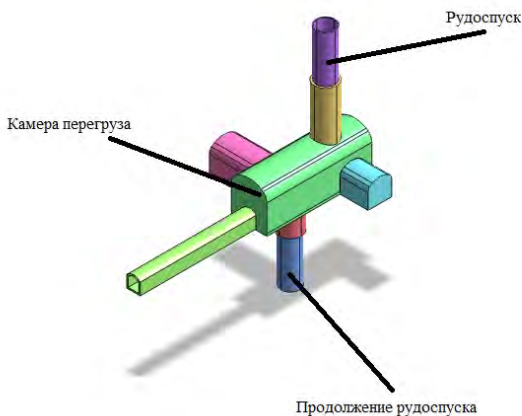
Вторым главным этапом расчета такой задачи является задание исходных данных геометрии выработок и массива горных пород. Моделирование геометрии осуществляется с помощью стандартных инструментов внутри программы либо путем импорта модели из других программных комплексов. Для моделирования грунтов и материалов

существуют различные модели, среди которых наиболее элементарной является упругая модель. Такая модель является весьма упрощенной и не учитывает все свойства горных пород, однако для выявления зависимостей в научном контексте вполне соответствует всем требованиям.

Третий самый главный этап, от которого во многом будет зависеть корректность результатов модели это сетка конечных элементов. Для предварительной проверки качества сетки можно воспользоваться инструментами программы, что способствует устранению ошибок на начальном этапе.

Далее задаются все начальные – в которых грунтовый массив находился до начала строительства – и граничные условия. Граничные условия представляют собой условия на границе рассматриваемой зоны. Зачастую таким условием является ограничение перемещений.

Пример геометрии рудоспуска представлен на рис. 1. В рассматриваемой модели рудоспуск является ступенчатым, поэтому разделение всего объекта происходило не по горно-геологическим условиям, а по рациональности для моделирования.



**Рис. 1. Пространственная модель ступени рудоспуска**

Результат расчета напряжений для данного примера изображен на рис. 2.

Из рассмотренного примера видно, что максимальные напряжения в размере более 20 МПа зафиксированы в своде камеры перегруза.

Это говорит о том, что с учетом предложенного способа проходки строительство рудоспуска будет влиять на ближайшие выработки с минимальным эффектом.

Максимальные напряжения в массиве зафиксированы за границей зоны влияния строительства рудоспуска. Это также подтверждает эффективность рассмотренного способа.

Таким образом, использование модифицированной буровзрывной технологии проходки позволяет снизить влияние строительства рудоспуска на окружающий массив и выработки. Внедрение данного способа является весь перспективным и интересным направлением в горнорудной отрасли.

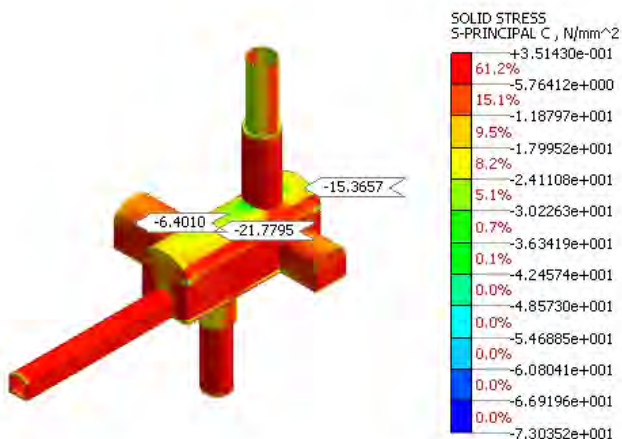


Рис. 2. Изополя напряжений

**Библиографический список:**

1. Горная энциклопедия. / Гл. ред. Е. А. Козловский; Ред. кол.: Г 69 М. И. Агошков, Н. К. Байбаков, А. С. Болдырев и др. – М.: Сов.энциклопедия. Т. 4. Ортин – Социосфера. 1989. 623 с., илл., 9 л. илл.
2. Кузнецов В. М. Математические модели взрывного дела / Кузнецов В. М. – Новосибирск: Наука, 1977. – 263 с.



УДК 622.232.83:622.243.56.054(045)

## **ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИВОДА БЕРМОВЫХ ФРЕЗ И ОТРЕЗНЫХ КОРОНОК ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА С СООСНЫМИ РОТОРАМИ**

**Басалай Г.А.**

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь*

*Проведен анализ объединенного привода бермовых фрез, отрезных коронок и масляных насосов проходческого комбайна с соосными роторами. Разработана динамическая модель привода бермовых фрез и отрезных коронок. Сформированы основные абстрактные элементы, наделенные определенными физическими свойствами: - инерционные элементы, способные накапливать кинетическую энергию; - упругие элементы, способные накапливать потенциальную энергию; - диссипативные элементы, отображающие свойствами рассеивания энергии; - трансформаторные элементы, отображающие безынерционные преобразования параметров потока энергии, осуществляемые техническими устройствами. В динамических системах исполнительных органов сформулированы внешние воздействия типа потенциала, соответствующие активным моментам двигателя и реактивным нагрузкам на бермовых фрезах и отрезных коронках.*

*Ключевые слова: проходческий комбайн, бермовые фрезы, отрезные коронки, привод, динамическая модель.*

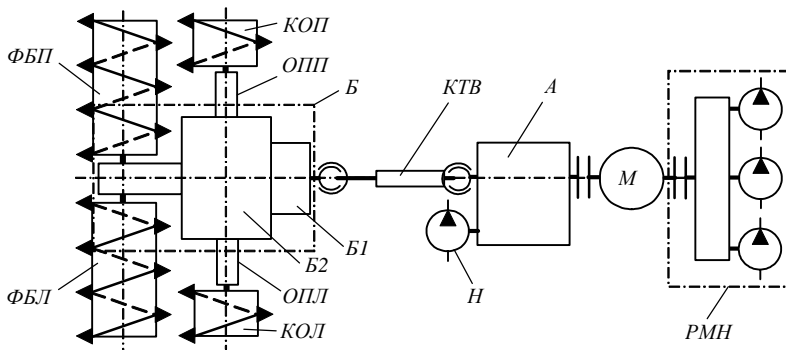
**Введение.** Проходческие комбайны с соосными роторами широко применяются на рудниках при разработке пластовых месторождений калийных солей. Они обеспечивают проходку подготовительных выработок арочной формы при формировании шахтных полей для отработки плодородных пластов очистными комплексами. Фрезерование массива горных пород осуществляется соосными роторами, бермовыми фрезами и отрезными коронками [1, 2]. Из-за напластования фрезеруемых пород силвинита и галита, имеющих значительную разницу в прочностных свойствах, приводы исполнительных органов подвержены значительным динамическим нагрузкам. В связи с этим задачи модернизации конструкций и методов проектного расчета приводов исполнительных органов проходческих комбайнов актуальны и в настоящее время.

Цель работы – разработка динамической модели привода бермовых фрез и отрезных коронок проходческого комбайна с соосными роторами.

**1. Анализ объединенного привода бермовых фрез, отрезных коронок и масляных насосов проходческого комбайна.** Проходческие комбайны типа ПК-8МА, ПКС-8М и КРП-3 имеют однотипные приводы бермовых фрез и отрезных коронок, а также масляных насосов. Структурная кинематическая схема объединенного привода приведена на рисунке 1.

Этот привод включают в себя электродвигатель  $M$  мощностью 110 кВт с двумя выходными валами ротора, два редуктора  $A, B$  привода бермовых фрез и отрезных коронок, кинематически соединенных последовательно посредством карданного телескопического вала  $КТВ$ , а также распределительный цилиндрический редуктор  $РМН$  масляных насосов. В приводе бермовых фрез и отрезных коронок первый редуктор  $A$  – это двухступенчатый соосный цилиндрический редуктор. К хвостовику промежуточного вала редуктора  $A$  присоединен насос  $H$  гидролинии для принудительной смазки редуктора привода соосных роторов. Второй редуктор  $B$  – распределительный четырехступенчатый коническо-цилиндрический редуктор, включает в себя блок  $B1$  пары конических зубчатых колес и блок  $B2$ , состоящий из трех пар цилиндрических зубчатых колес. В блоке  $B2$  имеется два ведомых вала, к хвостовикам одного из них слева и справа присоединены бермовые фрезы  $ФБЛ, ФБП$ , а к хвостовикам другого слева и справа через промежуточные опоры  $ОПЛ, ОПП$  присоединены отрезные коронки  $КОЛ, КОП$ , соответственно. Встречное вращение валов бермовых фрез и отрезных коронок по отношению к поступательному движению комбайна в рабочем режиме обеспечивает эффективное перемещение сфрезерованной горной породы одновременно вперед и к центру продольной оси симметрии машины. Это обеспечивает значительную стабилизацию суммарного реактивного момента на корпус комбайна от сил сопротивления фрезерованию массива горной породы и перемещения горной массы в зону зачерпывания ее ковшами внешнего ротора для погрузки на конвейер [3, 4].

В рабочем положении комбайна при фрезеровании массива породы основная динамическая нагрузка в объединенном приводе исходит от бермовых фрез и отрезных коронок, при этом влиянием динамических нагрузок от редуктора масляных насосов можно пренебречь. Поэтому автором в данной работе разработана только динамическая модель привода бермовых фрез и отрезных коронок, а при дальнейшем численном анализе будет учитываться только часть мощности электродвигателя без среднего значения составляющей мощности на привод масляных насосов.



**Рис. 1. – Структурная кинематическая схема привода бермовых фрез, отрезных коронок и масляных насосов**

РМН –редуктор масляных насосов; Н – насос; КТВ – карданный телескопический вал; ФБП, ФБЛ – фреза бермовая правая и левая, соответственно; КОП, КОЛ – коронка отрезная правая и левая, соответственно; А, Б – редукторы привода бермовых фрез, отрезных коронок; Б1 – блок конического зацепления зубчатых колес; Б2 – блок трехступенчатого зацепления цилиндрических зубчатых колес; ОПЛ, ОПП – опоры промежуточные левая и правая, соответственно

**2. Динамическая модель привода бермовых фрез и отрезных коронок.** Как отмечалось в работах [5, 6] бермовые фрезы и отрезные коронки в сборе с электромеханическими приводами проходческих комбайнов типа ПК-8, ПКС-8 и КРП-3 относятся к многомерным динамическим системам, состоящим из большого числа взаимодействующих между собой и с внешней средой элементов. Математические модели таких систем – модели макроуровня. Объект исследования в модели макроуровня представляется как динамическая система с сосредоточенными параметрами, описываемая системой обыкновенных дифференциальных уравнений.

Унифицированная динамическая модель трансмиссии привода бермовых фрез и отрезных коронок комбайнов формировалась на основе принципиальных кинематических схем и сборочных чертежей на выше рассмотренный привод с учетом скоростей вращения двигателя  $\omega_m$ , а также бермовых фрез  $\omega_{фб}$ , и отрезных коронок  $\omega_{ко}$ .

Разработка динамической модели привода бермовых фрез и отрезных коронок, как абстрактного графического отображения основных физических свойств технического объекта и характеристик взаимодействия с внешней средой, осуществлялась с применением метода сосредоточенных масс. При этом выделялись некоторые абстрактные



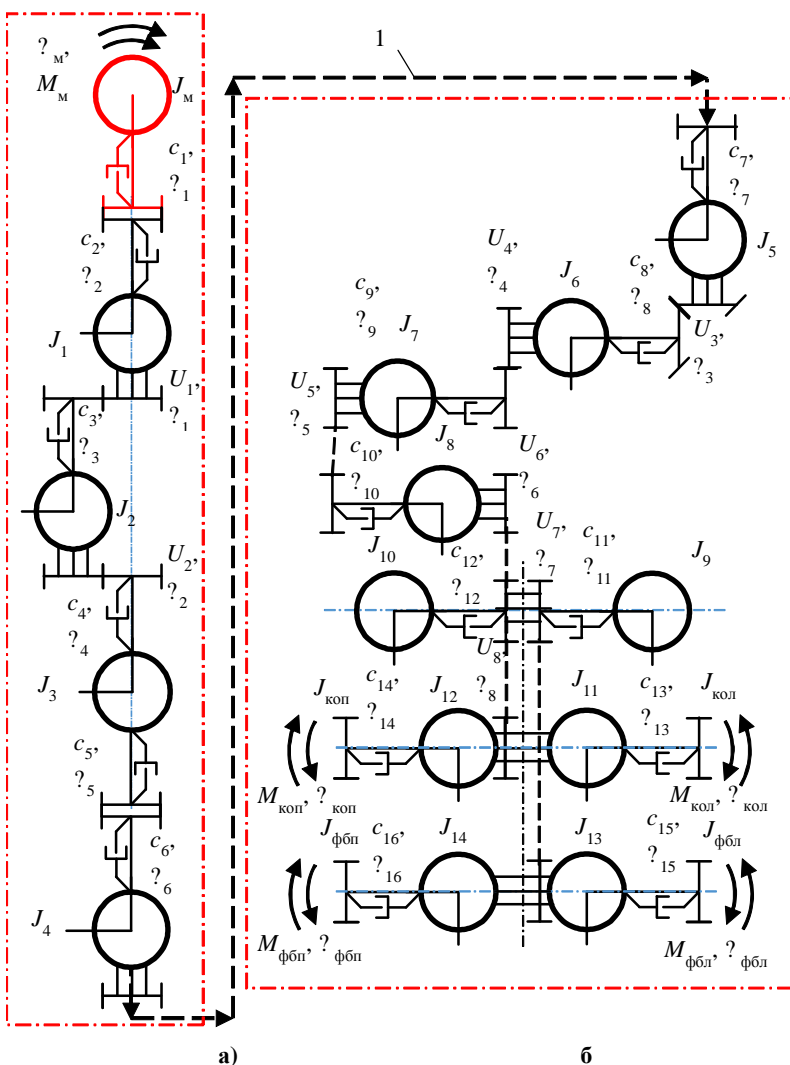


Рисунок 2. – Динамическая модель привода бермовых фрез и отрезных коронок проходческого комбайна

а – динамическая модель электродвигателя и карданного телескопического вала; б – модель раздаточного коническо-цилиндрического редуктора с бермовыми фрезами и отрезными коронками; 1 – линия энергетической связи блоков а-б

элементы, наделенные определенными физическими свойствами: инерционные элементы  $J_M; J_1 - J_{14}, J_{фбл}, J_{фбп}, J_{кол}, J_{коп}$ , способные накапливать кинетическую энергию; упругие элементы  $c_1 - c_{16}$ , обладающие способностью накапливать потенциальную энергию; диссипативные элементы  $\mu_1 - \mu_{16}$ , обладающие свойствами рассеивания энергии; трансформаторные элементы  $U_1, \eta_1 - U_8, \eta_8$ , отображающие безынерционные преобразования параметров потока энергии, осуществляемые техническими устройствами, называемыми трансформаторами.

На динамическую систему привода бермовых фрез и отрезных коронок действуют внешние воздействия типа потенциала:  $M_M, M_{фбп}, M_{фбл}, M_{коп}, M_{кол}$  – внешние воздействия, соответствующие моментам двигателя, а также двух бермовых фрез и двух отрезных коронок.

Унифицированная динамическая модель привода бермовых фрез и отрезных коронок проходческого комбайна представлена на рисунке 2. На основании динамической модели структурно-матричным методом, подробно описанном в [7], в настоящее время формируется математическая модель в виде систем компонентных и топологических уравнений.

#### **Выводы.**

1. В работе разработана только динамическая модель привода бермовых фрез и отрезных коронок, т.к. влияние на двигатель привода масляных насосов как по величине потребляемой мощности, так и по статическому характеру нагрузок от насосов незначительно.

2. Разработанная динамическая модель привода бермовых фрез и отрезных коронок проходческого комбайна с соосными роторами позволяет формировать математическую модель в виде систем компонентных и топологических уравнений.

#### **Библиографический список:**

1. Горные машины: учебное пособие: в 2 ч. / под ред. В.Я. Прушака. – Минск: Вышэйшая школа, 2018. – Ч. 2: Машины и комплексы для добычи полезных ископаемых / Г.В. Казаченко, В.Я. Прушак, Г.А. Басалай. – 2018. – 228 с.
2. Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / В.А. Данилов [и др.]; под ред. В.Я. Прушака. – Минск: Тэхналогія, 2010. – 175 с.
3. Казаченко, Г.В. Горные машины. Практикум: учебное пособие / Г.В. Казаченко, Г.А. Басалай, Г.И. Лютко. – Минск: Вышэйшая школа, 2020. – 200 с.
4. Басалай, Г.А. Анализ работы ковшового погрузочного устройства проходческого комбайна / Г.А. Басалай. // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. тр. XVI МНТК «Чтения памяти Р.В. Кубачека», проведенной в рамках Уральской промышленной декады, Екатеринбург, 12-13 апреля 2018 г. / Уральский государственный горный университет; под общ. ред. Ю.А. Лагуновой. – Екатеринбург, 2018. – С. 20-23.

5. Басалай, Г.А. Динамические модели приводов соосных роторов проходческих комбайнов типа ПКС-8 и КРП-3 / Г.А. Басалай // Горная механика и машиностроение. – 2021. – № 2. – С. 84-88.

6. Басалай, Г.А. Динамическая модель одномоторного привода соосных роторов проходческого комбайна / Г.А. Басалай // Горная механика и машиностроение. – 2021. – № 3. – С. 75-79.

7. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник / В.П. Тарасик. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2016. – 592 с.



УДК 338.45:622:004

## РАЗВИТИЕ ГОРНОГО ДЕЛА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

**Майоров Е.Д., Ленковец О.М.**

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия*

*В статье рассматривается влияние геополитической ситуации на горную отрасль. Обоснована необходимость максимально быстрого внедрения цифровых инструментов, с целью уменьшения санкционного давления и дальнейшей независимости в области горнодобывающей промышленности. Проанализированы роль и значение процессных инноваций в ходе цифровизации.*

*Ключевые слова: горное дело, цифровизация, развитие, цифровые технологии, эффективность, недра.*

Мировая горнодобывающая промышленность является комплексной отраслью всемирного хозяйства и основным источником дохода многих государств.

Отрасль является одной из самых сложных в освоении, как с природной, так и с экономической точки зрения, так как требуется преодолеть множество препятствий, прежде чем получится добыть сырье и его реализовать.

В свете событий последних лет рвутся множественные связи, выстроенные десятилетиями. Именно поэтому наша задача - найти альтернативы западным решениям, запустить новые проекты.

### **Методы исследования**

Одной из основных болевых точек горной отрасли является препятствие в области логистики, так как 20% экспорта представляет собой Западную Европу. Предлагаемое решение - убрать зависимость от привычных поставщиков, перестать смотреть на запад, развивать

путь на восток, экспериментировать с новыми способами доставки. Задача не проста - требуется пересмотреть старую модель логистических цепочек. Минпромторг РФ перестроил около 90% своих мер в поддержку обеспечения технологической независимости и автономного импорта. Цифровизация - это новая реальность, которая трансформирует не только технологии, но и взаимоотношения между клиентами и поставщиками, обменивается ресурсами, осуществляет создание новейших бизнес-моделей вокруг цифровых площадок. С одной из первых таких платформ выделился Газпромбанк - на базе этой электронной торговой площадки был создан сервис импортозамещения. Сейчас чувствуется готовность к партнерским отношениям со всеми сервис-провайдерами – крупными и малыми.

Минэкономразвития успешно развивает и является куратором федерального проекта «Нормативное регулирование цифровой среды», в рамках которого созданы благоприятные условия для эволюции цифровой экономики, а также сформированы предпосылки для разработки и появления новых товаров, услуг с максимальным использованием цифровых технологий.

На практике можно заметить, что процесс цифровизации, на большинстве предприятий, начинается сверху вниз, первоначально автоматизируя руководящие бизнес-процессы. Создаются интеллектуальные лаборатории, "цифровые двойники", являющиеся инструментом для выполнения точечных задач, таких как: оптимизация расхода топлива, увеличение производительности комплексов и отдельных устройств, предиктивный анализ технического состояния.

### ***Результаты***

В России принят федеральный закон N 123-ФЗ «О внесении изменений в Закон РФ «О недрах», ст. 1 ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» и признании утратившим силу Постановления Верховного Совета Российской Федерации «О порядке введения в действие Положения о порядке лицензирования пользования недрами» и отдельных положений законодательных актов РФ» [1], который обеспечивает доступность и прозрачность торгов.

Все торги осуществляются только в электронном виде, единственная форма торгов - аукцион. Действующая практика, когда торги проводятся исключительно в бумажной форме, с личным присутствием участников на процедуре, ушла в прошлое [2].

Внедрение цифровых инструментов позволило отказаться от бюрократии и кардинально ускорить принятие решений в различных областях. В подтверждение изложенных фактов приведем пример, которым поделился директор по трансформации Уральской горно-

металлургической компании Джахангир Махмудов: "Если раньше мы принимали решения и заключали крупные контракты по основным технологическим материалам на протяжении полугода, то теперь же ключевая проблема - закупки. Решили проанализировать всю нашу таблицу по инвестициям, ремонтам, замене оборудования, запчастям, и результат показал, что у нас 25 тысяч позиций, которые достаточно критичны. Все они из западных стран. За 3 недели мы уменьшили это количество до 2,5 тысяч" [3].

Это лишний раз доказывает необходимость искать аналоги в жестких условиях санкционных ограничений.

Так же создана информационная система, с развитым функционалом автоматизированного учета сведений об исполнении пользователями недр своих лицензионных обязательств, включающая следующие моменты: разработка проектной документации, экспертизы, плановая сдача отчетности. Благодаря этим сведениям, а также путем сравнения, обработки и обобщения определенных участков базы данных с соответствующими условиями лицензии, будет формироваться отчетность с анализом наличия нарушений условий пользования недрами, необходимости постановки вопроса о проведении процедуры досрочного прекращения лицензии.

Внедрение цифровых технологий в горнодобывающей отрасли идет высокими темпами. Радует, что инвесторы с готовностью откликаются на возможность поощрения повышения эффективности и наращивания объемов продукции путем использования современного оборудования для мониторинга [4].

В современных условиях компании вынуждены задуматься над безопасностью. Цифровизация является подспорьем в достижении этих целей, ведь человеческий фактор является опаснейшим на производстве. Усталость, плохое самочувствие или невнимательность могут привести к катастрофическим последствиям. ООО Группа компаний «Цифра» и ОАО «БЕЛАЗ» прекрасно понимают это, и успешно продемонстрировали работу новой автономной системы грузоперевозок 90-тонными беспилотниками с использованием искусственного интеллекта. Благодаря этому планируется получить сокращение себестоимости горных разработок, повышение производительности добычи на 25-30%, увеличение коэффициента технической готовности путем уменьшения простоев и экономии на ремонте техники за счет оптимизации ее работы [5]. В дальнейшем этот сектор будет активно развиваться.

### ***Заключение***

Благодаря использованию современных цифровых технологий появилась возможность значительного повышения эффективности при

учете истощения привычных инструментов развития. Цифровые экосистемы стали новаторским витком для промышленной эволюции, что позволило объединить партнёров, производителей, поставщиков и начать работать как единый организм [6].

В подтверждение тезисов о важности партнерств на форуме лидеров горнодобывающей отрасли Группа компаний «Цифра» подписала два соглашения о сотрудничестве: с группой компаний «Антей», которая занимается обеспечением горных предприятий качественной диспетчеризацией, и с «АРМЗ Горные машины», ведущей разработки в области использования беспилотной горной техники в условиях Арктики.

Проводятся международные конкурсы, реализующие цифровые проекты в области повышения безопасности и эффективности горной индустрии [7].

Минерально-сырьевая база, являющаяся важнейшим элементом безопасности страны, не должна подвергаться угрозе. Требуется разработать государственную политику, которая будет включать взаимный интерес и согласованность между странами, ведущими в области добычи и реализации минерального сырья.

К этой политике относятся:

- развитие технологий в отрасли, цифровизация;
- явное разграничение прав недропользования;
- усиление и поощрение лицензионной составляющей сферы;
- повышение добавленной стоимости на экспорт минерального сырья, квотирование;
- обеспечение благоприятных экономических, социальных и политических условий для развития горного дела;

Горная отрасль в государственном и мировом значении играет одну из первоочередных ролей, поэтому необходимо обеспечить ее оснащенность и современность.

#### **Библиографический список:**

1. Закон РФ от 21.02.1992 N 2395-1 (ред. от 28.06.2022, с изм. от 14.07.2022) "О недрах" URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_343/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/) (дата обращения: 10.10.2022).
2. На пороге глобальных перемен: Минприроды России рассказывает о главных нововведениях в добывающей отрасли // Глобус URL: <https://www.vnedra.ru/zakonodatelstvo/na-poroge-globalnyh-peremen-minprirody-rossii-rasskazyvaet-o-glavnyh-novovvedeniyah-v-dobyvayushhej-otrasli-15404/> (дата обращения: 10.10.2022).
3. Горная отрасль уходит в «цифру» // Эксперт URL: <https://expert.ru/2022/05/13/gornaya-otrasl-ukhodit-v-tsifru/> (дата обращения: 10.10.2022).
4. Цифровые технологии в горнодобывающей промышленности и металлургии // Control engineering URL: <https://controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/metallurgiya/cifra-v-metallurgii/?link=1> (дата обращения: 10.10.2022).

5. Никифорова В.Д., Никифоров А.А. Цифровая трансформация топливно-энергетического комплекса. В сборнике: Цифровая экономика и финансы. Материалы Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2022. С. 409-413.

6. Кирсанова И. Ю. Оценка обеспеченности территории нефтепроводной и нефтепродуктопроводной инфраструктурой // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Т. 11. № 6. С. 652–659

7. Шестопалов М.Ю., Новожилов И.М., Ильюшина А.Н., Ильюшин Ю.В. Анализ и идентификация тепловых полей пространственно распределенных систем управления. Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2021. № 9. С. 61-71.



УДК 622.68

## **КРАТКАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ КАРЬЕРНОГО АВТОСАМОСВАЛА**

**Пылаев И. А., Ерофеева Н. В.**

*Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева,  
г. Кемерово, Россия*

*В литературе описана методика определения сопротивления движению карьерного автосамосвала, причем в каждом источнике приводятся противоречивые формулы для определения сопротивлений. Особенно разнятся эмпирические формулы для определения удельного сопротивления движению на криволинейных участках и для определения ускорения автосамосвала. Поэтому возникает необходимость в уточнении методики. На наш взгляд, нижеприведенная методика не противоречит ни законам гидравлики, ни законам физики. Формулы для определения удельного сопротивления движению на криволинейных участках даны из источников, который на наш взгляд, являются наиболее достоверными.*

Суммарная сила сопротивления движению (Н) карьерного автосамосвала определяется как [1]

$$W = W_0 + W_b \pm W_i + W_j + W_{кр},$$

где  $W_0$  – основное сопротивление движению на прямом горизонтальном участке, возникающее из-за трения в подшипниках и деформации шин и дорожного полотна в процессе качения колес, Н;  $W_b$  – сопротивление, возникающее из-за действия ветра, Н;  $W_i$  – сопротивление от уклона, Н;  $W_j$  – динамическое сопротивление при трогании с места и

изменения скорости движения, Н;  $W_{кр}$  – сопротивление на криволинейных участках дороги, Н.

Суммарную силу сопротивления определяют и в грузённом, и в порожняковом направлениях.

Основное сопротивление (Н) движению автосамосвала

$$W_o = \omega_o P,$$

где  $\omega_o$  – удельное основное сопротивление автосамосвала, Н/кН;  $P$  – полный вес автосамосвала, кН.

Полный вес (кН) автосамосвала считают в грузённом и порожняковом направлении соответственно

$$P_{гр} = (q_t + q_{\phi})g \quad \text{и} \quad P_{пор} = q_t g,$$

где  $q_t$  – собственная масса автосамосвала, т;  $q_{\phi}$  – фактическая масса горной массы в кузове автосамосвала, т.

Удельное основное сопротивление автосамосвала указано в литературе [1]. Для порожних автосамосвалов указанные значения удельного сопротивления увеличивают на 20÷25 %.

Силу (Н) сопротивления воздуха определяют по формуле, вытекающей из основных положений гидроаэромеханики [2]

$$F_B = c_x A_B q, \quad (4)$$

где  $c_x$  – коэффициент обтекаемости, безразмерная величина;  $A_B$  – площадь лобового сопротивления автосамосвала, м<sup>2</sup>;

$q = \frac{\rho_B V^2}{2}$  – скоростной напор, равный кинетической энергии 1 м<sup>3</sup> воздуха, движущегося со скоростью автосамосвала относительно воздушной среды, кг/(м·с<sup>2</sup>),  $V$  – скорость движения автосамосвала, м/с.

Площадь лобового сопротивления автосамосвала определяют как произведение высоты автомобиля на ширину колеи.

При определении сопротивления от действия ветра используют не коэффициент обтекаемости, а коэффициент силы сопротивления воздуха (кг/м<sup>3</sup> или Н·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>) [2]

$$k_B = \frac{c_x \rho_B}{2}, \quad (5)$$

где  $\rho_B$  – плотность атмосферного воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент силы сопротивления воздуха для грузовых автосамосвалов принимают  $k_B = 0,40 \div 0,55 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$ .

Подставив выражение (5) в формулу (4) получают силу (Н) сопротивления воздуха

$$F_B = k_B A_B V^2.$$

Сопротивление (Н) от уклона



$$W_i = iP,$$

где  $i$  – уклон дороги, Н/кН (%).

Сопротивление (Н) от сил инерции

$$W_j = w_j P,$$

где  $w_j = 10^3 \frac{1}{g} g_n \frac{dV}{dt}$  – удельное сопротивление от сил инерции, Н/кН;

$\gamma_n$  – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся частей и зависящий от типа трансмиссии (с гидромеханической трансмиссией для груженого автосамосвала  $\gamma_n = 1,03 \div 1,07$  и для порожнего –  $\gamma_n = 1,070 \div 1,085$ , с электромеханической –  $\gamma_n = 1,10 \div 1,15$ );

$a = \frac{dV}{dt} = \frac{V_i^2 - V_{i-1}^2}{2l_i}$  – ускорение (замедление) автосамосвала, м/с<sup>2</sup>;

$V_i, V_{i-1}$  – скорость движения автосамосвала на последующем и предыдущем участках, м/с;  $l_i$  – длина участка, м.

При движении автосамосвала на подъем или по горизонтальному участку скорость (м/с) автосамосвала без учета ветровой нагрузки определяют [2]

$$V = \frac{N_{дв}}{(w_0 + i)P} \eta_{ом} \eta_{тр} \eta_{к}, \quad (5)$$

где  $N_{дв}$  – мощность двигателя, Вт;  $\eta_{ом} = 0,85 \div 0,90$  – коэффициент отбора мощности на вспомогательные механизмы автосамосвала;  $\eta_{тр}$  – КПД трансмиссии (гидромеханической –  $\eta_{тр} = 0,70 \div 0,72$ , электромеханической –  $\eta_{тр} = 0,69 \div 0,71$ ),  $\eta_{к} = 0,95$  – КПД колеса.

При движении на спуск скорость (м/с) автосамосвала можно также определить по формуле (5), поставив уклон соответствующего знака, или принять ориентировочно  $V = 30 \div 40$  км/ч = 8,33 ÷ 11,11 м/с.

Сопротивление (Н) на криволинейных участках

$$W_{кр} = w_{кр} P,$$

где  $w_{кр}$  – удельное сопротивление на криволинейных участках, Н/кН.

Удельное сопротивление (Н/кН) на криволинейных участках определяют при радиусе кривой до 50 ÷ 70 м как [3]

$$w_{кр} = 300 \frac{200 - R}{R} \frac{R}{P},$$

где  $R$  – радиус кривой, м.

При большем радиусе кривой рекомендуют определять сопротивление (Н) на криволинейных участках как

$$W_{кр} = (0,05, 0,08)W_j.$$

Таким образом, определив сопротивление движению можно приступить к дальнейшему расчету карьерного автосамосвала.

**Библиографический список:**

1. Потапов М. Г. Карьерный транспорт : учебник для техникумов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1980. –264 с.
2. Руктеишель О. С. Выбор параметров и оценка тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля : учебно-методическое пособие. – Минск: БНТУ, 2015. – 80 с.
3. Стиваковский А.О., Потапов М. Г. Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок : учебник для вузов. – М: Недра, 1983. – 383 с.



УДК 556.3+004.94+624.13

## **ИСТОРИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОПАСНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА РОСТОВА-НА-ДОНУ**

**Гридневский А.В.**

*Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

*В ходе исторического развития геологической среды территории Ростова-на-Дону сформировались ключевые элементы структуры: водоупорные сарматские и скифские глины, комплекс водопроницаемых неогеновых отложений, толща просадочных стратифицированных лёссовых грунтов. Генезис компонентов осадочной толщи обуславливает их свойства, взаимодействие в пространстве и формирование предпосылок геологических опасностей: подтопление, просадочные деформации, высачивание, оползни.*

*Ключевые слова: лёссовые грунты, просадочность подтопления, высачивание, инфильтрация, геологическая опасность.*

Городская среда испытывает ущерб от опасных инженерно-геологических процессов. Анализ их формирования необходим для поиска наиболее эффективных проектных решений в строительстве и защите населения. Наиболее ценным является историко-геологический подход, позволяющий системно учесть факторы, последовательно включающиеся в формирование неблагоприятных сценариев.

Анализ инженерно-геологических условий территории Ростова-на-Дону выполнялся в ряде исследований [2,3,4]. Ананьевым В.П. [1] дана оценка просадочных отложений города и развивающегося подто-

пления. Меркуловой К.А. [2] составлен ряд геологических карт с отображением негативных геологических процессов и явлений (М 1:25000). Результаты инженерно-геологических изысканий на территории города отражены в технических отчетах. Часть из них хранится в территориальных фондах геологической информации по Южному федеральному округу, и позволяет получить сведения об инженерно-геологических условиях по отдельным районам. Вместе с тем, существует дефицит в обобщениях и оценке закономерностей в формировании геологических опасностей в геологической среде города.

На основе материалов изысканий для строительства прошлых лет, геолого-геофизических исследований и картографического материала автором выполнен анализ основных историко-геологических событий и сложившихся ключевых параметров инженерно-геологических условий, определяющих опасности или их предпосылки при осуществлении инженерной деятельности и проживания в городской среде.

Город Ростов-на-Дону расположен в пределах Дон-Тузловского водораздела на абсолютных отметках от 0 до +110 м. Рельеф овражно-балочный с постоянными водотоками: р.Темерник, р.Дон, р. Мертвый Донец, ручьи Кизитериновский, Камышеваха и Безымянный.

Активные тектонические процессы на рассматриваемой территории угадали к началу мелового периода. Вплоть до верхнего миоцена преобладал морской режим осадконакопления. В ходе трансгрессивно-регрессивных циклов неглубокого моря сформировались толщи известняков, мергелей, песчаников. Интерес представляет нижнесарматский морской бассейн ( $N_1S_1$ ), оставивший после себя накопления плотных, однородных темно-серых глин, с прослоями песков, распространенных на обширной территории. Мощность составляет 60-65м. Толща залегает горизонтально и является водонепроницаемой. По материалам изысканий прошлых лет построена модель кровли нижнесарматских глин (рис.1). Поверхность отложений на территории города эродирована, имеет перепады высот: в северной части расположена на абсолютных отметках +16÷18м, в юго-западной – 4÷12м, в восточной – 12÷14м. У правобережья р. Дон выражены локальные понижения рельефа до +4÷6 м и локализующиеся на участках размером 1,5÷2 км.

В среднесарматское и верхнесарматское время, морской бассейн постепенно деградировал. В мелководье образовывались известняки-ракушечники, песчаные известняки, песчаники, а позже накапливались дельтовые и прибрежные отложения. Эти отложения можно на-

блюдать на склонах правого берега реки Дон и крупных балок меридионального простирания.



**Рис.1. Карта кровли отложений сарматских (N<sub>1s</sub>) глин**

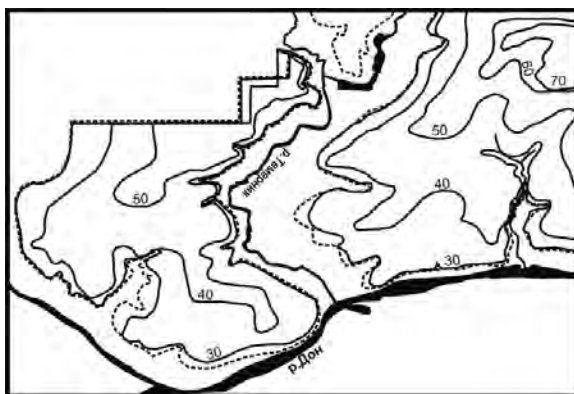
После регрессионного перерыва в осадконакоплении, началась трансгрессия мезотического моря, сопровождавшаяся накоплением песчано-глинистых и известковых отложений. Кровля отложений располагается на абсолютных отметках  $+30\div+35$  м и имеет перепад высот в несколько метров. Последующая, незначительная по амплитуде, регрессия понтического моря сменилась обширной трансгрессией и накоплением известняков-ракушечников мощностью до 10 м с расположением кровли на абсолютных отметках  $+39\div+43$  м. Понтическое море было последним на рассматриваемой территории.

В верхнесарматском море, а также мезотических и понтических бассейнах, в условиях мелководья формировались грубодисперсные, хорошо проницаемые горные породы: трещиноватые известняки, известковистые песчаники, известняки-ракушечники, пески. Они благоприятны для геофильтрации и, за редким исключением, представляют единую водопроницаемую толщу. В ходе инфильтрации поверхностных вод, в породах верхнего сармата сформировался водоносный горизонт с наибольшими запасами воды, которая поступает путем инфильтрации и перетекания из мезотических и понтических отложений.

В четвертичном периоде на рассматриваемой территории господствовал континентальный режим осадконакопления. В это время накапливались субаэральные красно-бурые скифские глины (Q<sub>Esk</sub>),

покрывающие на значительной площади водопроницаемую толщу неогена (рис. 2). Их кровля залегает на глубине 20-30 м и имеет уклон в южном направлении от +70 м до +30 м у правого берега реки Дон. На склонах водоразделов отложения глин пересекаются с поверхностью рельефа, в этом случае развиваются процессы высачивания подземных вод из вышележащих грунтов. Глины служат водоупорным экраном и ограничивают доступ атмосферных вод в более древние отложения.

Толща глин подверглась воздействию интенсивных эрозионных процессов. В местах распространения крупных балок (Черепяхина, Безымянная, Кизитериновская), а также в долине реки Темерник глины полностью размыты, что привело к формированию гидрогеологических окон и образованию гидравлической связи с неогеновыми водопроницаемыми отложениями известняков, песчаников и песков. Как правило, скифские глины распространены на водораздельных пространствах. На склонах они постепенно выклиниваются.



**Рис.2.** Карта кровли отложений скифских (QEsK) глин;  
штриховая линия – граница распространения глин

В неоплейстоцене происходило накопление однородных эолово-делювиальных лёссовых отложений. Они распространены на правобережье р. Дон и покрывают больше 90% площади города. На водораздельных пространствах мощность лёссовых отложений достигает 30м. Грунты обладают просадочными свойствами, что порождает сложности в строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Лёссовые грунты включают 3-5 прослоев слабопроницаемых погребенных почв, представленных средними и тяжелыми суглинками мощностью от 0,5 до 1,5 м.

В ходе геологического развития неоген-четвертичная толща обрела ряд ключевых элементов структуры, которые являются предпосылками формирования опасностей на территории города.

Водонепроницаемая подошва неогеновых отложений залегает выше уровня реки Дон на абсолютных отметках  $+10 \div +15$  м, что приводит к разгрузке подземных вод на правобережье. Она проявляется в виде родников, мочажин, смещениях грунта, которые можно наблюдать на протяжении многих километров. При строительстве в этой зоне появляется риск затопления фундаментов и подвальных помещений зданий, а также образования оползней.

Водонепроницаемые скифские глины играют подобную роль на более высоких абсолютных отметках. В местах пересечения их кровли с поверхностью рельефа происходит высачивание подземных вод из четвертичных отложений. Наиболее частым следствием этого процесса является насыщение водой толщи лёссовых грунтов с образованием оползней.

Из водонесущих коммуникаций города происходит потеря до сорока процентов воды, используемой для целей водоснабжения. Инфильтрующаяся в лёссовую толщу вода задерживается скифскими глинами, постепенно заполняет поры грунтов и образует техногенный водоносный горизонт. Подъем уровня воды в лёссовых отложениях привел к развитию подтопления в ряде районов города и распространению просадочных деформаций грунтов. Как указывалось выше, в местах эрозионного размыва скифских глин образовались гидрогеологические окна, благоприятные для беспрепятственной разгрузки водоносного горизонта четвертичных отложений в хорошо проницаемые неогеновые породы. В этих районах подтопление не проявляется. Следует отметить, что повсеместно распространенные погребенные почвы, залегают с интервалом 5-7 м и играют роль относительных водопоров. Первые слои почв встречаются уже на глубинах 7-10 м. Они способны временно удерживать подземные воды, что приводит к замачиванию лёссовых грунтов и увеличению риска развития просадочных деформаций.

Анализ геологического развития территории города Ростова-на-Дону показывает, генетическую обусловленность состава, строения и свойств грунтов. Последовательная смена геологических ландшафтов привела к формированию такой структуры толщ грунтов, которая порождает ряд предпосылок для возникновения геологических опасностей. Важно иметь в виду, что опасные геологические процессы на рассмотренной территории реализуются в значительной степени под влиянием человека.

**Библиографический список:**

1. Ананьев В.П. Минералогический состав и свойства лессовых пород. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1964. – 218 с.
2. Меркулова К.А. Инженерно-геологические условия г. Ростова-на-Дону. – Ростов н/Д: Изд-во РГПУ, 2006. – 132 с.
3. Гидрогеология СССР, т. XXVIII, Нижний Дон и Северо-Восточное Предкавказье, М., Недра, 1970. – 224 с.
4. Геология СССР, т. XLVI. Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР. Геологическое описание, М., Недра, 1969. – 667 с



УДК 624.131.1

## **ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ Г. КИНШАСА (ДР КОНГО) И БОРЬБА С ОПАСНЫМИ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

**Музанг А. Касонг, Прокопов А.Ю.**

*Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

*В статье выполнен анализ инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических и климатических условий г. Киншаса (ДР Конго), его рельефа, произведена оценка геологических опасностей, описаны основные проблемы строительства и эксплуатации зданий и сооружений в мегаполисе.*

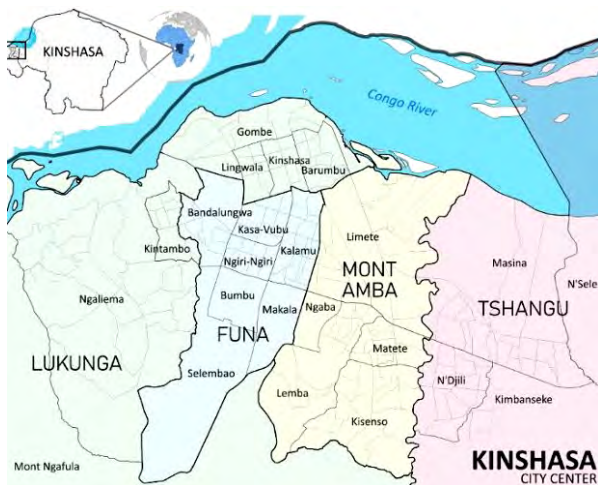
*Ключевые слова: гидрогеологические условия, геологические опасности, береговая эрозия, оползни, риски.*

*Географическая характеристика.* Город Киншаса, столица Демократической Республики Конго, расположен на левом берегу реки Конго напротив города Браззавиль, столицы Республики Конго. Географические координаты центра города: 4°19' 39" южной широты, 15°18'48" восточной долготы. Он имеет административный статус провинции. Площадь города Киншаса составляет 9 965 км<sup>2</sup>, из которых 2 500 км<sup>2</sup> составляют городскую агломерацию. Город Киншаса вырос между мысом Гомбе, образующим бассейн Малebo, до водопада Ливингстон и холмов на юге, расположенными недалеко от реки (гора Нгалиема на Западе), примерно в 15 км к югу от бассейна Малebo (гора Манге-Нгенге на востоке). На обширной равнине, очерченной таким образом, находится большая часть города Киншаса (рис. 1).

*Рельеф.* Город Киншаса построен на контрастном топографическом участке: равнинном (Нижний город) и холмистом (Верхний город). Рельеф состоит из заболоченной аллювиальной равнины с высотой от 275 до 300 м и холмистой местности с высотой от 310 до 370 м, состоящей из гор Нгафула, Нгалиема, Амба и плато Кимвенца и Бинза.

Его рельеф образован континентальным шельфом на востоке, грядой крутых холмов на юге, равниной и болотами на берегах реки Конго. Плато является частью массива плато Кванго, часть которого, расположенная в городе Киншаса, называется «плато Батеке».

Равнина Киншасы расположена вдоль реки Конго и расположена между рекой Конго и подножием холмов в форме полумесяца.



**Рис. 1. Географическое расположение районов г. Киншасы**

В целом рельеф города Киншаса можно охарактеризовать 4 основными элементами:

1) Бассейн Малебо: обширное озерное пространство, усеянное островами и островками, соответствующими расширению русла реки между Киншасой и Браззавилем. Он простирается более чем на 35 км при максимальной ширине 25 км. Со стороны Киншасы он граничит с муниципалитетом Нгалиема на Западе, муниципалитетом Малуку на Востоке и проходит через муниципалитеты Ла Гомбе, Барумбу, Лимете, Масина и Ла Нселе.

2) Равнина Киншасы: самое урбанизированное место в городе, мало подверженное эрозии, но, тем не менее, подверженное серьезной



проблеме из-за плохого дренажа воды. Равнина имеет форму банана, окруженного холмами, ориентированными в направлении Запад-Восток. Эта конфигурация придает территории форму амфитеатра. Эта равнина простирается почти на 20 000 гектаров с низкими песчаными аллювиальными массивами, расположенными на высоте от 260 до 225 м над уровнем моря. Он простирается от муниципалитета Малуку на востоке до Запада, где подножия холмов Нгалиема останавливают его распространение. На той же равнине река Конго впадает в бассейн Малебо на Востоке и впадает в залив Нгалиема на Западе. Территория ограничивается участком водопада Кинсука в Нгалиеме.

3) Терраса: совокупность невысоких холмов, возвышающихся над равниной на высоте от 10 до 25 м. Она является остатком поверхности, которая сохранилась только в западной части.

4) Холмистая местность: холмы начинаются в нескольких километрах от бассейна Малебо. Если на Востоке некоторые из них можно считать типичными холмами плато Батеке, то на Западе и Юге нет достоверных гипотез их происхождения. Они простираются на очень большую глубину и достигают высшей точки на высоте более 700 м. Они округлены до мягких форм, сформированы местными реками, которые прорезают многочисленные выступы долин округлой формы.

В этой зоне распространены такие явления, как интенсивный поверхностный сток или преобразование берегов в результате регрессивной эрозии, усиливающиеся в результате антропогенной деятельности и к настоящему времени приобретающие катастрофический характер [1].

*Геологическое строение.* Геологические исследования, проведенные в районе Киншасы (Maximu, 1985), показали, что в геологическом строении принимают участие покровные отложения четвертичного возраста с преобладанием глинистых песков, принадлежащих к системе охровых песков Калахари, на песчаном заполнителе, принадлежащем к системе Инкисских песчаников (Роберт, 1946). Это белые пески, мягкие песчаники, уплотненные у основания, мощностью от 20 до 70 м на Западе и 300 м на востоке.

Эти ландшафты, которые характеризуют большую часть плато Батеке, в свою очередь, на берегах рек и в долинах рек покрыты гидроморфными ландшафтами, богатыми гумусом.

Плато Кванго, которое образует плато Батеке, увенчано поверхностью кремнистых пород, полиморфных песчаников, которые местами обнажаются, особенно на дне долин с круглыми склонами.

Геологические исследования, проведенные в районе Киншасы (Maximu, 1985), показали, что покровные земли четвертичного возраста

та с преобладанием глинистых Песков, принадлежащих к системе охровых Песков Калахари, на песчаном субстрате, принадлежащем к системе Инкисских песчаников (Роберт, 1946). Это белые пески, мягкие песчаники, уплотненные у основания, толщиной от 20 до 70 м на Западе и 300 м на востоке.

Эти ландшафты, которые характеризуют большую часть плато Батеке, в свою очередь, на берегах рек и в долинах рек покрыты гидроморфными ландшафтами, богатыми гумусом.

Плато Кванго, которое образует плато Батеке, увенчано поверхностью кремнистых пород, полиморфных песчаников, которые местами обнажаются, особенно на дне долин с крутыми склонами.

*Гидрогеологические условия и гидрография участка.* Город Киншаса пересекают многочисленные реки, которые текут с юга на север и впадают в реку Конго. С запада на Восток выделяются следующие гидрологические бассейны: Бойе; Лукунга и Бинза; Мампенца; Басоко Любуди Макелеле; часть водораздела реки Конго; Гомбе; Битшаку-Тшаку; Фуна Йоло; Н.-Джили; Матете; Тшангу Мангу; Тшунге; Конде Мпаса ; Бибва Мунку; Н.-селе. Водоразделы рек Н.-Джили и Н.-Селе являются самыми крупными. Отдельные берега и русла некоторых рек заасфальтированы или благоустроены: это касается Фуна, Йоло, Басоко, Гомбе и Битшаку-Тшаку. Кроме того, в муниципалитете Н-селе есть несколько озер, которые являются туристическими достопримечательностями. Речь идет о следующих озерах: Наинке, Инье, Масия, Нгалу, Бу, Монумбуру.

Гидрография плато Батеке в основном состоит из нескольких местных рек: священное озеро Нга-Инке, озеро Ли и озеро Май-Ндомбе, а также реки Конго, граничащей с исследуемым районом. Гидрогеологическими наблюдениями, проведенными в Междуречье Киншасы у подножия плато Батеке, установлены источники обширного водоносного горизонта мелового периода, которые были разведаны и успешно эксплуатируются. С этой целью исследованы:

а) поверхностный водоносный горизонт. Он гидравлически связан с временными болотами на поверхности плато ; эксплуатационные скважины имеют глубину около 10 м, и используются недолговременно. Вода в них низкого качества.

б) второй уровень водоносного горизонта находится на глубине от 70 до 80 м над полиморфными песчаниками и питает источники на дне долин. Его гидродинамические характеристики низкие (Ндомбе, 2009).

в) Нижний водоносный горизонт по отношению к глубоководному. Он расположен между мягкими песчаниками мелового периода

с вкраплениями аргилита. Это образование не выходит на поверхность в части плато Батеке. Он состоит из мелких зерен [2].

*Характеристика почв и грунтов.* Почва Киншасы относится к типу Ареноферрасоля, состоящего из мелкозернистых песков с содержанием глины обычно менее 20%. Они характеризуются низким содержанием органических веществ и низкой степенью насыщения абсорбирующего комплекса. Что касается подстилающих коренных грунтов, Пейн отмечает, что для него характерен докембрийский фундамент. Сюда входят тонко слоистые и часто фэдшпатовые красные песчаниковые породы. Он образует верхнюю часть Шистогрезовой системы и выходит на поверхность у порогов у подножия горы Нгалиема и к югу от реки Нджили. Эта порода устойчива к эрозионному воздействию.

Почвы Киншасы, как правило, бедные, с выраженной кислотностью, что является основной характеристикой тропических почв. Несмотря на то, что эти почвы бедны химическим составом, их регулярно поливают в течение восьми или девяти месяцев в году. В них присутствует определенный процент глины. В некоторых местах почва глинисто-песчаная. Именно в этих местах она дает лучшие урожаи в сельском хозяйстве. Обильные осадки вымывают его и приводят к полному гидролизу элементов почвы.

В пояснительной записке к геологической карте Киншасы (Егоров, 1955 г.) отмечается, что сланцево-известняковые породы и все более ранние образования, относящиеся к орогенезу, который в настоящее время называется Западно-конголезским, дают довольно стерильную желтую глинистую почву с плохой проницаемостью и прямо пропорциональна содержанию песка.

Сланцевые песчаники, известняковые глины дают глинистые пески желтого или светло-коричневого цвета, которые являются неплодородными и достаточно проницаемыми. Почвы здесь плохо проницаемы и бедны, за исключением аллювиальных и коллювиальных образований, где они плодородны.

На вершинах самых высоких холмов и на склонах глубоких долин водная эрозия разрушает сланцево-песчаный рельеф и древние массивы. Профиль постоянно омолаживается благодаря этому явлению, демонстрирующему небольшое плодородие и хорошую фильтрационную способность этих почв. Типы почв, встречающихся на этих участках, серовато-песчаные или местами глинисто-песчаные [3].

В настоящее время на этой почве можно увидеть пластиковый мусор, особенно на дне долин, из-за отсутствия надлежащей политики

обращения с отходами. В нижней части встречается так называемый песок Лемба.

*Современные проблемы, геологические опасности и риски, борьба с ними*

Наиболее опасным геологическим процессом на территории Киншасы является эрозия почв и грунтов, проявляющиеся в различных формах и аспектах. В Киншасе образование расщелин (оврагов) наиболее заметно на крутых склонах. Такие разрезы имеют различные формы и размеры, наиболее распространены линейные надрезы на склонах холмов и выступающие амфитеатры.

Но не все эти овраги имеют одинаковую морфологию. После стабилизации процесса овражной эрозии образовавшийся разрыв приобретает специфические характеристики в зависимости от окружающей среды, состава грунта и концентрации стока. Действительно, именно источник и интенсивность стока играют преобладающую роль в характерной морфологии оврагов [4].

Геоморфологически различают различные формы в зависимости от профиля, возраста оврага, а также в зависимости от эрозионной активности в овраге.

Столица Демократической Республики Конго сильно и серьезно пострадала от овражной эрозии: это примерно 600 оврагов, которые прорезают ее муниципалитеты, включая Селембао.

В Киншасе чрезмерный рост населения сопровождался высоким и насущным спросом на жилье, что привело к беспорядочному строительству, вырубке лесов, разрушению дорожной инфраструктуры, чрезмерной плотности населения и транспортным трудностям. Таким образом, на этой территории усугубляется проблема овражной эрозии.

*Временные решения для борьбы с эрозией и геологическими рисками.* Борьба с эрозией и ее последствиями требует защиты почв по всему водоразделу, в частности, воздействием на стоки и их регулированием. Действия, которые могут усилить это явление, должны быть сведены к минимуму, что требует регулирования в их отношении. Кроме того, должны предприниматься особые меры предосторожности для недопущения подвижек рельефа и береговой эрозия для снижения связанных с ними геологических рисков.

Наиболее эффективным способом борьбы с водной эрозией почвы является улучшение инфильтрации для ограничения стока. Для обрабатываемых почв фермеры могут применять различные методы культивирования, чтобы увеличить фильтрационную способность почвы и ограничить наземный сток. Например, обеспечение растительного покрова зимой позволяет избежать оголения почвы в течение не-

скольких месяцев, ограничивая ее подверженность воздействию ветра и дождя.

Для площадей, обработанных или покрытых непроницаемыми поверхностями (парковка, крыши и т. д.) также можно использовать методы, позволяющие фильтровать воду : способствовать использованию просачивающихся покрытий для автостоянок, устанавливать крыши с растительностью, предусматривать канавы или дренажи для просачивания дождевой воды, создание дождевых садов и т. д.

На участках с интенсивными водотоками можно применять восстанавливающие элементы ландшафта, такие как леса, живые изгороди, насыпи или заросшие травой полосы, которые расположены таким образом, чтобы перехватывать поверхностные потоки воды. Наличие здесь постоянной растительности замедляет скорость движения воды, что приводит к отложению частиц почвы. В городских районах во время работ по реконструкции или благоустройству может быть проведена замена водонепроницаемых покрытий на проницаемые.

Обеззараживание городов, выигрышный подход в городских районах, обеззараживание почв позволяет улучшить инфильтрацию дождевой воды и, следовательно, уменьшить количество дождевой воды, подлежащей отводу. Более низкий сток в дождливую погоду ограничивает эрозию почвы и водной среды.

Кроме того, искусственное повышение водопроницаемости грунтов снижает риск наводнений, способствует сохранению качества воды, природы в городе и снижает экстремальные температуры в периоды сильной жары.

В секторах, где эрозия является особенно проблематичной, определенных как «зона эрозии», власти могут принять решение о создании «программы действий по эрозии», которая регламентирует обязательные методы борьбы с эрозией в сельском хозяйстве.

Другим фактором геологического риска, характерного для г. Киншасы, является оползневая опасность, которая приводит иногда к стихийным бедствиям. Жители, затронутые этим риском, должны быть проинформированы двумя документами: одним на уровне департамента - ведомственным досье основных рисков (DDRM), другим на общинном уровне, когда затрагивается территория муниципалитета, - информационным документом коммуны, основные риски (DICRIM).

Для территорий, наиболее подверженных геологическим рискам, на уровне департаментов должен разрабатываться план предотвращения предсказуемых стихийных бедствий (NPRP), который устанавливает правила городского планирования для снижения подверженности населения риску. В нем, например, указываются рай-

оны, в которых строительство запрещено, правила, налагаемые на новое строительство, или меры по адаптации существующих конструкций. Так, например, местный план городского планирования направлен на предотвращение нового строительства в районах, затронутых оползнями.

Иногда меры по снижению уязвимости могут помочь снизить риск. Это, например, случай установки защитных сеток на скалах для перехвата падающих блоков. Однако эти решения ограничены и не позволяют защитить население от событий высокой интенсивности. В районах с наибольшим риском единственным решением может быть перемещение имущества: необходимо покинуть этот район.

Береговая эрозия так же может быть предметом специальных PPRN, как и оползневые движения грунта. Особенность береговой эрозии заключается в том, что она затрагивает район с особенно высокой плотностью населения и усугубляется изменением климата (в частности, повышением уровня моря). Чтобы лучше учесть этот конкретный случай, Франция приняла Национальную стратегию комплексного управления береговой линией. Эта стратегия направлена на повышение осведомленности о береговой черте и ее удалении, более эффективную интеграцию ее в планирование береговой линии, поощрение адаптации территорий и поиск средств для ее финансирования, а также на повышение осведомленности всего населения о важности управления береговой чертой побережья.

Явление эрозии изменяет форму и гидрологию окружающей среды, а иногда и вызывает смещение рельефа. Последствия могут быть тяжелыми для биоразнообразия, а также для безопасности всех людей, находящихся в непосредственной близости от окружающей среды. Эрозия также приводит к ухудшению качества воды, вызванному взвешенными веществами.

Решение современных проблем г. Киншасы, связанных с вероятностью активизации опасных геологических процессов, возможно только на основе комплексного изучения инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических, климатических, техногенных условий и использования передового опыта в борьбе с оползневыми, эрозионными процессами, подтоплением и затоплением территорий [5, 6].

***Библиографический список:***

1. S. Shomba Kinyamba, F. Mukoka Nsenda, D. Olela Nonga, T.M. Kaminar, W. Mbalanda *Monographie de la ville de Kinshasa. – ICREDES. Kinshasa – Montr éal - Washington, 2015. – 105 pp.*

2. Megevand, Carole. *Dynamiques de déforestation dans le bassin du Congo: Réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt*. Washington, DC: World Bank. doi: 10.1596/978-0-8213-9827-2.

3. Moukandi N'Kaya, G.D. *Etude hydrog éologique, hydrochimique in situ et mod élation hydrodynamique du syst ème aquif ère du bassin sédimentaire cotier de la région de Pointe-Noire*. Thèse de doctorat unique, Université Marien Ngouabi, Faculté des Sciences et Technique, Congo-Brazzaville. 2012.

4. Hydrogeochemical and microbiological characterization of ground water in the system of aquifers multi layer of pointe-noire in republic of Congo / U.G. Mbilou, M. Tchoumou, M.M. Ngouala, J. Balounguidi // *Larhyss Journal*. №28. 2016.

5. Гриневский А.В., Прокопов А.Ю. Природно-техногенные условия формирования подтопления межбалочных пространств города Ростова-на-Дону // *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2019. № 2. С. 26-37.

6. Прокопов А.Ю., Лебидко В.А. Выбор и обоснование методов берегоукрепления (на примере Р. Кубань в г. Краснодаре) // *Известия Ростовского государственного строительного университета*. 2015. № 20. С. 41-48.



УДК 624.154

## НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ОДИНОЧНЫХ ВЕРТИКАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ ШПУНТОВЫХ СВАЙ

**Прокопов А. Ю., Еганян Г.В., Кузнецов В.О.**

*Донской государственный технический университет, г.Ростов-на-Дону, Россия*

*Расчеты осевой несущей способности шпунтовых свай ещё не в полной мере изучены и как следствие сопряжены с риском ошибок. В данной работе проанализированы результаты зарубежных исследований вертикально нагруженных шпунтовых свай и существующая отечественная нормативная методика расчёта. Авторами сделан вывод о необходимости дальнейших экспериментально-теоретических исследований шпунтовых свай, работающих на вертикальную нагрузку.*

*Ключевые слова: несущая способность, шпунт, грунтовая пробка*

Шпунтовые сваи традиционно использовались в качестве подпорного сооружения при глубоких земляных работах. Так для бокового направления действующих сил разработан широкий набор методов расчета. Однако расчеты несущей способности вертикально нагруженных шпунтов обычно рассматривалось только тогда, когда в предполагаемую подпорную конструкцию, усиленной наклонными грунтовыми анкерами, передается существенная вертикальная состоявляющая уси-

лия. Об успешном использовании шпунтовых свай в качестве основных элементов, несущих осевую нагрузку, сообщалось как в Европе, так и в Соединенных Штатах. Множество примеров можно найти в публикациях [1-2, 5]. Согласно отечественной [3] и зарубежной нормативной документации [4] расчет таких свай в целом должен подтверждаться на основании нагрузочных испытаний. Такое испытание непосредственно подтверждает несущую способность и в то же время дает информацию о возможных осадках основания. Результаты данного испытания также можно использовать в качестве эталонно для разработки новых методов прогнозирования несущей способности.

Существует относительно немного испытаний на осевую вертикальную несущую способность шпунтовых свай по сравнению другими типами. Однако в последнее время были проведены такие хорошо задокументированные испытания, что позволяют с достаточной степенью понять механизм взаимодействия грунт-конструкция.

В исследовании J. Rybak [5] проведены полномасштабные полевые испытания шпунтовых свай под нагрузкой в рамках проекта строительства моста на скоростном шоссе S8 в Варшаве. Основная цель испытаний на осевую нагрузку состояла в том, чтобы продемонстрировать несущую способность шпунтовой стены из двойного ряда свай, выполняющую роль устоя моста. Использование шпунтовых свай было сочтено привлекательным из-за предполагаемой достаточности несущей способности такого решения и экономии времени, в связи с загруженностью городских условий этого проекта.

Испытание на осевую нагрузку было выполнено на паре шпунтовых свай марки AZ37-700 и длиной 15.00 м, забитых в свободное пространство между двумя параллельными стенами. Предполагается, что в данном месте будут имитироваться те же грунтовые условия, что и у основных опорных свай. Авторы кратко отмечают, что грунт основания состоял из среднеплотного крупного, среднего и мелкого песка до глубины 17 м. Максимальная нагрузка, полученная в ходе полевых испытаний (предельная грузоподъемность), составила 2000 кН. Результат испытаний, график зависимости смещения головы сваи от приложенной нагрузки, представлен на рисунке 1.

Расчетным методом несущая способность шпунтовой сваи определена на основе данных, полученных в ходе статического зондирования. Площадь поперечного сечения сваи принята с учетом образования грунтовой пробки (см. Рисунок 2). Следует отметить, что закупоривание конца свай упоминается как важный конструктивный нюанс, который трудно предсказать и измерить. По результатам расчетов предельная нагрузка составила 2101 кН. [5]



Так авторы данного исследования сообщают, что для образование грунтовой пробки на острие шпунтовой сваи Z-образного сечения необходимо их погружать попарно. При этом отмечается, что у шпунтов корытообразного сечения, проблем с образованием грунтовой пробки нет. [5]

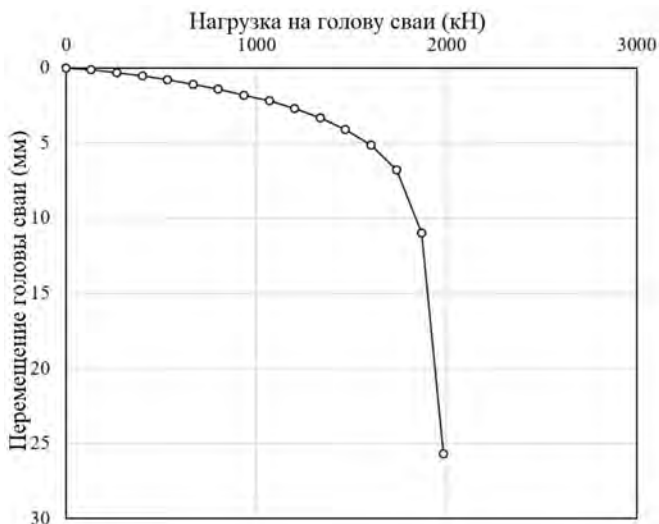


Рис. 1. Экспериментальная кривая вертикального давления и осадки (адаптировано из J. Rybak [5])

Площадь сваи  $A=0,364 \text{ м}^2$   
 Периметр сваи  $P=4,51 \text{ м}$

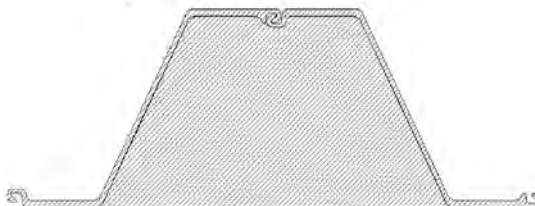
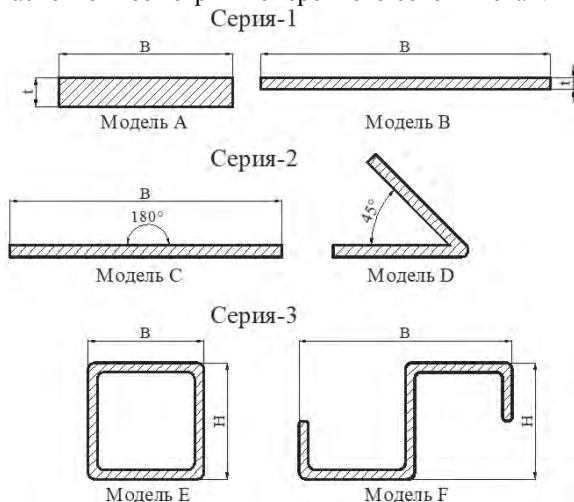


Рис. 2. Геометрические параметры сваи 2×AZ37 принятые в расчёте (адаптировано из J. Rybak [5])

Изучая закономерность влияния поперечного сечения сваи на образование грунтовой пробки следует обратиться к работе Таенака

[6], в которой исследовали забивку шпунтовых свай с помощью серии модельных испытаний. В общей сложности было испытано шесть различных моделей свай, чтобы проследить влияние различных форм поперечного сечения на характер разрушения грунта на нижнем торце сваи. Изображения различных моделей свай представлены на рисунке 3, а их геометрические характеристики сведены в таблице 1. Из рисунка видно, что каждая серия испытаний была разработана для проверки различных аспектов геометрии поперечного сечения сваи.



**Рис. 3. Формы поперечного сечения модельных свай (адаптировано из Таепака [6])**

Авторы использовали ящик, заполненный испытательным песком. Чтобы лучше имитировать условия, испытываемые глубокими фундаментами, создавалось статическое давление на поверхности грунта в 2,88 и 6,03 МПа. Затем была установлена модель сваи. Вертикальная нагрузка была приложена к оголовку модели сваи. На различных уровнях смещения модели от воздействия нагрузки была выполнена компьютерная томография. Сканирование было выполнено для наблюдения за характером разрушения в нижней части сваи и для регистрации развития закупоривания грунтом для моделей свай различной геометрии.

Результаты сканирования показали, что в целом формы с квадратным поперечным сечением (модель А и модель Е) демонстрировали коническую зону повышенной плотности грунта вблизи вершины сваи. Модельные сваи прямоугольного сечения (т. е. модели В и С)

имели зону повышенной плотности грунта в виде треугольного клина, протянувшуюся по длине оголовка сваи, имела меньшее развитие по сравнению с другими типами свай. Испытания модели D и модели F показали, что введение складок в форму поперечного сечения сваи привело к увеличению площади повышенной плотности грунта вблизи кончика сваи. Авторы связали зоны высокой плотности с участками, где происходит образование грунтовой пробки. Обобщенный рисунок 4, помогает проиллюстрировать этот механизм для трубы и шпунта.

**Таблица 1**

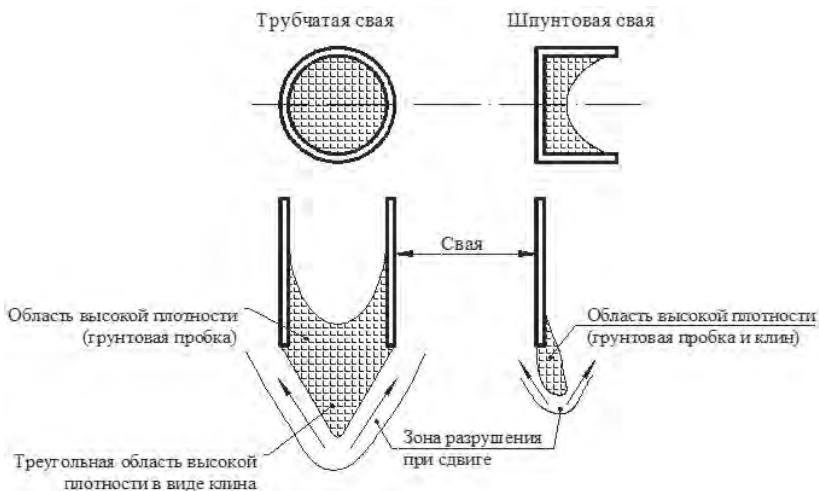
Геометрические характеристики модельных свай

	Серия-1		Серия-2		Серия-1	
	Модель					
	A	B	C	D	E	F
Толщина пластины (мм)	10	3	3	3	1	1
Ширина пластины (мм)	10	33	47	47		
Ширина модели (мм)					10	19
Высота модели (мм)					10	10
Площадь сечения (мм <sup>2</sup> )	100	99	141	141	36	36
Периметр (мм)	40	72	100	100	40*	74
Угол сгиба (градусы)			180	45		
Глубина посадки (мм)	135	135	135	135	100	100

Результаты этого исследования показывают, что углы, введенные в поперечное сечение сваи, способствуют закупорке, хотя образование пробки является лишь частичным. Из-за гофрированной формы шпунтовых свай многочисленные углы поперечного сечения, вероятно, способствуют образованию частичной пробки в виде уплотненного клина грунта вблизи носка. Для чистого песка, рассмотренного в этом исследовании, эта область уплотненного грунта имела место только на конце и не распространялась вдоль ствола сваи.

В отечественной практике опыт применения шпунтовых свай, работающих на большую вертикальную нагрузку не велик. Поскольку подобное применение шпунтовых свай появилось относительно недавно, специальной процедуры расчета в настоящее время в отечественных нормативных документах не существует. Существующие методики расчета рассматривают металлический шпунт как подпорную

конструкцию, работающую преимущественно на горизонтальные нагрузки. Тем не менее упоминание требования проверки по несущей способности ограждающей конструкции котлована на воздействие вертикальной составляющей усилия грунтового анкера есть в п. 11.3.12 СП 248.1325800.2016 «Сооружения подпорные». Там же сказано, что несущая способность по грунту должна быть проверена в соответствии с требованиями СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты». Однако в приведенный там расчетный метод определения несущей способности достаточно консервативен. Так для стальных трубчатых свай, погружаемых с открытым нижним концом, несущая способность определяется по результатам статических испытаний. При этом назначение нагрузки для проведения исследований проводят расчётом с учётом грунтовой пробки и без, выбирая наименьшее значение. Для свай корытного сечения, например шпунт Ларсена, вовсе нет указаний по учёту возможного образования грунтовой пробки.



**Рис. 4. Схема образования грунтовой пробки**

Для большего понимания образования грунтовой пробки в открытом сечении корытного типа следует провести дополнительные исследования в различных грунтах.

Представленные в данной статье исследования доказывают возможность образование грунтовой пробки на нижнем конце шпунтовых сваях. Однако данное явление достаточно трудно предсказать и измерить. Тем не менее разработка новых расчетных моделей, позволяю-

щие достоверно учитывать фактор этого явления, позволит с большей точностью предстакзывать несущую способность таких свай. Что в свою очередь позволит внедрить в отечественную практику шпунтовые сваи в качестве несущих элементов, обеспечивающих создание эффективных фундаментов с экономией средств, времени и места при строительстве.

**Библиографический список:**

1. Kossakowski P. G. *Recent advances in bridge engineering—application of steel sheet piles as durable structural elements in integral bridges // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* – IOP Publishing, 2019. – Т. 507. – №. 1. – С. 012003.
2. Evans R. R. *Modified sheet pile abutments for low volume road bridges.* – Iowa State University, 2010.
3. СП 24.13330.2011. *Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Министерство Регионального Развития Российской Федерации* – Москва, 2011.
4. Orr T. L. L., Farrell E. R. *Geotechnical design to Eurocode 7.* – Springer Science & Business Media, 2012.
5. Rybak J., Zyrek T. *Experimental validation of sheet pile and combined pile axial capacity computation // 11th Slovak Geotechnical Conference: Water Effects on Geotechnical Constructions.* – 2013. – С. 3-4.
6. Taenaka et al. *Vertical bearing capacity of steel sheet piles // Proc., 6th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics-Physical Modelling in Geotechnics-6th ICPMG.* 2006. pp. 1-6
7. СП 248.1325800.2016. *Сооружения подземные. Правила проектирования.* – М.: Минстрой России, 2016.



УДК 622.23.05:622.7

## **АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ЭЛЕМЕНТА МАШИНЫ ГЛУБОКОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ МТП-42**

**Фомин К.В., Крылов К.С., Морозихин Н.Н.**

*Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия*

*Статья посвящена анализу напряженно-деформированного состояния режущего элемента машины глубокого фрезерования МТП-42 с целью оценки его прочности. Представленный материал может быть полезен при проектировании новых и модернизации существующих торфяных фрезерующих агрегатов с целью повышения их надежности.*

*Ключевые слова: машина глубокого фрезерования, режущий элемент, напряженно-деформированное состояние, прочность*

Использование машин глубокого фрезерования в торфяной промышленности при подготовке залежи к добыче и ремонте технологических полей позволяет уменьшить число используемого технологического оборудования, сократить число операций, снизить стоимость и повысить качество выполняемых работ [1, 2].

Для этих целей используют машины МТП-42 (МПП-1,7), МТП-42А, МТП-44, МП-20. Их конструкция аналогична. Они состоят из рамы, фрезы, трансмиссии, отбойной плиты, предназначенной для ограничения глубины фрезерования и удержания слабо закрепленных древесных включений в процессе их переработки, опорных катков и гидравлической системы подъема рабочего органа [1, 2].

Во время выполнения технологической операции на режущие элементы машин глубокого фрезерования действуют значительные, резко переменные, случайные силы [3, 4, 5], которые могут вызвать как внезапные поломки ножа, связанные с превышением допускаемой нагрузки, так и постепенные отказы из-за накопления усталостных повреждений и износа.

Состояние режущих элементов влияет на характеристики процесса фрезерования [2, 3]. Износ режущих кромок, деформация или разрушение ножей увеличивают динамические нагрузки на рабочем органе, повышают затраты мощности, снижают качество выполнения технологической операции, уменьшают производительность агрегата.

Поэтому оценка прочности режущих элементов машин глубокого фрезерования на стадии проектирования и разработка мер по повышению их надежности актуальны.

Статья посвящена анализу напряженно-деформированного состояния режущего элемента машины глубокого фрезерования МТП-42 (МПП-1,7) с целью оценки его прочности с использованием прикладной библиотекой АРМ FEM системы КОМПАС 3D [6].

При оценке прочности ножа, связанной с возможностью его внезапной поломки, вызванной превышением допускаемого предела прочности или пластичности необходимо рассматривать расчетный случай возникновения максимально возможной силы сопротивления на ноже. Он соответствует процессу взаимодействия с древесным включением, так как прочностные свойства древесины два порядка выше, чем торфа [2]. При этом, необходимо учитывать силу резания на ноже, возникающую при максимальной величине толщины стружки и при полном использовании ширины ножа.

Таким образом, на основании методик, изложенных в [2], для максимальных значений касательной  $P_t$  и радиальной  $P_n$  сил, возникающих при резании древесины можно записать:

$$P_t = bc \zeta k_d + \frac{g_d V_p^2 \delta}{2 \times 10^3 \psi} \sin j_1;$$

$$P_n = \gamma P_t,$$

где  $b$  – ширина ножа;  $c$  – подача на один режущий элемент [2]:  $c = 2pW/(zW_F)$ , где  $W$  – поступательная скорость агрегата;  $z$  – число ножей в плоскости резания;  $W_F$  – угловая скорость фрезы;  $g_d$  – плотность древесины;  $V_p$  – скорость резания, м/с [2];  $j_1$  – угол, соответствующий максимальному значению толщины стружки;  $\psi$  – коэффициент пропорциональности между касательной и радиальной силами [2].

Коэффициент сопротивления резанию древесины  $k_d$  [2], кПа:

$$k_d = \hat{\epsilon} a_r a_o \zeta^7 8 - 0,9 V_p + \frac{60 \delta \dot{u}}{d_c \dot{u}} 10^2,$$

где  $a_r$  – коэффициент, учитывающий затупление режущего элемента [7];  $a_o$  – коэффициент, зависящий от породы древесины [2];  $d_c$  – средняя толщина стружки, мм:  $d_c \gg c H_F / (R_F j_k)$ , где  $H_F$  – глубина фрезерования;  $R_F$  – радиус фрезы.

Угол контакта ножа с залежью  $j_k$ , рад [2] равен:

$$j_k = \zeta \arccos \frac{R_F - H_F}{R_F} + \arcsin \frac{c}{2R_F} \frac{\delta}{\psi},$$

а угол, соответствующий максимальному значению толщины стружки  $j_1$  [2]:

$$j_1 = \arccos \frac{R_F - H_F}{R_F}.$$

Силы резания прикладываются к передней поверхности режущего элемента на площади ограниченной глубиной резания (соответствующей максимальной толщине стружки) и шириной рабочего органа.

Расчет параметров напряженно-деформированного состояния режущих элементов машины глубокого МТП-42 (конструктивные параметры рабочего органа представлены в табл. 1) проводился при режимах работы, показанных в табл. 2.

В результате расчета получены кинематические характеристики фрезерования древесного включения, которые представлены в табл. 3.

В таблице 4 представлены рассчитанные силовые факторы, действующие на элементы конструкции режущего элемента при разных радиусах закругления режущей кромки при фрезеровании древесного включения. Первый пункт таблицы соответствует не изношенному ножу в начале эксплуатации.

**Таблица 1.**  
Конструктивные параметры фрезы МТП-42 (МПГ-1,7)

Диаметр фрезы, м	Число ножей в плоскости резания	Диаметр ножа, м
0,800	4	0,078

**Таблица 2.**

Режимы работы МТП-42 (МПГ-1,7)

Глубина фрезерования, м	Скорость передвижения, м/с	Угловая скорость фрезы, с <sup>-1</sup>	Скорость резания, м/с
0,4	0,089	32,5	13

**Таблица 3.**

Кинематические характеристики процесса фрезерования

Подача, м	Угол контакта, рад	Средняя толщина стружки, м	Максимальная толщина стружки, м
0,00429	1,57	0,0027	0,0042

В процессе работы радиус закругления режущей кромки ножа машины МТП-42 может увеличиться до 100 – 400 мкм в результате износа [2]. В этом случае силы резания значительно увеличиваются (табл. 4, пункт 2).

**Таблица 4.**

Силовые факторы на режущем элементе при фрезеровании древесного включения

	Радиус закругления режущей кромки, мкм	Касательная сила $P_t$ , Н	Радиальная сила $P_n$ , Н	Ускорение в поле центробежных сил, м/с <sup>2</sup>
1	10	2217	1330	422,5
2	400	14239	5695	422,5

Задание свойств материалов производится средствами КОМПАС-3D с помощью библиотеки «Материалы и Сортамент». Они представлены в таблице 5.



Анализа напряженно-деформированного состояния режущего элемента МТП-42 с помощью АРМ FEM состоит из нескольких этапов. На первом создается 3D модель ножа. Далее прикладываются все типы силовых воздействий и накладываются ограничения на перемещения. Генерируется конечно-элементная сетка (рис.1).

Таблица 5.

Свойства материалов

Показатели	Державка – сталь 3	Нож – сталь 45
Предел текучести МПа	235	355
Предел прочности при сжатии, МПа	410	600
Предел выносливости при растяжении, МПа	209	245
Предел выносливости при кручении, МПа	139	157
Модуль упругости нормальный, МПа	$2,1 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^5$
Коэффициент Пуассона	0,3	0,3
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	7800	7850

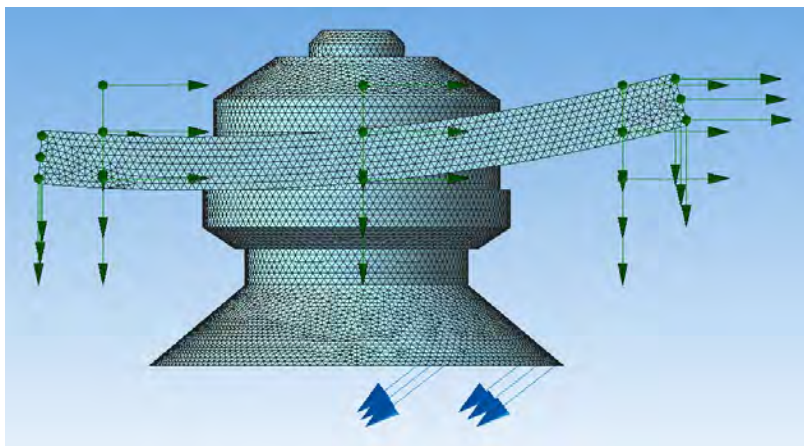
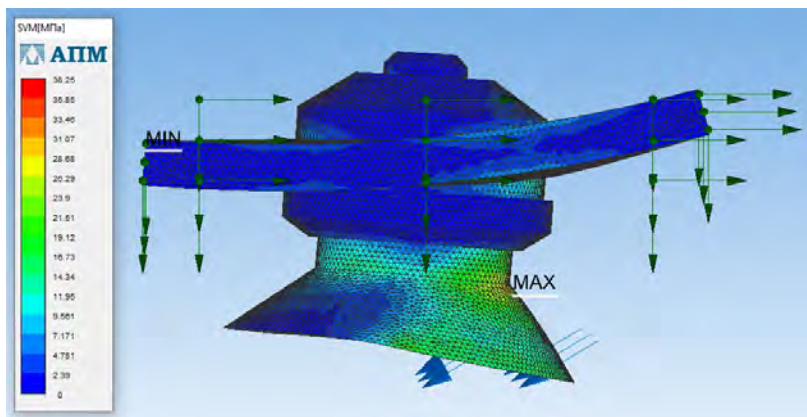


Рис. 1. Конечно-элементная модель режущего элемента МТП-42

В результате расчета были определены поля эквивалентных напряжений при действии сил, представленных в табл. 4. На рис. 2 пока-

зан пример расчета распределения эквивалентных напряжений (теория прочности Мизеса) для ножа в начале эксплуатации.



**Рис. 2.** Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу при радиусе закругления режущей кромки 10

При нагрузках, представленных в табл. 4, пункт 1 максимальное напряжение составляет 38,25 мПа, что в 9,2 раза меньше предела текучести и в 15,7 меньше предела прочности стали 45. Анализ напряженно-деформированного состояния показывает, что при данной схеме нагружения и при острой, не изношенной режущей кромки элементы конструкции режущего элемента удовлетворяют условиям прочности.

В случае износа режущей кромки до радиуса закругления 400 мкм максимальное эквивалентное напряжение составляет 204,9 мПа, а коэффициенты запаса по пределу текучести равны 1,73 и 2,92 по пределу прочности. Такой режим нагружения так же не приведет к пластическому деформированию резца. Но следует учитывать, что коэффициент запаса по пределу пластичности находится на грани допустимых требований в отношении нормативных показателей, принимаемым на стадии проектирования для торфяных машин.

#### Закключение

В статье рассмотрена методика анализа напряженно-деформированного состояния режущих элементов торфяного фрезерующего агрегатов МТП-42 (МПП-1,7) с целью оценки их статической прочности на стадии проектирования. При этом использована система

автоматизированного проектирования КОМПАС-3D и специализированный расчетный модуль АРМ FEM.

Представленный материал может быть полезен при проектировании новых и модернизации существующих торфяных фрезерующих агрегатов с целью повышения их надежности.

#### **Библиографический список**

1. Сергеев Ф. Г. Подготовка торфяных месторождений к эксплуатации и ремонт производственных площадей. – М.: Недра, 1985. – 256 с.
2. Самсонов Л.Н. Фрезерование торфяной залежи. – М.: Недра, 1985. – 211 с.
3. Самсонов Л.Н. Элементы статистической динамики торфяных фрезерующих агрегатов/Л.Н. Самсонов, К.В. Фомин –Тверь: Тверской государственный технический университет, 2005. – 168 с.
4. Самсонов Л.Н. Определение вероятностных характеристик момента нагружения на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата/Л.Н. Самсонов, К.В. Фомин//Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2003. №3. –С. 106-112.
5. Фомин К.В. Методика оценки спектральной плотности момента сопротивления на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата //Записки Горного института. – 2020. –Т. 241. –С. 58-67. DOI: 10.31897/PMI.2020.1.58
6. Ганин Н.Б. Проектирование и прочностной расчет в системе КОМПАС-3D V13. -М.: ДМК Пресс. 2011. -320 с.
7. Шелгунов Ю.В. Машины и оборудование лесозаготовок, лесосплава и лесного хозяйства/ Ю. В. Шелгунов, Г.М. Кутуков, Г.П. Ильин -М.: Лесн. Пром-сть, 1982. -520 с.



УДК 622.23.05:622.7

## **ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ**

**Фомин К.В., Морозихин Н.Н.**

*Тверской государственный технический университет*

*В статье представлена динамическая модель экспериментальной установки для изучения нагрузок на рабочем органе. Она учитывает динамические свойства двигателя и системы привода фрезы. Учет динамических свойств установки для изучения процессов фрезерования торфяной залежи позволит повысить точность определения сил и моментов, действующих на рабочем органе.*

*Ключевые слова: фреза, динамические нагрузки, экспериментальная установка, динамическая модель*

В торфяной промышленности при выполнении различных технологических операций широко используются машины с рабочими органами фрезерного типа [1]. Они обладают высокой производительностью при выполнении работ и обеспечивают необходимое качество получаемой продукции.

Эффективность проектирования торфяных фрезерующих агрегатов, обеспечение технико-экономических показателей и надежности зависят от точности исходной информации используемой при расчете машины относительно силовых факторов, возникающих в процессе эксплуатации.

Для анализа характера и величин нагрузок на фрезах используют различные методы: аналитические, основанные на моделях взаимодействия режущих элементов с торфяной залежью; численные, с применением методов конечных элементов; экспериментальные полевые, проводимые на опытных и натуральных образцах в условиях эксплуатации; экспериментальные стендовые испытания на уменьшенных моделях рабочих органов.

В Тверском государственном техническом университете, уже много лет, для изучения процессов фрезерования торфа и определения основных энергетических и силовых характеристик рабочих органов различной конструкции применяется лабораторная фрезерная установка (рис. 1), использующая тензометрическое оборудование и современные средства компьютерного анализа опытных данных [2, 3].

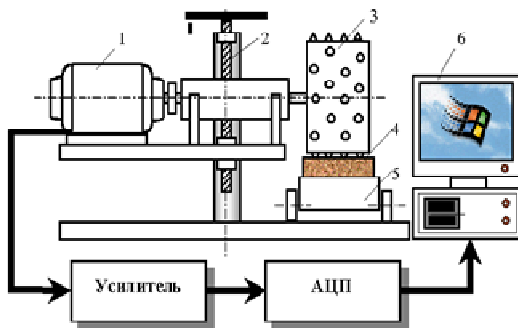
Она содержит [3, 4] платформу, на которой установлен электродвигатель постоянного тока 1, который приводит во вращение фрезу 3. Изменение глубины фрезерования осуществляется за счет перемещения платформы по колонне с использованием винтового механизма 2.

Тележка 5 с монолитом торфа 4, приводимая в движение с помощью лебедки, перемещается по рельсам, расположенным рядом с колонной [3].

Установка оснащена устройствами, обеспечивающими изменение в широком диапазоне режимов фрезерования [3]: две коробки передач обеспечивают 8 скоростей перемещения тележки от 0,111 до 0,571 м/с; частота вращения фрезы может составлять 500-2500 об/мин [3].

Для измерения момента на фрезе используется S-образный тензодатчик PST Loadcell [3, 4]. Съем сигнала и его обработка осуществляется с помощью тензостанции ZET 017-T8, которая соединена с персональным компьютером 6, для вывода данных, полученных в результате эксперимента на экран монитора и их анализа.

Один конец S-образного тензодатчика PST, закреплен на платформе, а другой шарнирно связан с помощью рычага со статором двигателя, установленного на подшипниках [3, 4]. Таким образом, на компьютер подается сигнал, пропорциональный реактивному моменту, который в свою очередь равен моменту сил фрезерования на рабочем органе [3].



**Рис.1. Лабораторная фрезерная установка**

Лабораторная фрезерная установка нашла широкое применение для оценки энергетических характеристик процесса фрезерования торфяной залежи, определения удельного расхода энергии и средних сил резания для рабочих органов разнообразных типов при различных режимах [1-3].

Особенностью торфяных фрезерующих агрегатов является резко переменный, случайный, динамический характер нагрузок большой интенсивности в элементах конструкции при выполнении технологической операции [5, 6]. Основным их источником служат моменты и силы на рабочем органе.

В связи с этим возникает необходимость исследования нагрузок на фрезах торфяных машин с учетом динамического характера их формирования. Периодичность взаимодействия ножей с торфом, случайный характер режимов и условий работы фрезы формируют нагрузки в виде последовательностей импульсов со случайными параметрами [5] малой длительности (0,005 – 0,05 с).

Для анализа процессов, обладающих такими свойствами при проведении экспериментов с целью определения параметров нагрузок необходимо учитывать динамические свойства самой лабораторной фрезерной установки.

Динамическая модель привода фрезы, в общем виде, должна учитывать модели двигателя, системы привода и элементов конструкции на которой смонтирована установка. При этом следует учитывать, что электромагнитное поле электродвигателя формирует связь между статором и ротором, которая обладает свойствами упругости и демпфирования [7]. Значения соответствующих сил считают пропорциональными угловому смещению ротора и его относительной скорости [7].

Модель должна учитываться возможность получения необходимой информации и ее анализа. Составление ее основывается на определении основных факторов, обосновании возможности упрощения реального процесса за счет исключения второстепенных факторов, влиянием которых можно пренебречь.

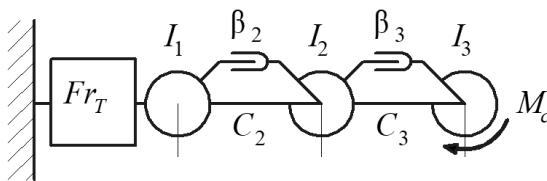


Рис.2. Расчетная динамическая схема

Математическая модель системы разрабатывается на основе ее расчётной схемы. Она должна правильно отражать динамические свойства привода.

Учитывая опыт, накопленный в различных отраслях промышленности при разработке аналогичных моделей [7], расчетная схема установки может рассматриваться как дискретная многомассовая система. Она обладает упругими, инерционными и диссипативными свойствами (рис.2). Структура ее определяется кинематической схемой привода. В результате такой схематизации при исследовании момента сопротивления на фрезе ограничиваются анализом крутильных колебаний системы.

На основании предложенной расчетной схемы и используя известные подходы [5, 7], запишем систему дифференциальных уравнений, описывающих динамические процессы в приводе лабораторной фрезерной установки:

$$\begin{aligned} \ddot{j}_1 I_1 + Fr_T + C_2(j_1 - j_2) + b_2(j_1 - j_2) &= 0; \\ \ddot{j}_2 I_2 - C_2(j_1 - j_2) - b_2(j_1 - j_2) + C_3(j_2 - j_3) + b_3(j_2 - j_3) &= 0; \\ \ddot{j}_3 I_3 - C_3(j_2 - j_3) - b_3(j_2 - j_3) &= M_c(t), \end{aligned}$$

где  $I_1$  – приведенный момент инерции статора двигателя;  $I_2$  – приведенный момент инерции ротора двигателя;  $I_3$  – приведенный момент инерции фрезы;  $F$  – приведенная сила на тензозвене;  $r_T$  – радиус действия силы  $F$  относительно оси вращения двигателя;  $j_1, j_2, j_3$  – приведенные углы закрутки сосредоточенных масс;  $C_2$  – приведенная жесткость электромагнитной связи двигателя [7];  $C_3$  – приведенная жесткость вала фрезы;  $b_2$  – коэффициент демпфирования электромагнитной связи двигателя [7],  $b_3$  – коэффициент неупругого сопротивления вала фрезы;  $M_c$  – момент на фрезе.

При определении параметров модели могут быть использованы как аналитические методы, так и экспериментальные, использующие подходы, основанные на идентификации параметров динамических систем.

Из системы уравнения можно видеть, что при определенных условиях динамические свойства экспериментальной установки могут внести существенные искажения в значения измеряемого момента сопротивления.

Учет динамических свойств экспериментальной установки для изучения процессов фрезерования торфяной залежи позволит повысить точность определения сил и моментов, действующих на рабочем органе.

#### **Библиографический список**

1. Самсонов Л.Н. Фрезерование торфяной залежи. - М.: Недра, 1985. - 211 с.
2. Яблонев А.Л. Применение средств современного цифрового тензометрирования при исследовании нагруженности элементов торфяных машин/А.Л. Яблонев, Ю.В. Крутов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2016. № 8. - С. 100-205
3. Яблонев А. Л. Цифровое тензометрирование при лабораторном исследовании процесса фрезерования торфяной залежи // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2018. № 1. - С. 182-189. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-1-0-182-189
4. Яблонев А.Л. Лабораторное оборудование для исследования характеристик фрезерования торфяной залежи/ А.Л. Яблонев, А.Ю. Скориков, А.М. Белоусов // Материалы 12-й международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики», Тула, 2-3 ноября 2016 г. Т. 1. - Тула: ТулГУ, 2016. - С. 187-195.

5. Самсонов Л.Н. Элементы статистической динамики торфяных фрезерирующих агрегатов/ Л.Н. Самсонов, К.В. Фомин -Тверь: Тверской государственный технический университет, 2005. - 168 с.

6. Фомин К.В. Методика оценки спектральной плотности момента сопротивления на рабочем органе торфяного фрезерирующего агрегата //Записки Горного института.– 2020. Т. 241. - С. 58-67. DOI: 10.31897/PMI.2020.1.58

7. Ванин В.А. Расчёт и исследование динамических характеристик приводов металлорежущих станков./В.А. Ванин, А.Н. Колодин, В.Г. Однолько. - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 120 с.



УДК 624.154.1

## **АНАЛИЗ ПРИЧИН ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ НА ГИДРОАКТИВИЗИРОВАННЫХ ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

**Должиков П.Н., Талалаева В.М.**

*Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

**Легостаев С.О.,**

*Шахтинский колледж дизайна и сервиса, г. Шахты, Россия*

*Выполнен анализ возможных причин деформирования зданий при подтоплении подработанных территорий, определены основные негативные последствия гидроактивизации породной толщи. Приведены данные о деформировании поверхности для характерных объектов и результаты изыскательских работ.*

*Ключевые слова: здание, подработка, горные породы, проходимость, гидроактивизация, деформации, авария.*

Закрытие шахт Восточного Донбасса выполнено методом «мокрой» консервации. Резкий подъем подземных вод оказал комплексное негативное влияние на систему «здание – грунтовый массив – урбанизированная среда», привел к изменению физико-механических свойств грунтов оснований, характеристик строительных конструкций подземной части зданий, к нарушению эксплуатационной пригодности помещений подвалов и цокольных этажей. Общим следствием подтопления городских территорий явилась деформация зданий, сооружений, инженерных коммуникаций, развитие аварийных ситуаций [1].

Гидроактивизация подработанных территорий позволила выявить основные неблагоприятные процессы, связанные с ней, и оказывающих негативное влияние на эксплуатационную пригодность зданий и сооружений, возникновение аварий. Опасность заключается в изме-



нении физико-механических свойств и характеристик грунтов оснований. Модуль деформации грунта при изменении его влажности от естественной до полной обводненности может снизиться в 2-4 раза, что вызовет деформацию фундаментов, стен, других несущих конструкций зданий и сооружений.

Просадочные зоны при обводнении характеризуются необратимым изменением структуры. Так, результаты проведённых опытно-фильтрационных работ в газо-гидро-наблюдательных скважинах, пробуренных на полях разных ликвидируемых шахт Шахтинского угольного района, свидетельствуют о более чем десятикратном увеличении коэффициента фильтрации, а также снижении плотности скелета породы с 1,9 до 1,5 г/см<sup>3</sup>. Эти процессы обуславливают неравномерную осадку сооружений, образование в зданиях трещин и других деформаций, вплоть до разрушения зданий и сооружений [2].

Практически малоизученным является новый горно-геологический процесс, заключающийся в том, что резкое водонасыщение подработанного массива горных пород способствует накоплению потенциальной энергии и увеличению напряжений в массиве с одновременным снижением его устойчивости [1,2]. Данные процессы обуславливают повышенную вероятность разрушения зданий и сооружений, прочих объектов инфраструктуры при горных ударах и колебаниях земной поверхности в 4 балла по шкале Рихтера и выше.

В качестве примеров в таблице 1 приведены значения деформаций земной поверхности для эксплуатируемых и проектируемых объектов строительства на подработанных территориях, расположенных в г. Шахты.

Как показывает опыт и практика ликвидации угольных шахт Восточного Донбасса, процесс активизации сдвижения массива горных пород и земной поверхности при затоплении горных выработок шахт наиболее характерен для малых глубин, поэтому с целью прогноза зон гидроактивизации и деформации пород возможно ограничиться значением глубин до 80 м. Наибольшее влияние подтопление оказывает на основания фундаментов сложенные просадочными, набухающими и засоленными грунтами, а также на оползнеопасные склоны, заркастованные участки и подрабатываемые территории [2].

Следовательно, все объекты капитального строительства на территориях закрытых шахт необходимо рассматривать комплексно:

- инженерно-геологические условия, тип территории;
- вид объекта и его чувствительность к деформациям при обводнении основания;
- наличие мер инженерной защиты объекта;

- техническое состояние и процент повреждений за счет гидроактивизации подработанных территорий;
- гидрогеологическая динамика и возможность разрушения объекта.

**Таблица 1**

Значения деформаций земной поверхности для эксплуатируемых и проектируемых объектов строительства

Наименование объекта	Поле шахты, участок	Максимальные вероятные величины деформаций земной поверхности					
		Оседание, $i_B$ , м	Наклон, $i_B$	Горизонтальные деформации, $\epsilon_B$	Радиус кривизны, $R_k$ , км	Горизонтальные сдвиги, $\delta$	Группа подработываемых территорий
<b>Эксплуатируемые</b>							
МБОУ средняя образовательная школа № 14, ул. Пограничная, 47В*	Шх. имени М.В. Фрунзе треста «Шахтантрацит», Шахтинский Глубокий	1,4	$\pm 2,92 \cdot 10^{-3}$	$\pm 2,92 \cdot 10^{-3}$	$\pm 25,6$	$\pm 0,6$	IV
МБОУ средняя образовательная школа № 23, ул. Волошина, 20**	Шх. имени Октябрьской революции ОАО «Ростовуголь», Октябрьский Южный	0,7	$\pm 2,5 \cdot 10^{-3}$	$\pm 1,5 \cdot 10^{-3}$	$\pm 16,0$	0,2	IV
Здание клуба в пос. Аютинский, ул. Базарная, 25**	Шх. «Аютинская» ОАО «Ростовуголь», Аютинский Глубокий	1,2	$\pm 3,0 \cdot 10^{-3}$	$\pm 1,8 \cdot 10^{-3}$	$\pm 8,6$	-	IV
Дворец культуры шх. «Глубокая» ОАО «Ростовуголь», пер. Дубинина, 8**	Шх. имени Артема ОАО «Ростовуголь», Мирный Глубокий	3,6	$\pm 7,2 \cdot 10^{-3}$	$\pm 5,2 \cdot 10^{-3}$	$\pm 10,9$	0,5	III
МБОУ средняя образовательная школа на 600 мест, пр-т. Шахтинский, 48**	Шх. имени Артема ОАО «Ростовуголь»	1,0	$\pm 2,5 \cdot 10^{-3}$	$\pm 1,5 \cdot 10^{-3}$	$\pm 16,0$	0,5	IV

Наименование объекта	Поле шахты, участок	Максимальные вероятные величины деформаций земной поверхности					
		Оседание, $i_B$ , м	Наклон, $i_B$	Горизонтальные деформации, $\epsilon_B$	Радиус кривизны, $R_B$ , км	Горизонтальные сдвиги, $\delta_B$	Группа подрабатываемых территорий
<b>Проектируемые</b>							
Здание начальной школы на 100 мест, ул. Дачная, 202А**	Шх. «Южная» ОАО «Ростовуголь»	-	$\pm 3,0-10-3$	$\pm 1,8-10-3$	$\pm 11,0$	-	IV
МБУЗ Городская больница скорой помощи им. В.И. Ленина, ул. Шевченко, 153**	Шх. «Южная» ОАО «Ростовуголь»	-	$\pm 3,8-10-3$	$\pm 2,4-10-3$	$\pm 16,3$	-	IV
Дошкольная образовательная организация на 220 мест, пер. Мечникова, 58**	Шх. имени Л.Б. Красина ОАО «Ростовуголь», резервная площадь шх. «Южная» ОАО «Ростовуголь»	1,2	$\pm 5,1-10-3$	$\pm 2,9-10-3$	$\pm 11,7$	0,6	IV

Примечание: \* - деформации земной поверхности с учетом активизации массива горных пород; \*\* - остаточные деформации земной поверхности

В качестве характерного объекта рассмотрим трехэтажное аварийное здание школы №14 в г. Шахты. После обследования здания, выявления характерных деформаций на участке были пробурены разведочные скважины. По результатам инженерно-геологических изысканий установлено, что в геологическом строении участка до глубины сжимаемой толщи грунтов 12 м принимают участие верхнечетвертичные делювиальные суглинки и глины, перекрытые с поверхности почвенно-растительным слоем и техногенным грунтом:

- tQIV, техногенный грунт – суглинок бурый, мощностью 0,3 - 1,4 м.
- eQIV, почвенно-растительный слой мощностью 0,3 -0,5 м.
- dQIII, суглинок желто-бурый, твердой консистенции, с прожилками карбонатов. Мощность слоя 6,9 -8,9 м.

• dQIII, глина желто-бурая, твердой консистенции, с прожилками карбонатов, вскрытая мощность слоя 2,2 - 4,2 м.

Ниже приводится краткая характеристика выделенных ИГЭ.

ИГЭ - 1 - суглинок желто-бурый, твердой консистенции, тяжелый, пылеватый, незасоленный. Природная влажность составляет 12,40-23,70%. Плотность при естественной влажности колеблется в пределах 1,64-1,87 г/см<sup>3</sup>. Модуль деформации при естественной влажности - 24 МПа, в условиях водонасыщения – 8 МПа, сцепление составляет 18 кПа, угол внутреннего трения – 19°. Суглинки по результатам компрессионных испытаний проявили просадочные свойства. Коэффициент фильтрации составляет 0,43 м/сут.

ИГЭ - 2 - глина желто-бурая, твердой консистенции, легкая, пылеватая, природная влажность составляет 15,2-22,6%. Плотность при естественной влажности колеблется в пределах 1,86-2,04 г/см<sup>3</sup>. Модуль деформации в условиях водонасыщения 18 МПа, сцепление составляет 34 кПа, угол внутреннего трения – 19°. Глины просадочными и набухающими свойствами не обладают.

Следовательно, грунтами основания фундамента являются просадочные суглинки ИГЭ-1 (таблица 2).

Таблица 2

Физико-механические свойства просадочных грунтов

Номер скв. или шурфа	Глубина отбора проб от поверхности земл. м.	Природ. влажность %	Плотность скелета а/гсм <sup>3</sup>	Кэф. пористости д.е.	Степень водонасыщения д.е.	Бытов. давл-е Pzg МПа	Относительная просадка при давлении МПа				Нач-е просад-е давл-е
							Pzg	0,1	0,2	0,3	
Скв.1	2,0	16,40	1,55	0,740	0,60	0,040	0,001	0,002	0,009	0,022	0,21
Скв.1	3,0	17,40	1,46	0,850	0,55	0,060	-0,003	-0,002	0,004	0,026	0,23
Скв.5	2,0	14,70	1,63	0,650	0,61	0,040	0,002	0,004	0,006	0,012	0,28
Скв.5	3,0	14,90	1,62	0,660	0,61	0,061	0,004	0,006	0,009	0,014	0,23
Скв.6	2,0	18,80	1,56	0,730	0,69	0,040	0,001	0,004	0,010	0,017	0,20
Скв.6	3,0	19,00	1,52	0,770	0,66	0,059	0,003	0,006	0,012	0,023	0,17
Ш.1	2,0	16,20	1,47	0,830	0,53	0,040	0,018	0,027	0,041	0,054	0,02
Ш.1	2,2	16,20	1,49	0,800	0,54	0,044	0,005	0,011	0,023	0,038	0,09
Ш.2	2,4	17,70	1,55	0,740	0,65	0,049	0,003	0,006	0,011	0,018	0,18
Ш.2	2,6	17,60	1,57	0,720	0,66	0,053	0,001	0,003	0,010	0,012	0,20
Ш.3	0,6	17,70	1,56	0,730	0,65	0,010	0,000	0,006	0,011	0,018	0,18
Ш.3	0,8	17,80	1,55	0,750	0,65	0,014	0,000	0,004	0,012	0,020	0,17
<b>Макс-е</b>		<b>19,00</b>	<b>1,63</b>	<b>0,850</b>	<b>0,69</b>		<b>0,018</b>	<b>0,027</b>	<b>0,041</b>	<b>0,054</b>	<b>0,28</b>
<b>Мин-е</b>		<b>14,70</b>	<b>1,46</b>	<b>0,650</b>	<b>0,54</b>		<b>-0,003</b>	<b>-0,002</b>	<b>0,004</b>	<b>0,012</b>	<b>0,02</b>

Конкретные мероприятия по защите строительных объектов от деформаций принимаются в каждом отдельно взятом случае в зависимости от инженерно-геологических условий, конструктивной схемы объекта строительства, его технического состояния и фактических деформаций земной поверхности. Поэтому в качестве способа реконст-

рукции основания ленточных фундаментов школы выбран метод укрепления грунтов путем напорной цементации [3]. Технологией предусматривается армирование грунтов основания на всю просадочную толщу элементами повышенной жёсткости с использованием способа цементации грунтов до глубины 7,5 м ниже подошвы фундамента. Это достигается путём нагнетания в инъекторы цементного раствора с бентониткарбонатными добавками под давлением гидрорасчленения грунта.

**Библиографический список:**

1. Должиков П.Н., Прокопов А.Ю. Геодинамические процессы в гидроактивизированных подработанных горных массивах: Монография. Ростов н/Д: РГСУ. 2015. 149 с.
2. Должиков П.Н., Пронский Д.В., Легостаев С.О. Тампонажно-закладочные работы в регионах закрытия шахт: Монография. Ростов н/Д: ДГТУ-принт, 2020. 290 с.
3. Должиков П.Н., Збицкая В.В. Буро-инъекционная технология упрочнения основануифундаментов. Ростов н/Д: ДГТУ-принт. 2019. 174 с.



УДК 622.331:665.44

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВИЖНОСТИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ТОРФА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ТОРФЯНЫХ УДОБРЕНИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ФИЗИКОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**Пухова О.В.**

*Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия*

*В статье рассмотрена переработка торфа для сельскохозяйственного использования является применение гуматов, как результата плавления карбамида и торфа. Исследовано влияние низкотемпературного воздействия на торф в присутствии аммиака, а также влияние времени воздействия изучаемых факторов на эти процессы и изменение подвижности гуминовых веществ при аммонизации торфа при получении гуматов.*

*Ключевые слова. Торф, физикохимическое воздействие, гуминовые вещества, удобрение*

В сельскохозяйственном производстве, как ни в одной другой отрасли народного хозяйства, торфа и продукты его переработки находят широкое применение [1-4]. Многостороннее применение торфа

определяется рядом ценных его свойств и показателей, которые обуславливаются специфичностью физико-химической и биологической природы органических веществ. Так, органическое вещество торфа, содержание которого колеблется в пределах 85 - 95% от общего сухого веса, обладает высокой влагоемкостью. Поэтому, при внесении торфа в почву улучшаются ее водные свойства: повышается влагоемкостью, снижается фильтрационная способность.

Отдельные виды использования торфа предъявляют к его физико-химическим и биологическим свойствам различные требования. К тому же, учитывая неодинаковые геоморфологические и экологические условия залегания и образования торфяных месторождений, слагающие торф очень разнообразны [5, 6]. Так применение гуматов оказывает влияние на улучшение плодородия почвы и, как следствие, получение высоких урожаев культур, а именно, на их рост и развитие, а также получение гуминовых кислот и создания на их основе эффективных удобрений – стимуляторов роста растений [6, 7].

В ходе исследований разработана методика получения гуматов из карбамида и торфа. Были определены исходные свойства торфа с Куровского торфяного месторождения (табл. 1).

Фракционный состав крошкообразного торфа зависит от природных свойств торфа в залежи, а также от конструкции фрезы и режима фрезерования. По данным ИНСТОРФА наилучшие показатели сушки фрезерной крошки при существующей технологии [5] с двухдневным циклом получаются для частиц размером 10-20 мм, при которых число слоев в расстиле минимально. Для торфа низинного типа высокой степени разложения, имеющих рыхлокомковатую структуру, характерно сильное измельчение при фрезеровании и получение в готовой продукции значительных примесей мелких (менее 1 мм) и даже пылеватых (менее 0,25 мм) фракций. Для слаборазложившихся торфов верхового типа характерна значительная примесь частиц размером более 10 мм.

Анализ фракционного состав проб фрезерного торфа показал, что он неоднороден и наибольшее количество частиц размером 3-5 мм.

Для лабораторных исследований возможности получения гуматов при совместном плавлении фрезерного торфа и карбамида использовались образцы, подвергшиеся механической переработке до 0,1 мм.

Полученный образец торфа был перемешан до однородной массы с карбамидом в соотношениях, приведенных ниже в табл. 3. Полученная смесь была равномерно распределена в чашки Петри и помещена в термощкаф. Время плавления образцов составило от 15 до 28 минут.

**Таблица 1.**

Характеристика торфяного сырья для получения гуматов

Тип торфа	Вид торфа	Влажность, %	Дисперсность, %	Зольность, %	Кислотность
низинный	древесно-тросниковый	66,7	69,26	3,6	5,61

Результаты определения фракционного состава торфа приведены в таблице 2.

**Таблица 2.**

Результаты определения фракционного состава торфа

Размер фракции	Опыт №1		Опыт №2	
	$m_i$ , г	$p_i$ , %	$m_i$	$p_i$ , %
>25	0	0	4,06	0
>10	25,62	20,1	38,29	3
>7	13,26	10,4	15,50	11,6
>5	15,86	12,4	23,49	17,6
>3	26,33	20,6	37,21	27,7
>2	22,95	18,0	25,67	19,1
>1	17,27	13,6	23,22	17,3
<1	6,12	4,9	4,99	3,7
Сумма	127,41	100	134,14	100

Проведенные исследования показали, что плавление возможно, для него образцу с содержанием торфа – 1 %, потребовалось наименьшее время, всего 15 минут, а для образца с соотношением 5 % – потребовалось самое наибольшее время, поскольку в последнем образовалось большее количество гуматов. Для получения гуматов можно использовать мелкие фракции фрезерного торфа (отходы производства), что позволит рационально использовать торфяные ресурсы месторождения. Полученные расплавы будут использованы в агрохимических экспериментах – для проращивания семян сельскохозяйственных культур.

Таблица 3.

Зависимость времени плавления образца от его концентрации

Соотношение (%)	Контроль (100 % карбамид)	1 %	2 %	5 %
Время плавления (мин.)	35	15	23	26

Гуминовые вещества торфа содержат большое количество азота, обладают высокой поглотительной способностью, биологической активностью, но крайне медленно и неполно проявляют эти ценные свойства в почве.

Прогревание торфа при низкотемпературном воздействии приводит к активизации его азота [6]. Исследования проводились с древесно-тростниковым торфом в термостате при температуре 100°. Исследуемые образцы «сухие», имеющие влажность 2—3%, и влажные — 60—70%, в целях поддержания заданной влажности на протяжении опыта помещались в герметической упаковке. Длительность опыта 135 дней.

Результаты исследования показывают, что в первые 30 мин температурного воздействия на торф в результате теплового гидролиза содержание подвижных форм азота возросло примерно в два раза. Дальнейшее увеличение времени приводит к неуклонному повышению активизации органического азота. Динамика повышения содержания аммиачного и легкогидролизуемого азотов хорошо иллюстрируется кривыми (сплошные линии) рис. 1.

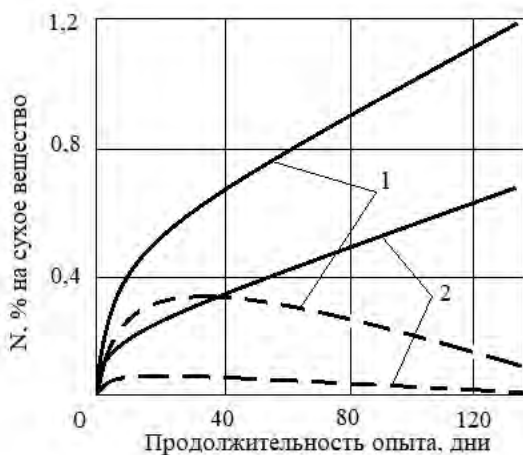
Анализ рис. 1 показывает, что под воздействием температурного фактора процесс активизации азота органических соединений проявляется лишь при наличии в торфе воды. Безводное (точнее при наличии незначительного количества воды — 2—3%) органическое вещество почти не подвергается температурному гидролизу и разложению, а процесс активизации азота после незначительного проявления в дальнейшем затухает. За 4,5 месяца опыта содержание аммиачного азота во влажном торфе возросло от 0,6 до 20%, а легкогидролизуемого от 2 до 27% к общему содержанию азота. В то же время в «сухом» торфе содержание его подвижных форм возросло всего лишь до 1,5—1,6%.

Таким образом, исследования показывают, что при температурном воздействии на влажный торф можно ожидать определенной активизации органического азота торфа в результате его термического разложения и за счет разложения в основном белковых соединений. На-



личие биохимических процессов в этой области температур практически исключается.

Разложение органического вещества торфа сопровождается процессами его минерализации. Наличие этих процессов подтверждается повышением относительного содержания зольной части торфа, что видно по соответствующим кривым графика (рис. 2). При этом минерализация органического вещества более интенсивно протекает во влажном торфе.



**Рис. 1.** Изменение содержания аммиачного и легкогидролизуемого азотов торфа в зависимости от времени температурного воздействия: 1 – легкогидролизуемый азот; 2 – аммиачный азот; --- влажный торф

Так, за время опыта было минерализовано около 25% органического вещества этого торфа, тогда как «сухим» торфом потеряно всего лишь 6%. В результате минерализации органического вещества торфа возросло относительное содержание азота в нем: во влажном торфе оно повысилось на 35% и достигло 4,22%, а в «сухом» только лишь 12,5%.

Динамика процесса активизации органических веществ торфа неодинакового компонентного состава (рис. 3) при аммонизации в различном температурном режиме, (на протяжении 2 час) имеет аналогичный характер, но с различным уровнем образования подвижных соединений.

**Таблица 3.**

Изменение агрохимических показателей торфа при температурном воздействии на него, % на сухое вещество

Показатели	Исходный торф	Продолжительность опыта						
		30 мин	2 час	24 час	10 дней	40 дней	70 дней	135 дней
<b>Влажный торф</b>								
Азот общий	3,12	-	-	3,14	-	3,91	-	4,22
Азот легкогидролизуемый	0,07	0,16	0,20	0,22	0,38	0,66	0,85	1,17
Азот аммиачный	0,02	0,03	0,04	0,09	0,16	0,32	0,43	0,64
Воднорастворимые вещества	1,28	-	2,56	-	-	2,56	-	4,64
Зольность	8,74	-	-	-	9,44	-	10,36	11,23
Влажность	50,5	-	-	56,5	67,3	70,6	69,6	69,6
<b>«Сухой» торф</b>								
Азот общий	3,12	-	-	3,16	-	3,36	-	3,51
Азот легкогидролизуемый	0,07	-	-	0,16	2,26	0,32	0,22	0,17
Азот аммиачный	0,02	-	-	0,06	0,07	0,05	0,06	0,04
Воднорастворимые вещества	1,28	-	-	-	-	1,43	-	1,91
Зольность	8,74	-	-	-	9,06	-	9,19	9,26
Влажность	50,5	-	-	2,59	3,26	3,92	2,56	2,50

Максимальное количество воднорастворимых образуется, как и следовало ожидать, в образце без легкогидролизующихся, т. е. в образце, обогащенном гуминовыми веществами, что обуславливается образованием воднорастворимых гуматов аммония. С другой стороны увеличение количества воднорастворимых веществ обуславливается влиянием гидролитического действия на торф кислот. Высокомолекулярные соединения остатка торфа в процессе гидролиза подвергаются частичной деструкции, что показывает увеличение содержания воднорастворимых у образца до аммонизации торфа, которое превышает их количество в исходном торфе. Последующие окислительные и гидролитические процессы в щелочной среде аммиака и при повы-

шенных температурах усиливают деструкцию уже в значительной мере как бы расшатанных структур молекул.

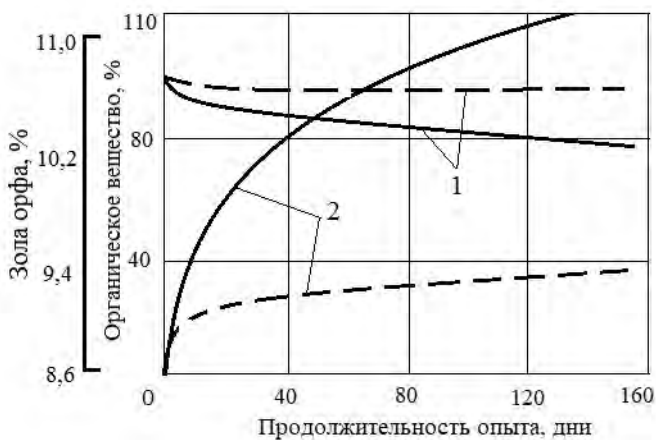


Рис. 2. Минерализация торфа в зависимости от времени температурного воздействия: 1 – органическое вещество; 2 – зольные элементы; ---- влажный торф; \_\_\_\_ «сухой» торф

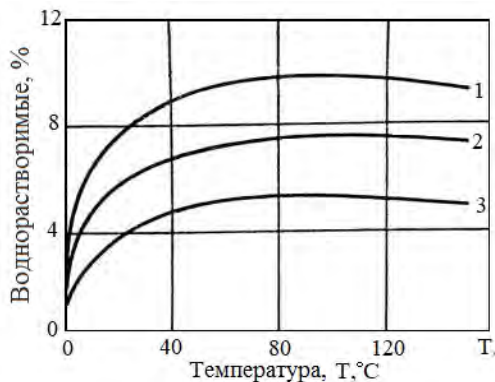


Рис. 3. Содержание воднорастворимых веществ в торфе различного компонентного состава в зависимости от температуры аммонизации:

1 – без легкогидролизуемых веществ; 2 – без гуминовых веществ; 3 – исходный торф

Среди причин значительного повышения содержания воднорастворимых веществ при аммонизации образца, обогащенного углеводным комплексом (без гуминовых), последние факторы, пожалуй, имеют решающее значение. Хотя не исключается образование какого-то

количества гуматов аммония и особенно в условиях аммонизации торфа.

Содержание воднорастворимых веществ при аммонизации торфа без легкогидролизуемых в условиях повышенной температуры по сравнению с исходным аммонизированным торфом увеличивается примерно в два, а у торфа без гуминовых – почти в полтора раза.

Образование воднорастворимых веществ у всех образцов торфа интенсивно возрастает в начальный период повышения температуры, затем она затухает, и содержание воднорастворимых стабилизируется примерно на одном уровне с некоторой тенденцией их снижения.

Таким образом, рациональное использование торфа в сельском хозяйстве, должно основываться на глубоком изучении биологической и физико-химической его природы, познании закономерностей проявления отдельных свойств и показателей.

Как показывают исследования, наряду с химическими и физическими факторами превращения некоторого количества азота органических соединений в более подвижные формы, гуминовые вещества активизируются в результате биохимических процессов при низкотемпературном воздействии торфа с азотными минеральными удобрениями.

#### **Библиографический список:**

1. Мисников О.С., Тимофеев А.Е. О рациональном использовании энергетических и минеральных ресурсов торфяных месторождений. – *Горный журнал*, 2008. – № 11. – С. 59-63.
2. Мисников О.С., Тимофеев А.Е., Михайлов А.А. Анализ технологий разработки торфяных месторождений в странах дальнего и ближнего Зарубежья // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. М.: МГТУ, 2011. Т. 9. С. 84-92.
3. Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2017. № 5. С.105-117.
4. Панов В.В., Мисников О.С. Тенденции развития торфяной отрасли России// *Горный журнал*. 2015. № 7. С.108-112.
5. *Справочник по торфу / под ред. канд. техн. наук А.В. Лазарева и д-ра техн. наук С.С. Корчунова*. – М.: Недра, 1982. – 760 с.
6. Лиштван, И.И. *Физико-химические основы технологии торфяного производства / И.И. Лиштван [и др.]*. – Мн.: Наука и техника, 1983. – 232 с.
7. Мисников О.С., Беляков В.А. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Добыча кускового торфа и сапропеля. Учеб. пособие - 2-е изд. перераб. и дополненное - Тверь: ТвГТУ, 2016. - 168 с.*



УДК 624.19

## **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБДЕЛОК ТОННЕЛЕЙ, СООРУЖАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА ИЗ ТРУБ, С МАССИВОМ ГРУНТА**

**Анциферов С.В., Деев П.В., Трещева О.В.,**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Приведены основные теоретические положения, использованные при разработке математической модели формирования напряженного состояния элементов геомеханической системы "массив грунта - защитный экран - обделка тоннеля мелкого заложения". Представлено обоснование принятой расчетной схемы, выполнено описание постановки плоской задачи теории упругости и граничных условий.*

*Ключевые слова: массив грунта, тоннель, обделка, защитный экран, трубы, математическая модель, теория упругости, плоская задача, теория функций комплексного переменного, напряженное состояние, расчет*

При строительстве перегонных, автотранспортных, пешеходных и коммуникационных тоннелей неглубокого заложения закрытым способом в условиях плотной городской застройки в слабых грунтах показало высокую эффективность применение предварительно установленных экранов из труб [1 - 3], под защитой которых выполняются проходческие работы и возведение несущих конструкций.

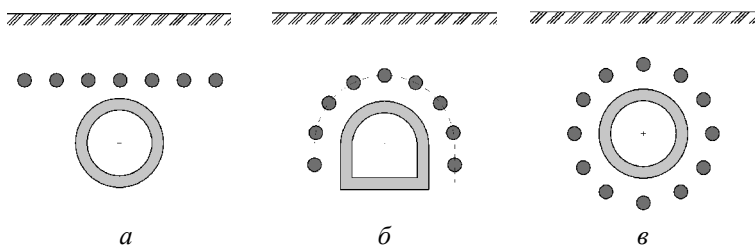
Использование таких технологий не нарушает сложившейся городской инфраструктуры и транспортных коммуникаций, т.к. не требует вскрытия дневной поверхности по трассе тоннеля; сокращает объемы земляных работ; уменьшает влияние подземных работ на объекты на поверхности; снижает ее смещения; в ряде случаев отпадает необходимость применения специальных способов строительства - замораживания или предварительного укрепления грунтов.

Для создания защитных экранов используются различные способы - продавливание, прокол или щитовая проходка труб малого диаметра; горизонтальное или наклонное бурение и т.д.

Существуют различные модификации защитного экрана, отличающиеся количеством используемых труб; материалом труб (стальные, железобетонные, асбоцементные, композитные, стабилизированный укрепленный грунт и т.д.), их диаметром (до 2500 мм), формой поперечного сечения (круглые, прямоугольные, трапециевидные), на-

правлением продавливания (вдоль или поперек трассы тоннеля), местом продавливания (котлованы, шахтные стволы, забой выработки) и т. п. [4 - 6]. При необходимости для повышения жесткости трубы заполняются монолитным бетоном.

Контуры защитных экранов могут иметь плоское, сводчатое или замкнутое очертание. Под защитой экрана возможно строительство тоннелей практически любых форм и размеров поперечного сечения [4, 5]. Схемы возможного расположения труб приведены на рис. 1.



**Рис. 1. Схемы расположения труб защитного экрана:**  
*а* - плоского; *б* - по контуру выработки; *в* - по замкнутому контуру

Экраны из труб служат не только временной крепью, возможно их использование в качестве элементов постоянной обделки [6].

В настоящее время при проектировании тоннелей, сооружаемых с использованием защитного экрана из труб, используются нормативные документы, в которых приведены методики для расчета труб экрана, основанные на теоретических положениях строительной механики, не учитывающих собственную несущую способность массива грунта. Трубы экрана рассчитываются на так называемые "активные нагрузки", величина которых определяется эмпирически с использованием различных гипотез. По-сути, указанные документы не позволяют выполнить геомеханическое обоснование рациональных параметров экрана – его конфигурации; количества труб и размеров их поперечного сечения; необходимости заполнения труб бетоном на основе определения напряженно-деформированного состояния элементов единой деформируемой системы "массив грунта - защитный экран - обделка тоннеля мелкого заложения".

Исходя из этого, разработка аналитического метода определения напряженно-деформированного состояния массива грунта, а также расчета обделок тоннелей мелкого заложения, сооружаемых с приме-

нением защитного экрана из труб, является актуальной научной задачей, решение которой имеет важное практическое значение.

Указанный метод разрабатывается в рамках дальнейшего развития теории разработки аналитических методов расчета подземных сооружений, основанной на результатах математического моделирования взаимодействия элементов рассматриваемых геомеханических систем. В основу модели положены теоретические положения механики грунтов [7], геомеханики [8], механики подземных сооружений [9] и механики сплошных сред [10].

Предлагаемая математическая модель предполагает постановку соответствующей задачи теории упругости, включая обоснование используемых расчетных схем и формулирование граничных условий при действии гравитационных сил в массиве грунта, а также получение аналитического решения задачи с применением математического аппарата теории функций комплексного переменного (ТФКП).

В дальнейшем рассматриваются защитный экран и тоннель достаточной большой протяженности. Трубы экрана продавливаются в грунт на всю длину или часть длины сооружаемого тоннеля параллельно направлению его проходки. Допускается сооружение опережающих экранов непосредственно из забоя путем бурения наклонных по отношению к продольной оси выработки скважин и задавливания в них труб. Такие предположения позволяют использовать расчетные схемы задачи теории упругости в плоской постановке.

Разрабатываемый аналитический метод расчета делает возможным более полный учет несущей способности грунта и влияния на напряженно-деформированное состояние массива и обделки тоннеля следующих факторов:

- наличие близко расположенной земной поверхности;
- физико-механические и деформационные характеристики массива грунта;
- поле начальных напряжений в массиве, обусловленных собственным весом грунта, учитывающее изменение его компонент по высоте сечения тоннеля;
- количество и диаметр труб защитного экрана, их расположение относительно сечения тоннеля;
- деформационные характеристики материала заполнения труб;
- глубину заложения и диаметр поперечного сечения выработки кругового поперечного сечения;
- толщину монолитной бетонной или сборной с омоноличенными стыками обделки тоннеля;
- деформационные характеристики материала обделки;

- последовательность и очередность монтажа труб экрана, а также отставание возведения обделки от забоя тоннеля.

Расчетная схема задачи теории упругости для защитного экрана, расположенного по части контура сечения выработки, приведена на рис. 2.

Массив грунта моделируется полубесконечной однородной весомой линейно-деформируемой средой  $S_0$  с физико-механическими и деформационными характеристиками - объемным весом  $g$ , коэффициентом бокового давления  $l$ , модулем деформации  $E_0$  и коэффициентом Пуассона  $\nu_0$ .

Среда  $S_0$  ограничена горизонтальной прямой  $L'_0$ , моделирующей земную поверхность, и контуром  $L_1$  отверстия радиусом  $R_1$ , моделирующего поперечное сечение тоннеля. В среде имеются круговые включения с контурами  $L_j$  радиусами  $R_j$  ( $j=2, \dots, N+1$ ), моделирующие трубы экрана с бетонным заполнением. Начало прямоугольной системы координат  $xOy$  совмещено с центром кругового отверстия, моделирующего выработку тоннеля, расположенного на расстоянии  $H$  от линии  $L'_0$ . В среде имеются круговые включения с контурами  $L_j$  радиусами  $R_j$ , центры которых расположены в точках с координатами  $z_j$  ( $j=2, \dots, N+1$ ). Включения моделируют трубы экрана с бетонным заполнением.

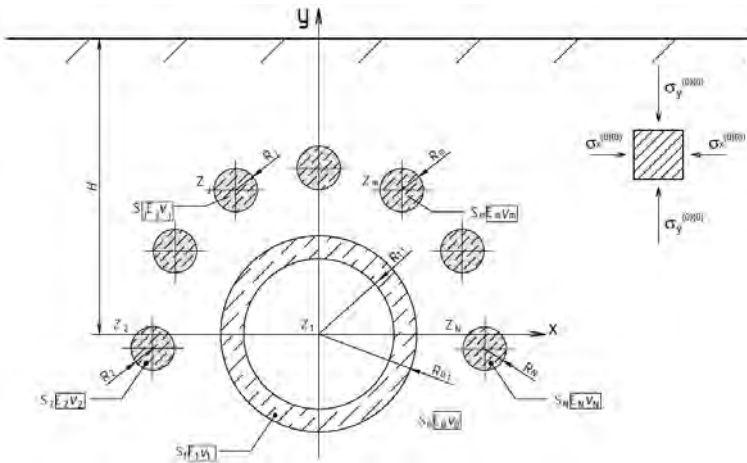


Рис. 2. Расчетная схема



Отверстие, моделирующее выработку, подкреплено концентрическим кольцом  $S_1$  с внутренним контуром  $L_{1,1}$  радиусом  $R_{1,1}$ . Материал кольца  $S_1$  имеет модуль деформации  $E_1$  и коэффициент Пуассона  $\mu_1$ .

Включения  $S_j$  имеют приведенные деформационные характеристики  $E_j, \mu_j$  ( $j=2, \dots, N+1$ ), учитывающие деформационные характеристики самих труб и материала заполнения, определяемые в соответствии с [9].

Весомая среда  $S_0$  характеризуется полем начальных напряжений, обусловленных наличием гравитационных сил в массиве грунта, компоненты которых в прямоугольной системе координат определяются формулами [11]:

$$s_y^{(0)(0)} = -g(H - y); s_x^{(0)(0)} = l s_y^{(0)(0)} = -l g(H - y); t_{xy}^{(0)(0)} = 0. \quad (1)$$

Тогда полные напряжения  $s_x^{(0)*}, s_y^{(0)*}, t_{xy}^{(0)*}$  в среде  $S_0$  представляются в виде сумм искомым дополнительных напряжений  $s_x^{(0)}, s_y^{(0)}, t_{xy}^{(0)}$ , обусловленных наличием концентраторов напряжений - отверстия, подкрепленного кольцом  $S_1$ , включений  $S_j$  ( $j=2, \dots, N+1$ ), и начальных напряжений (1):

$$s_x^{(0)*} = s_x^{(0)} + s_x^{(0)(0)}; s_y^{(0)*} = s_y^{(0)} + s_y^{(0)(0)}; t_{xy}^{(0)*} = t_{xy}^{(0)} + t_{xy}^{(0)(0)}. \quad (2)$$

В областях  $S_j$  ( $j=1, 2, \dots, N+1$ ) начальные напряжения отсутствуют, т.е. весом материалов обделки и заполнения труб по сравнению с весом грунта пренебрегаем.

Смещения в системе рассматриваются только дополнительные.

Ниже приведены граничные условия поставленной задачи:

- на линии  $L_0'$

$$s_y^* \Big|_{y=H} = 0, \quad t_{xy}^* \Big|_{y=H} = 0; \quad (3)$$

- на контурах  $L_{0,1}$  и  $L_j$  ( $j=2, \dots, N+1$ )

$$\begin{cases} s_r^{(j)*} = s_r^{(0)*}, t_{r\varphi}^{(j)*} = t_{r\varphi}^{(0)*}; \\ u^{(j)} = u^{(0)}, v^{(j)} = v^{(0)} \end{cases} \quad (j=1, 2, \dots, N+1); \quad (4)$$

- на контуре  $L_{1,1}$  кольца  $S_1$

$$s_r^{(1,1)*} = 0 \quad t_{rq}^{(1,1)*} = 0. \quad (5)$$

В условиях (3) - (5)  $s_y^*$ ,  $t_{xy}^*$  - полные вертикальные и касательные напряжения в декартовой системе координат;  $s_r^{(j)*}$ ,  $t_{rq}^{(j)*}$  - полные радиальные и касательные напряжения в полярных системах координат, полюса которых совпадают с центрами отверстия или круговых включений  $S_j$ ;  $u^{(j)}$ ,  $v^{(j)}$  - радиальные и окружные смещения в точках границ соответствующих областей  $S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, N + 1$ ).

Граничные условия (3) свидетельствуют об отсутствии внешних нагрузок на земной поверхности; граничные условия (2) отражают непрерывность векторов полных напряжений и дополнительных смещений в точках границ областей с различными деформационными характеристиками; условия (3) - отсутствие внешних нагрузок на контуре  $L_{1,1}$  кольца, моделирующего обделку тоннеля.

Для получения решения задачи теории упругости применяется математический аппарат теории аналитических функций комплексного переменного (ТФКП) на основе использования комплексных потенциалов Колосова-Мухелишвили и метода И.Г. Арамановича, развитого в работах [11 - 13].

Особенностью решения является сведение поставленной задачи теории упругости для полубесконечной среды, содержащей круговое отверстие, подкрепленное концентрическим кольцом, и круговые включения, выполненные из материалов с различными деформационными характеристиками, к итерационному процессу решения ряда задач для полной плоскости либо с одним подкрепленным отверстием, либо с одним включением. В граничных условия этих задач в правых частях содержатся дополнительные члены рядов Лорана с неизвестными коэффициентами, отвечающими за взаимное влияние прямолинейной границы, подкрепленного отверстия и включений.

Как показывает опыт разработки аналитических методов расчета обделок тоннелей мелкого заложения [11], предложенный итерационный процесс решения задачи обладает сходимостью, позволяющей получать результаты при достаточно малых величинах  $H$  и малых расстояниях между включениями. Полученное аналитическое решение поставленной задачи теории упругости будет положено в основу аналитического метода определения напряженного состояния обделки тоннеля, сооружаемого закрытым способом с использованием защитного экрана из труб в непосредственной близости от земной поверхно-

сти, а также оценки деформированного состояния окружающего массива грунта.

В настоящее время разрабатывается оригинальная компьютерная программа расчета, реализующая предлагаемый метод. Она позволит выполнять многовариантные расчеты при определении рациональных параметров защитного экрана из труб.

Разрабатываемый аналитический метод в совокупности с применяемыми инженерными подходами к расчету труб экрана [1 - 3], основанными на теоретических положениях строительной механики, позволят выполнить геомеханическое обоснование возможности строительства тоннеля в конкретных горно-технических условиях.

**Библиографический список:**

1. Рекомендации по проектированию и устройству опережающих защитных экранов из труб с применением микротоннелепроходческих комплексов при строительстве тоннелей/ М.: Корпорация «Трансстрой». Тоннельная ассоциация России. 2003. - 55 с.
2. Рекомендации по применению опережающих экранов из труб при сооружении транспортных тоннелей/ М.: ЦНИИС. 1988. - 47 с.
3. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов/ Под ред. Ильичева В.А. М.: ГУП НИИАЦ, 2004. - 206 с.
4. Волков В. П., Наумов С. Н. Тоннели и метрополитены. Москва: Транспорт. - 1975. - С. 337-340.
5. Алексеев А.В., Головин Д.Т. Применение защитных экранов в подземном строительстве// Academy. 2016. - С. 22 - 28.
6. Маковский Л.В. Современные технологии проходки в сложных инженерно-геологических условиях. М.: Метро и тоннели, 2002. №5. С. 21-23.
7. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов: учебное пособие. - М.: изд-во Ассоциации строительных вузов. - 2005. - 488 с.
8. Баклашов И.Г. Геомеханика. Учебник для вузов. - Т. 1. 13- М.: Изд-во МГТУ. - 2005. - 208 с.
9. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений: учебник для вузов. М.: Недра, 1994. - 382 с.
10. Тимошенко С. П., Гере Дж. Механика материалов. - СПб.: Лань, 2002. - 672 с.
11. Анциферов С.В. Метод расчета многослойных обделок параллельных тоннелей кругового поперечного сечения мелкого заложения: монография. Тула: ТулГУ, 2014. - 298 с.
12. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966. - 707 с.
13. Араманович И.Г. О распределении напряжений в упругой полуплоскости, ослабленной подкрепленным круговым отверстием// Докл. АН СССР. М., 1955. Т. 104. №3. С. 372 - 375.



УДК 338.45:622:004

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Зубченко С.А., Домнин П.А., Ленковец О.М.**

*Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

*Статья посвящена исследованию процесса цифровизации, а также использованию современных технологий для решения актуальных проблем горнодобывающей отрасли. Рассмотрены пути автоматизации добычи полезных ископаемых.*

*Ключевые слова: полезные ископаемых, современные технологии, цифровизация.*

В наше время современные технологии являются неотъемлемой частью нашей жизни, и в том или ином виде находят применение практически на любом промышленном предприятии. И это особенно актуально для горнодобывающей промышленности, которая является достаточно консервативной в отношении применения современных технологий.

Нельзя отрицать, что работы по автоматизации добычи полезных ископаемых ведутся уже достаточно давно и вполне успешно, но в большинстве своем они направлены на оптимизацию процесса вскрытия месторождения и выемки полезного ископаемого.

В целом, внедрение современных методов ведения промышленных работ на производстве обусловлено не только тем, что оно позволяет повысить производительность и экономические показатели предприятия, удешевить производство и улучшить организационные процессы, но также снижает количество людей, задействованных на тех этапах производства, где их труд является низкоэффективным и времязатратным.

Исходя из этого можно сказать, что главным преимуществом цифровых технологий над человеком является то, что они не подвержены человеческому фактору. То есть, машины не обладают человеческими потребностями: они не подвержены ни эмоциям, ни усталости, им не нужен обед и перерывы, они могут работать 24 часа в сутки и могут принимать точные решения на основе своего программного алгоритма.

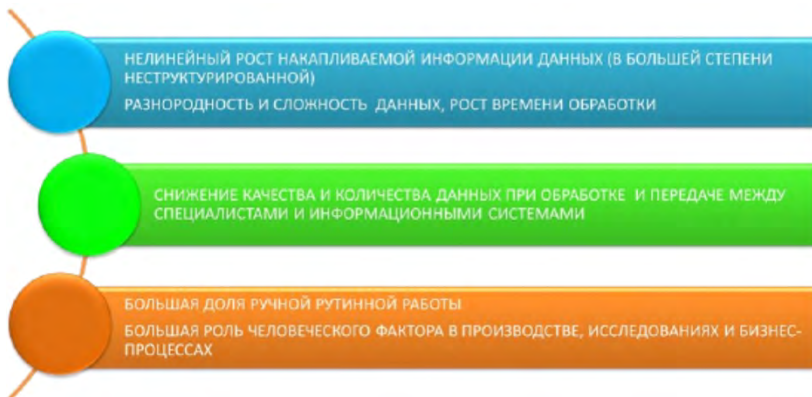
Сегодня разрабатываются различные системы и оборудование, которые смогут автоматизировать, ускорить и сделать более безопас-

ным для людей тот или иной процесс добычи полезных ископаемых, минимизировав в них участие людей.

Первым этапом горных работ, который начинается задолго до разработки месторождения, является поиск и разведка месторождения. Процесс поиска и разведки месторождения может длиться годами, так как он подразумевает работу со значительными массивами данных, которая занимает большое количество человеческих и временных ресурсов, что в свою очередь ведет к повышению стоимости производства. Так же много времени занимает сам сбор информации, но сегодня для этого нет необходимости в отправке и содержании экспедиций и использовании самолетов для ведения аэрофотосъемки, так как широкое распространение получили различные дроны и беспилотники. В России из компаний, делающих ставку на дроны и беспилотники, можно выделить «Газпром нефть» и «Роснефть», которые используют БПЛА-комплексы не только для геологоразведки месторождений, но и для других целей. Дроны могут выполнять широкий спектр задач в горнодобывающей промышленности, например, их можно использовать как топографическую основу для проектирования рудника, для геодезических исследований, сравнение проектных данных и конечного результата, аэрофотосъемки и 3D-картографии, планирования буровзрывных работ и инженерной топографии, инспекции активов и инфраструктуры, геотехнической инспекции и мониторинга объектов добычи, хранения и переработки полезного ископаемого.

На данный момент одной из основных проблем научно-технического прогресса в геологии является широкое внедрение автоматизированных методов накопления, хранения, обработки и передачи геологической информации с целью повышения эффективности и скорости проведения геологических исследований. В этом могут помочь алгоритмы, оптимизированные для работы с большими данными. Они способны систематизировать и обрабатывать большие объемы входных переменных, выявлять закономерности в комплексных многомерных наборах данных, в то время как человеческий мозг может анализировать не больше двух-трех взаимосвязей одновременно, что помогает выполнять эту работу куда быстрее и эффективнее чем человек, повышая эффективность геологических исследований.

Эффективного ведения геологоразведочных работ можно достичь внедрением инновационных технологий (рис.1) и устранении ограничивающих факторов (рис.2) [1].



**Рис.1** Схема факторов ограничения геологоразведки.

Для внедрения методов искусственного интеллекта в геологоразведку необходимо решить проблему крайней неоднородности исходных данных, которые нужно обрабатывать. Стандартизация исходных данных, улучшение качества сбора, организации и хранения данных поможет приобрести этой технологии общепринятый характер.

Тем не менее, как бы утопично это всё не звучало, переживать за то, что искусственный интеллект лишит людей рабочих мест не стоит, он избавит производство от работников выполняющих низко и среднеквалифицированную муторную работу и создаст множество рабочих мест для высококвалифицированных специалистов, таких как: инженер по машинному обучению, разработчик ПО, специалист по ИИ и так далее.

Согласно недавнему исследованию британской Wood Mackenzie, нефтегазовые компании со всего мира (опрос затронул 258 участников) планируют в текущем году потратить на внедрение «цифры» в геологоразведке до 8% своих бюджетов [2]. Так же, эксперты всемирного банка отмечают: «... горнодобывающая промышленность демонстрирует тенденцию к росту в сфере высоких технологий: в Западной Австралии на железорудных рудниках широко используются грузовые автомобили без водителя, а все больше и больше подземных горных работ выполняется удаленно» [3]. Россия в этом плане хоть и отстаёт от стран с более развитой экономикой, но не стоит на месте. Примерами успешной цифровизации у нас могут послужить: работы по запуску в промышленную эксплуатацию роботизированных самосвалов в СУЭК Хакасия, а также пилотные испытания роботизированного бурового станка Epiroc на разрезе «Тугнуйский». Эти проекты,

несомненно, являются образцами успешного внедрения современных технологий на горнодобывающих предприятиях.



**Рис.2** Схема инновационных технологий геологоразведки

Разработка месторождения полезных ископаемых, безусловно, является важнейшим этапом проведения горных работ. Количество ресурсов, добываемых традиционными методами, постепенно уменьшается. Ускоренное в минувшее десятилетие развитие новых технологий для повышения эффективности добычи полезных ископаемых говорит о том, что традиционные методы разработки постепенно устаревают. В данный момент около 60% добычи приходится на трудноизвлекаемые запасы, практически недоступные для разработки без использования современных технологий. Об этом заявил и генеральный директор Государственного комитета по запасам полезных ископаемых Игорь Шпуров, что ещё раз подтверждает вышесказанное.

Прогнозируемый «Росгеологией» срок полного исчерпания полезных ископаемых на нефтяных найденных месторождениях на территории Российской Федерации варьируется в пределах 30-40 лет.

Схожая ситуация ожидается и с другими видами ресурсов и не только на территории России.

Закономерно, что крупнейшие мировые компании горнодобывающей отрасли такие как, Shell и British Petroleum обеспокоены своим будущим. Вследствие этого ускорилось развитие технологий, способных не только обеспечить добычу всего количественного состава месторождения, но и удешевить саму их разработку.

Главной задачей, которую должны решить современные технологии (в первую очередь, искусственный интеллект) – это повысить отдачу каждого отдельного месторождения за счёт обработки больших баз данных для проектирования наиболее точных планов месторождений и ввиду этого повышения эффективности добычи. Этим проектом занимается и один из мировых лидеров горнодобывающей отрасли Chevron, развивая графические процессоры для создания трехмерных моделей месторождений, чтобы находить наиболее подходящие точки для бурения скважин. Shell же разрабатывает алгоритмы обучения роботов. Это необходимо для того, чтобы при проведении сейсморазведки искусственный интеллект мог самостоятельно обнаружить и классифицировать запасы полезных ископаемых, а также оценить рентабельность разработки соответствующего пласта залегания полезных ископаемых.

Также важным пунктом можно отметить полную автоматизацию техники, используемой на месторождениях и возможность работать удалённо. Таким проектом занимается научный центр «Сколково». По заявлениям руководителя проекта горнодобывающая отрасль может полностью обойтись без присутствия человека на месторождениях полезных ископаемых. Тем самым разработка дешевеет не только за счёт уменьшения себестоимости, но и за счёт снижения требований к технике безопасности.

Еще одной актуальной проблемой, связанной с горнодобывающим делом, можно назвать непосредственное воздействие на экологию окружающей среды. Об этом можно судить исходя из геометрически прогрессирующего роста заинтересованности как мирового, так и локального российского сообщества в обеспечении безопасности экологии окружающей среды. Главным решением данной задачи можно назвать рациональное использование недр в процессе разработки месторождений полезных ископаемых, понижения уровня негативно влияющих выбросов в атмосферу и гидросферу.

Для Российской Федерации существует ряд наиболее приоритетных сценариев для организации соответствующих мер. Для снижения риска негативных изменений климата разработан ряд технологий:



применение возобновляемых источников энергии, снижение доли органического топлива, развитие атомной и ядерной энергетики (Оценка позитивных и негативных аспектов проектов секвестрации углекислого газа – [4], [5]).

Сегодня в научной среде разрабатывается проект, который предназначен для решения сразу двух проблем: снижение отрицательного влияния на гидросферу и сохранение полезных ископаемых, накапливающихся в виде отходов. Проект представляет собой осуществление цифровизации и мониторинга для удобств фильтрации сточных вод при помощи волокнистых полимеров и отбора накопившихся полезных ископаемых для дальнейшей переработки и транспортировки [6]. Нельзя не отметить низкую стоимость волокнистых полимеров, особенно в сравнении с тратами на многочисленные отстойники, а также высокую прочность, что делает их более долговечными, а также технологичность.

При рассмотрении уже полноценно функционирующих технологий фильтрации сточных вод, мы обязаны упомянуть фильтры, которые изготавливаются немецкими компаниями Knoll Maschinenbau GmbH и Hydac Fluidtechnik GmbH, зарекомендовавшие себя как в горнодобывающей, так и нефтегазовой сфере.

Таким образом, в этой части статьи можно сделать вывод о том, что даже частичная цифровизация в горнодобывающей отрасли сможет не только оптимизировать как добычу, так и транспортировку полезных ископаемых, но и снизить негативное влияние на экологию окружающей среды посредством более эффективного расхода топлива, улучшения фильтрационных технологий и более целесообразного производственного воздействия [7].

Так же, помимо рассмотренных в статье примеров есть еще масса других областей для применения цифровых технологий в горнодобывающей отрасли, например, финансовое планирование, логистика, обогащение, контроль качества. Искусственный интеллект способен вывести горнодобывающую промышленность на принципиально новый уровень: повысить производительность предприятий, оптимизировать производство, улучшить экономические показатели и, конечно же, уменьшить травматизм и повысить безопасность людей на горнодобывающих предприятиях.

Таким образом, в наши дни залогом конкурентоспособности и успешного развития любого промышленного предприятия, в том числе и горнодобывающего, является широкое и своевременное внедрение современных технологий. Важность которых с каждым годом будет только расти.

**Библиографический список:**

1. Карнаухов А.М. Направления развития «цифрового рывка» в геологоразведке // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т. 14. № 4. С. 5.
2. Cameron, Peter D.; Stanley, Michael C. 2017. Oil, Gas, and Mining : A Sourcebook for Understanding the Extractive Industries. Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/26130> License: CC BY 3.0 IGO.”
3. Cameron, Peter D.; Stanley, Michael C. 2017. Oil, Gas, and Mining : A Sourcebook for Understanding the Extractive Industries. Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/26130> License: CC BY 3.0 IGO.”
4. Васильев Ю.Н., Цветкова А.Ю. Оценка позитивных и негативных аспектов проектов секвестрации углекислого газа // Российский экономический интернет-журнал. 2018. № 2. С. 17.
5. Васильев Ю.Н., Цветкова А.Ю. Исследование публикаций по CCS-технологиям в ведущих российских газетах // Российский экономический интернет-журнал. 2019. № 2. С. 17.
6. Фахрtdинова О. А. Очистка сточных вод горнодобывающего предприятия фильтрами из волокнистых полимерных материалов // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции, 2-4 декабря 2015 г., Томск: в 2 т. — Томск : СКАН, 2015. — Т. 2. — [С. 159-160].
7. Кирсанова И. Ю. Оценка обеспеченности территории нефтепроводной и нефтепродуктопроводной инфраструктурой // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Т. 11. № 6. С. 652–659.



УДК 624.191

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО –  
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕЛИКОВ МЕЖДУ  
ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ, СООРУЖАЕМЫМИ  
ПОД СЛОЕМ ПОРОД С ДРУГИМИ ДЕФОРМАЦИОННЫМИ  
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

**Саммаль А.С., Деев П.В., Копылов А.Б.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

**Старых М.В.**

*Ростовский государственный университет путей сообщения,  
г. Ростов на Дону, Россия*

*Предлагается подход к прогнозной оценке напряженно-деформированного состояния и устойчивости горного массива, вмещающего комплекс параллельных круговых выработок, с учетом налегающей в непосредственной близости толщи пород с другими деформационными характеристиками.*

*Ключевые слова: горный массив, выработка, целик, напряженное состояние, математическое моделирование*

Разрабатываемая с целью оценки напряженного состояния целиков между параллельными выработками круглого поперечного сечения, сооружаемыми в непосредственной близости от границы налегающей толщи пород с другими деформационными характеристиками, математическая модель основана на следующих теоретических положениях:

- массив пород моделируется бесконечной средой, составленной из двух слоев с прямолинейной границей раздела, в условиях плоской деформации, т.е. принимается, что длины выработок значительно (более, чем в 5 раз) превосходит их поперечные размеры;

- материалы слоев являются однородными, изотропными и обладают различными механическими свойствами, характеризуемыми среднестатистическими значениями удельного веса, модуля деформации и коэффициента Пуассона;

- комплекс состоит из конечного числа выработок, сооружаемых параллельно друг другу, при этом центры их поперечных сечений могут располагаться произвольным образом, при этом все тоннели размещаются в одном слое;

- глубина заложения выработок от дневной поверхности превышает их поперечные размеры не менее, чем в 5 раз, при этом горизонтальная граница раздела разнородных пород располагается непосредственно над комплексом.

Отметим, что правомерность принятых допущений, характеризующих степень идеализации предлагаемой геомеханической модели, неоднократно доказана, например, в работах [1,2], и показала свою состоятельность при проведении расчетов в целях практического проектирования различных объектов подземного строительства.

При моделировании учитываются следующие факторы, оказывающие существенное влияние на напряженно-деформированное состояние целиков между выработками:

- наличие вышележащей границы раздела слоев пород с различными механическими характеристиками;

- глубины заложений выработок и взаимные расстояния между их центрами, а также до границы слоев пород;

- физические и деформационные, реологические (в рамках теории линейной наследственной ползучести) характеристики вмещающего горного массива;

- характеристики полей начальных напряжений в слоях массива, обусловленных действием собственного веса пород;

Расчетная схема представлена на рисунке 1.

Здесь бесконечная весомая линейно-деформируемая или вязкоупругая кусочно-однородная среда, составленная из двух полубесконечных областей  $S_{0,0}$  и  $S_{0,1}$ , материалы которых имеют различные удельные веса  $\rho_{0,j}$  ( $j=0,1$ ), модули деформации  $E_{0,j}$ , коэффициенты Пуассона  $\nu_{0,j}$  моделирует массив пород.

Для учета реологических свойств пород дополнительно вводятся параметры  $\alpha_{0,j}$ ,  $\beta_{0,j}$  ( $j=0,1$ ). При этом реологические проявления учитываются на основе теории линейной наследственной ползучести с использованием метода переменных модулей [3]. Такой подход позволяет учесть последовательность проходки тоннелей, применяя принцип суперпозиции и рассматривая различные этапы в заданные фиксированные моменты времени [2].

С целью определения взаимного расположения элементов расчетной модели вводится декартова система, действительная ось  $Ox$  которой параллельна границе  $L$  раздела слоев массива, при этом начало координат совмещается с центром одной из выработок, контур которой обозначается  $L_0$ , а радиус  $r_0$ . Далее все контуры выработок и их радиусы нумеруются в произвольном порядке  $L_j, r_j$  ( $j=1, \dots, n$ ,  $n$  - количество выработок в комплексе).

Принимается, что центр выработки, в который помещается начало системы координат, располагается на глубине  $H$  от дневной поверхности и, соответственно, на расстоянии  $H_0$  от прямолинейной границы  $L$ .

Дополнительно, следуя [2], вводятся локальные полярные системы  $r_j, \varphi_j$  ( $j=0, \dots, n$ ), начало каждой из которых совмещается с центром соответствующего контура выработки  $L_j$  ( $j=0, \dots, n$ ).

Для удобства решения задачи на первом этапе все геометрические размеры можно отнести к величине радиуса выработки  $r_0$ . В результате будем оперировать с безразмерными параметрами:

$$h = H/R_0, h_0 = H_0/R_0, r_0 = 1, r_j = R_j/R_0 \quad (j=1, \dots, n) \quad (1)$$

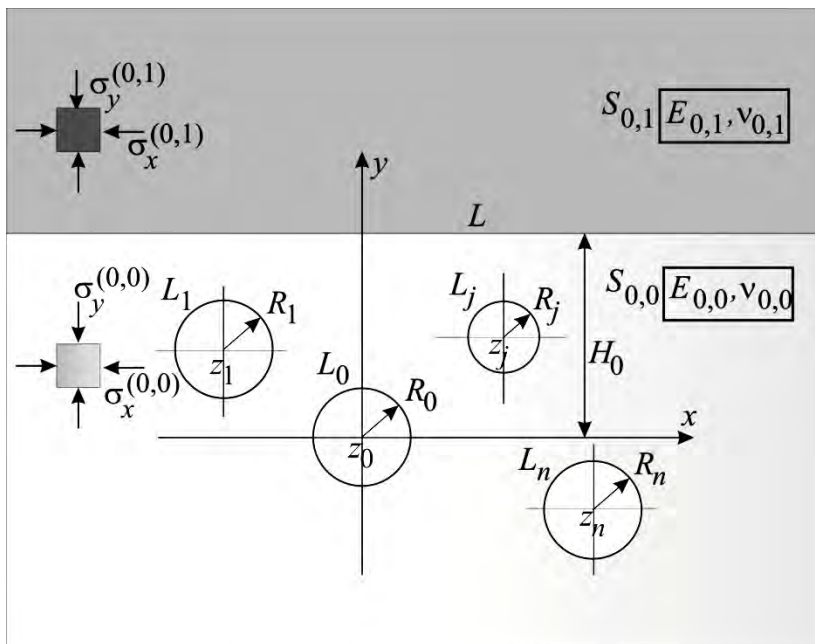


Рисунок 1. Расчетная схема

Действие собственного веса пород моделируется заданием в областях  $S_{0,j}$  ( $j=0,1$ ) линейно изменяющихся с глубиной (безразмерной координатой  $y$ ) полей начальных напряжений  $s_x^{(0,j)(0)}$ ,  $s_y^{(0,j)(0)}$  ( $j=0,1$ ). При этом, принимая во внимание различные значения удельного веса и коэффициента бокового давления  $l_j$  в областях  $S_{0,j}$  ( $j=0,1$ ), соответствующие выражения для начальных напряжений записываются в виде:

$$s_y^{(0,j)(0)} = \begin{cases} \dot{\gamma} - \gamma_{0,1}R_0(h - h_0) - \gamma_{0,0}R_0(h_0 - y) & \text{при } j = 0 \\ \dot{\gamma} - \gamma_{0,1}R_0(h - y) & \text{при } j = 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$s_x^{(0,j)(0)} = l_j s_y^{(0,j)(0)}, \quad t_{xy}^{(0,j)(0)} = 0, \quad (j=0,1)$$

Нижняя и верхняя области  $S_{0,0}$  и  $S_{0,1}$  деформируются совместно, то есть на линии контакта  $L$  выполняются условия непрерывности векторов напряжений и смещений.

Компоненты полных напряжений должны удовлетворять системе дифференциальных уравнений равновесия, условию совместности деформаций и граничным условиям:

- на границе  $L$  раздела сред  $S_{0,j} (j=0,1)$  в декартовой системе:

$$\mathfrak{S}_y^{(0,1)} = \mathfrak{S}_y^{(0,0)}; \quad \mathfrak{V}_{xy}^{(0,1)} = \mathfrak{V}_{xy}^{(0,0)}; \quad u_x^{(0,0)} = u_x^{(0,1)}; \quad u_y^{(0,0)} = u_y^{(0,1)} \quad (3)$$

- на контурах отверстий (выработок)

$$L_j (j=0, \dots, n): \mathfrak{S}_r^{(j)} = 0; \quad \mathfrak{V}_{rq}^{(j)} = 0 \quad (4)$$

Здесь  $\mathfrak{S}_y^{(0,j)}; \mathfrak{V}_{xy}^{(0,j)} (j=1,2); \mathfrak{S}_r^{(j)}; \mathfrak{V}_{rq}^{(j)} (j=0, \dots, n)$  - полные напряжения в областях  $S_{0,j} (j=1,2)$  соответственно на контурах  $L, L_j (j=0, \dots, n)$ ;  $u_x^{(0,j)}, u_y^{(0,j)}, u_r^{(0,j)}, u_q^{(0,j)} (j=0,1)$  - дополнительные смещения в соответствующих областях.

Вводя в рассмотрение комплексные потенциалы Колосова – Мухелишвили [4], определяющие напряженно-деформированное состояние рассматриваемых областей  $S_{0,j} (j=0,1)$ , приходим к краевой задаче теории функций комплексного переменного, решение которой будем строить на основе применения аппарата аналитического продолжения функций, регулярных в соответствующих областях  $S_{0,j}$  через прямолинейную границу  $L$ . При этом применительно к нижней полуплоскости  $S_{0,1}$  (вне отверстий) вводятся потенциалы  $\mathfrak{P}_{0,1}^0, \mathfrak{Y}_{0,1}^0$ , которые представляются в виде сумм двух групп аналитических функций:

$$\mathfrak{P}_{0,1}^0(z) = \mathfrak{P}_{0,1}^{(0)}(z) + \mathfrak{P}_{0,1}^{(1)}(z), \quad \mathfrak{Y}_{0,1}^0(z) = \mathfrak{Y}_{0,1}^{(0)}(z) + \mathfrak{Y}_{0,1}^{(1)}(z) \quad (5)$$

где  $\mathfrak{P}_{0,1}^{(0)}(z), \mathfrak{Y}_{0,1}^{(0)}(z)$  - функции, определяющие напряженно-деформированное состояние нижней области  $S_{0,1}$ , включая бесконечно удаленную точку,  $\mathfrak{P}_{0,1}^{(1)}(z), \mathfrak{Y}_{0,1}^{(1)}(z)$  - функции, введенные для учета влияния верхней области  $S_{0,2}$  с другими деформационными характеристиками.

Следуя работе [2] потенциалы  $\mathfrak{P}_{0,1}^{(0)}(z), \mathfrak{Y}_{0,1}^{(0)}(z)$  отыскиваются в виде

$$\mathfrak{P}_{0,1}^{(0)}(z) = \mathring{a} \sum_{m=0}^n \mathfrak{P}_{0,m}^{(0)}(z - z_m), \quad \mathfrak{Y}_{0,1}^{(0)}(z) = \mathring{a} \sum_{m=0}^n \mathfrak{Y}_{0,m}^{(0)}(z - z_m) \quad (6)$$

где потенциалы  $\mathfrak{P}_{0,m}^{(0)}(z - z_m), \mathfrak{Y}_{0,m}^{(0)}(z - z_m)$ , определяющие напряженное состояние области  $S_{0,1}$  вне отверстий, представляются согласно ра-

боте [4].

Решение поставленной задачи реализовано в виде хорошо сходящегося итерационного процесса, основанного на адаптации известных формул [2] применительно к заданным условиям. Особенность предлагаемого подхода заключается в том, что определение искомым потенциалов производится по замкнутым формулам. Таким образом, в первом приближении, рассматривается задача для бесконечной однородной среды с одним круговым отверстием. В последующих итерациях расчеты, произведенные с учетом ранее найденных комплексных потенциалов, позволяют произвести учет влияния, как границы раздела слоев, так и близкорасположенных отверстий (выработок). При этом вычислительный процесс в каждом приближении контролируется путем проверки точности удовлетворения граничных условий (3) - (4).

#### **Библиографический список**

1. Булычев Н.С. *Механика подземных сооружений: Учеб. для вузов. - 2-у изд., перераб. и доп. - М.:Недра. -1994.-382 с.*
2. Фотиева Н.Н., Козлов А.Н. *Расчет крепи параллельных выработок в сейсмических районах - М.:Недра, 1992, 231 с.*
3. Амузин Б.З., Линьков Л.М. *Об использовании метода переменных модулей для решения одного класса задач линейной наследственной ползучести // Изв. АН СССР. Механика твердого тела.1974 - №6, С. 162 -166.*
4. Мухелишвили Н.И. *Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: АН СССР, 1966. 576 с.*



УДК

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА АНКЕРНОЙ КРЕПИ ПРИ РЕМОНТЕ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

**Маркин И.В.**

*НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия*

*Кратко рассмотрены основные виды анкерной крепи горных выработок. Дан анализ существующих методов расчета анкерной крепи. Отмечена необходимость дальнейшего совершенствования методики расчета анкерной крепи при обосновании проектных решений по ремонту и восстановлению работоспособности капитальных горных выработок.*

*Ключевые слова: выработка, устойчивость, крепь, анкер, расчет, несущая способность, метод конечных элементов.*

Безремонтное поддержание капитальных горных выработок в устойчивом состоянии является необходимым условием для эффективной эксплуатации горного предприятия. Для крепления и поддержания капитальных выработок применяются различные конструкции, которые классифицируются по принципу действия, материалу, технологии возведения, режиму работы и другим признакам. В общем объеме затрат стоимость крепления достигает 50% и более, при этом затраты на капитальный ремонт, реконструкцию и восстановление выработок могут превышать величину капитальных вложений при их проходке.

Обеспечить снижение материальных затрат на всех стадиях жизненного цикла выработок можно путем широкого применения анкерной крепи, которая может успешно применяться не только как самостоятельный вид крепления, но в составе комбинированной конструкции крепи.

В настоящее время в нашей стране наиболее широко применяются анкера контактного типа, к которым, в частности, относятся железобетонные, сталеполимерные и винтовые анкера. По способу установки, в зависимости от последовательности операций по заполнению скважин бетоном и установке арматуры, железобетонные анкера можно разделить на набивные и нагнетаемые. Технология установки набивных анкеров более проста, поэтому они получили наибольшее распространение. Несомненными их преимуществами являются простота конструкции, возможность применения в любых породах, прочное скрепление пород по всей длине скважины, низкая стоимость. Однако железобетонные анкера способны воспринимать нагрузку только после набора бетоном надлежащей прочности, т.е. через 10-12 часов, что ограничивает область их эффективного применения.

В известной мере данного недостатка лишены сталеполимерные и сталеминеральные анкера, представляющие собой стальной стержень и заполнители из быстротвердеющих смесей на основе цемента или синтетических смол.

В отечественной практике для крепления горных выработок применяются металлические анкера АКЦ с закреплением патронированными быстротвердеющими смесями на цементной основе конструкции ИГД им. А.А. Скочинского и НИИОГРа, АКХ с закреплением быстротвердеющим химическим составом, полимерный анкер АКП ИГД им. А.А. Скочинского, анкера на основе ампул минеральных АМК и ЗМК компании РАНК-2 и др. [1-3].



Современные анкера контактного типа способны воспринимать нагрузки практически сразу после установки: через 1 час после установки они набирают, как правило, до 50% несущей способности, а через 4 часа – до 85%.

Вместе с тем сложной задачей механики подземных сооружений является обоснование основных параметров анкерной крепи: длины, плотности установки, несущей способности.

На ранних этапах развития механики горных пород основным подходом к проектированию крепи являлся расчет на заданные нагрузки, в качестве которых с некоторым коэффициентом запаса принимался вес какой-то части массива.

Современный этап развития механики подземных сооружений характеризуется рассмотрением совместного деформирования массива и крепи, как единой деформируемой системы [2-4].

Учет совместного деформирования элементов крепи и массива пород в случае соответствия данной схемы физической сущности процесса, позволяет рассматривать задачу расчета крепи как контактную, решением которой является напряженно-деформированное состояние системы «крепь-массив», а действующие усилия не задаются априори, но получаются в процессе расчета, как результат взаимодействия системы в соответствии с механическими характеристиками элементов.

Такой подход является методологической основой современных способов расчета и конструирования элементов крепи и дает более достоверные результаты.

Труды советских ученых А.И. Динника, С.Г. Лехницкого, Н.И. Мухелишвили, Г.И. Савина, Д.И. Шермана и др. в области теории упругости и Ш.М. Аталиева, Н.С. Булычева, Ж.С. Ержанова, В.Н. Сеневского, Н.Н. Фотиевой и др. в области расчета подземных сооружений позволяют в настоящее время решать подобные задачи [4-5].

Основные представления о работе анкерной крепи сводятся к тому, что существуют в различных модификациях три гипотезы взаимодействия анкерной крепи с массивом.

1. Схема «сшивки» пород. По этой схеме скрепленные штангами породы до образования трещин работают как единая система, сопротивление изгибу которой выше, чем суммарное сопротивление отдельных нескрепленных слоев той же толщины. После появления трещин образуются блоки, связывающим элементом которых являются анкеры. Образовавшаяся блочная система, заклиненная анкерами, воспринимает нагрузку вышележащих слоев пород.

Данная схема вполне отражает действительный характер работы анкерной крепи, но требует более подробных и надежных прогнозирую-

щих данных о свойствах породного массива и более сложна в расчетном отношении. Для расчета необходимо иметь достоверные данные о строении и прочностных характеристиках массива, его напряженном состоянии в зоне влияния выработки и ожидаемых смещениях.

2. Схема «подвешивания», согласно которой разрушенные породы непосредственной кровли подвешиваются к более прочным породам основной кровли. При этом анкеры устанавливаются за пределами естественного свода обрушения и воспринимают нагрузку от веса свода или толщи пород непосредственной кровли. Из вышеизложенного следует, что расчет анкерной крепи по данной гипотезе сводится к определению величины нарушенной зоны и предельной прочности закрепления анкера [2].

Данная схема достаточна проста и наглядна, но не в полной мере отражает действительный характер работы анкерной крепи. Обычно она используется при сравнительно небольших размерах зоны возможного обрушения (до 2 м).

3. Схема, учитывающая влияние анкеров на напряженно-деформированное состояние породного массива вблизи выработки. Данный подход основывается на воздействии ее на напряженно-деформированное состояние окружающего выработку массива. Массив вблизи анкера моделируется упругим полупространством, а воздействие напряженного анкера моделируется системой сил, приложенных к поверхности полупространства и в глубине его.

Общая предпосылка расчета заключается в том, что усилия в анкерах воздействуют на массив, образуя в нем относительно равномерное поле сжимающих напряжений, повышающих устойчивость подкрепленной выработки.

Решение таких задач рассмотрено, в работах Кравченко Г.И. [2], где исследовалось действие сосредоточенной силы в упругой полуплоскости, Степаняна М.Н. [3] для анкеров замкового типа и Завьялова Р.Ю. [4] для анкеров контактного действия. Основными принципами расчета при этом являются следующие:

- монолитная бетонная крепь и породный массив рассматриваются как весомая совместно линейно деформируемая среда;
- анкер испытывает продольные деформации, вызываемые смещением массива и крепи.
- выполняется условие равенства точек крепления анкера и соответствующих точек массива и крепи.

Условие совместности перемещений точек закрепления анкера и соответствующих точек массива пород для анкеров контактного типа можно представить в виде:

$$D_{i,i+1}^j = \sum_{k=1}^N \sum_{p=1}^M P_{kp} (U_{i+1}^{kp} - U_{ij}^{kp}) + (U_{i+1,j}(\mathbf{gH}) - U_{ij}(\mathbf{gH})),$$

где  $U_{i+1}^{kp}, U_{ij}^{kp}$  – перемещения вдоль оси стержня  $(i+1)$  и  $i$ -й точек закрепления  $j$  - того анкера под действием единичной силы, приложенной в  $p$ -й точке  $k$  - го стержня соответственно;

$U_{i+1,j}^0, U_{ij}^0$  – перемещения указанных точек под действием начального поля напряжений;

$P_{kp}$  – значения усилий, возникающих в точках закрепления анкерных стержней в массиве пород;

$j=1,2,\dots,N; k=1,2,\dots,N; i=1,2,\dots,M; p=1,2,\dots,M;$

$N$  – количество анкерных стержней;

$M$  – количество точек закрепления анкерного стержня в массиве.

В результате решения данного уравнения определяются параметры влияния анкерной крепи на напряженно-деформированное состояние (НДС) массива. Следует отметить, что существующие методики расчета анкерной крепи по третьей схеме, в частности [5], содержат ряд допущений, по сути ограничивающих область их применения рассмотрением плоских задач в однородном породном массиве.

На помощь здесь приходят приближенные численные методы расчета, реализуемые в современных геотехнических программных комплексах. Наибольшее применение для рассмотрения самого широкого класса задач механики подземных сооружений получил в настоящее время метод конечных элементов. Многие ученые и специалисты применяют этот метод и для анализа напряженно-деформированного состояния выработок, закрепленных анкерной крепью [6-7].

Следует отметить, что адекватное рассмотрение работы анкерной крепи ремонтируемых горных выработок возможно только с учетом нелинейной и запредельной стадий деформирования пород, а также при обязательной оценке влияния на эти процессы природной и техногенной нарушенности массива [8].

Особую сложность представляет решение задач, связанное с изучением НДС эксплуатационных выработок, техническое состояние которых оценивается как ограниченно работоспособное или аварийное. Подбор крепи усиления или упрочняющей анкерной крепи в таких условиях должен осуществляться на основании стадийных расчетов, позволяющих поэтапно рассмотреть все процессы, протекающие в системе «деформированный массив – существующая крепь – крепь усиления (новая крепь)». Верификацию стадийных моделей следует производить на основе данных экспериментальных замеров деформа-

ций и напряжений в выработках, проведённых в период их эксплуатации. Только такой подход позволит обеспечить необходимую точность оценки НДС и обоснованность окончательно принимаемых проектных решений.

**Библиографический список:**

1. Заятдинов Д.Ф. и [др.]. Результаты испытаний анкеров, установленных на ампулы АМК ДК при различном характере нагрузок // «Маркшейдерия и недропользование». № 4. 2014. С. 25 – 29.
2. Кравченко Г.И. Облегченные крепи вертикальных выработок. М.: Недра, 1974. 208 с.
3. Степанян М.Н. расчет анкерной крепи замкового типа // Механика подземных сооружений / Сб. науч. тр. Тула: ТулПИ, 1989. С. 16 - 20.
4. Завьялов Р.Ю. Теория и методы расчета анкерной крепи протяженных выработок. – Тула, изд. ТулГУ, 2000. 162 с.
5. Привалов А.А. Взаимодействие анкерной крепи и вмещающих пород вблизи выработок. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. 56 с.
6. Плешко М.С., Плешко М.В. Инновационные подходы к проектированию конструкций крепи глубоких вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 7. С. 223-227.
7. Плешко М.С. Аналитическое исследование способов повышения несущей способности монолитной бетонной крепи вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 8. С. 263-268.
8. Голик В.И., Масленников С.А., Хуньес Родригес А.М., Анищенко В.И. Исследование ослабленности массива пород при подземной добыче руд // Горные науки и технологии. 2019. Т. 4. № 4. С. 251-261.



**УДК 539.2**

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЗОН НЕУПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТА  
ВОКРУГ ВЫРАБОТКИ, ПРОЙДЕННОЙ ВБЛИЗИ СКЛОНА**

**Анциферов С.В., Кудрявцев М.А., Дворянкин В.Г.**  
Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

*Приводятся отдельные результаты разработки метода оценки устойчивости склона, в котором закрытым способом пройдены выработка, трасса которой параллельна наклонной земной поверхности. Дано описание задачи теории упругости о напряженном состоянии полубесконечной среды, ослабленной круговым отверстием, контур которого нагружен равномерным давлением. Сформулированы граничные условия соответствующей краевой задачи теории функций комплексного переменного,*

*описаны представления соответствующих потенциалов Колосова-Мухелишвили и алгоритм решения задачи. Для визуализации расчетных значений напряжений вокруг тоннеля в массиве грунта при наклонной земной поверхности разрабатывается соответствующая компьютерная программа.*

*Ключевые слова: склон, выработка устойчивость.*

В работах [1, 8] предложены методы расчета монолитных обделок параллельных тоннелей, сооруженных закрытым способом вблизи склона на действие соответственно собственного веса грунта и действие веса объектов на земной поверхности. В работе [7] полученные результаты были обобщены на обделки тоннелей, возводимых с применением предварительного инъекционного упрочнения грунта, в результате которого вокруг обделок тоннелей образуется концентрические цилиндрические области укрепленного грунта с деформационными характеристиками, отличающимися от соответствующих величин для грунта в естественном состоянии.

В качестве развития предложенных методов расчета обделок тоннелей, сооруженных в непосредственной близости от наклонной земной поверхности, предлагается выполнение геомеханического обоснования возникновения зон неупругих деформаций грунта вокруг неподкрепленных выработок вблизи склона на основе применения условия прочности Кулона-Мора [4].

С этой целью было получено аналитическое решение задачи теории упругости об определении напряженно-деформированного состояния линейно деформируемой невесомой однородной полуплоскости, ослабленной круговым отверстием радиуса  $R$ , расположенного на расстоянии  $H$  от прямолинейной границы  $L_0$ . Контур отверстия  $L_1$  испытывает равномерное давление интенсивностью  $p$ . Среда  $S$  характеризуется модулем деформации  $E$  и коэффициентом Пуассона  $\nu$ . Расчетная схема задачи приведена на рис. 1.

Граничные условия задачи формулируются следующим образом:

- на прямолинейной границе  $L_0$

$$s_y^{(0)} = 0, t_{xy}^{(0)} = 0; \quad (1)$$

- на контуре отверстия  $L_1$

$$s_r^{(1)} = -p; t_{rq}^{(1)} = 0. \quad (2)$$

В условиях (3) напряжения  $s_y^{(0)}, t_x^{(0)}$  - нормальные и касательные напряжения на контуре  $L_0$  в прямоугольной системе координат;  $s_r^{(1)}, t_{rq}^{(1)}$  - радиальные и касательные напряжения в точках контура  $L_1$  в полярной системе координат с полюсом в точке  $O$ .

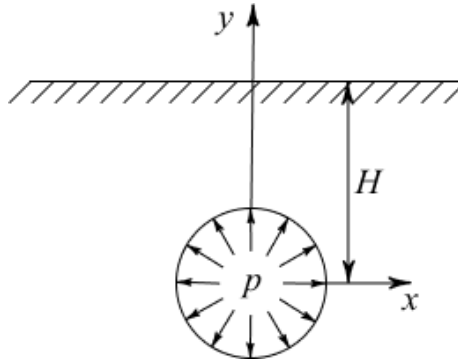


Рис. 1. Расчетная схема

Решение задачи теории упругости получено с использованием математического аппарата теории функций комплексного переменного (ТФКП). Такой подход предусматривает введение комплексных потенциалов Колосова-Мухелишвили  $\tilde{f}(z), \tilde{y}(z)$ , полностью определяющих напряжения и смещения в среде вне кругового отверстия. При известных комплексных потенциалах напряжения и смещения в прямоугольной системе координат вычисляются по формулам [6]:

$$s_x + s_y = 4 \operatorname{Re} \tilde{f}'(z);$$

$$s_y - s_x + 2it_{xy} = 2 \left[ \overline{z} \tilde{f}''(z) + \tilde{y}'(z) \right]; \quad (3)$$

$$2m[u + iv] = \frac{E}{2(1+n)} \left[ \alpha \tilde{f}(z) - \overline{z \tilde{f}'(z)} - \overline{\tilde{y}'(z)} \right]$$

где  $z = x + iy$  - аффиксы точек области  $S$ ;

$$\alpha = 3 - 4\nu, \quad m = \frac{E}{2(1+n)}. \quad (4)$$

После перехода к соответствующей краевой задаче ТФКП ее граничные условия, отражающие отсутствие внешних нагрузок на ли-

нии  $L_0$  и наличие на контуре отверстия  $L_1$  равномерно распределенного давления интенсивности  $p$ , принимают вид:

$$\tilde{f}(t_0) + t_0 \tilde{f}'(t_0) + \overline{\tilde{y}(t_0)} = 0 \text{ на прямолинейной границе } L_0; \quad (5)$$

$$\tilde{f}(t_1) + t_1 \tilde{f}'(t_1) + \overline{\tilde{y}(t_1)} = -pt_1 \text{ на контуре отверстия } L_1, \quad (6)$$

где  $t_0 = x + iH$ ;  $t_1 = R \times e^{iq} = Rs$ ;  $s = e^{iq}$  - точка единичной окружности.

Для выполнения аналитического продолжения потенциалов  $\tilde{f}(z)$ ,  $\tilde{y}(z)$  через прямолинейную границу  $L$  в верхнюю полуплоскость, дополняющую область  $S$  до полной плоскости, ослабленной отверстием, вводятся новые комплексные функции  $j(z)$ ,  $y(z)$ , регулярные в полной плоскости вне отверстия радиусом  $R$  [3]. Тогда они могут быть представлены в виде бесконечных рядов с неизвестными коэффициентами по отрицательным степеням комплексной переменной  $z/R$ :

$$j(z) = \sum_{k=1}^{\infty} c_k^{(1)} \frac{z}{R} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-k}, \quad y(z) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k^{(2)} \frac{z}{R} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-k}. \quad (7)$$

В результате аналитического продолжения с использованием теоремы Сохоцкого-Племеля, свойств интегралов типа Коши и рядов Лорана [2, 3] и условия на границе полуплоскости (3) для исходных потенциалов  $\tilde{f}(z)$ ,  $\tilde{y}(z)$  удается получить следующие соотношения

$$\tilde{f}(z) = j(z) + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{kc_k^{(1)}} \times \frac{z}{R} \times \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-k} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-(k+1)} - \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{c_k^{(2)}} \frac{z}{R} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-k} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-k}; \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \tilde{y}(z) = & y(z) - \sum_{k=1}^{\infty} (k+1) c_k^{(1)} \frac{z}{R} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-k} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-k} + \\ & + \sum_{k=1}^{\infty} k(k+1) c_k^{(1)} \times \frac{z}{R} \times \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-k} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-(k+1)} - \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{kc_k^{(2)}} \frac{z}{R} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-k} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}^{-k}. \quad (9) \end{aligned}$$

Неизвестные в общем случае комплексные коэффициенты  $c_k^{(1)}$  ( $k = 1, \dots, \infty$ ) и  $c_k^{(2)}$  ( $k = 0, 1, \dots, \infty$ ) подлежат определению.

На контурах отверстия  $L_1$ , т.е. при  $z = t_1 = Rs$ , функции, определенные соотношениями (6), (7) принимают вид

$$\tilde{f}(t_1) = \sum_{k=1}^{\infty} \overset{\circ}{a} c_k^{(1)} s^{-k} + \sum_{k=1}^{\infty} \overset{\circ}{a} k c_k^{(1)} \overline{\times s} \times \frac{\overset{\circ}{a} e}{\overset{\circ}{e}} - 2i \frac{H \ddot{\circ}}{R \overset{\circ}{\emptyset}}^{-(k+1)} - \sum_{k=0}^{\infty} \overset{\circ}{a} c_k^{(2)} \overline{\times s} \times \frac{\overset{\circ}{a} e}{\overset{\circ}{e}} - 2i \frac{H \ddot{\circ}}{R \overset{\circ}{\emptyset}}^{-k}; \quad (10)$$

$$\tilde{y}(t_1) = \sum_{k=0}^{\infty} \overset{\circ}{a} c_k^{(2)} s^{-k} - \sum_{k=1}^{\infty} \overset{\circ}{a} (k+1) c_k^{(1)} \overline{\times s} \times \frac{\overset{\circ}{a} e}{\overset{\circ}{e}} - 2i \frac{H \ddot{\circ}}{R \overset{\circ}{\emptyset}}^{-k} + \sum_{k=1}^{\infty} \overset{\circ}{a} k(k+1) c_k^{(1)} \overline{\times s} \times \frac{\overset{\circ}{a} e}{\overset{\circ}{e}} - 2i \frac{H \ddot{\circ}}{R \overset{\circ}{\emptyset}}^{-(k+1)} - \sum_{k=1}^{\infty} \overset{\circ}{a} k c_k^{(2)} \overline{\times s} \times \frac{\overset{\circ}{a} e}{\overset{\circ}{e}} - 2i \frac{H \ddot{\circ}}{R \overset{\circ}{\emptyset}}^{-k}. \quad (11)$$

Полученные выражения с использованием известных разложений [5] запишем в виде рядов по отрицательным и положительным степеням переменной  $s$  :

$$\tilde{f}(t_1) = j(t_1) - \sum_{n=0}^{\infty} \overset{\circ}{a} I_{0,n} c_n^{(2)} + \sum_{k=1}^{\infty} \overset{\circ}{a} c_k^{(3)} s^k; \quad (12)$$

$$\tilde{y}(t_1) = y(t_1) - \sum_{n=1}^{\infty} \overset{\circ}{a} \overset{\circ}{e} (n+1) I_{0,n} c_n^{(1)} + n I_{0,n} c_n^{(2)} \overset{\circ}{\dot{u}} + \sum_{k=1}^{\infty} \overset{\circ}{a} c_k^{(4)} s^k, \quad (13)$$

в которых использованы следующие обозначения

$$I_{n,k} = C_{-k}^n e^{n+k}; \quad e = -\frac{R}{2iH}; \quad C_{-k}^n = (-1)^n \frac{(k+n-1)!}{(k-1)!n!} \quad (14)$$

$$c_k^{(3)} = \sum_{n=0}^{\infty} \overset{\circ}{a} \overset{\circ}{e} I_{0,n} n I_{k-1,n+1} c_n^{(1)} - I_{k,n} c_n^{(2)} \overset{\circ}{\ddot{\circ}}; \quad (15)$$

$$c_k^{(4)} = \sum_{n=1}^{\infty} \overset{\circ}{a} \overset{\circ}{e} (n+1) \overset{\circ}{e} n I_{k-1,n+1} - I_{k,n} \overset{\circ}{\ddot{\circ}} c_n^{(1)} - n I_{k,n} c_n^{(2)} \overset{\circ}{\dot{u}}. \quad (16)$$

Граничное условие (6), преобразованное с использованием соотношений (12), (13), принимает вид

$$j(t_1) + t_1 j'(t_1) + y(t_1) = \sum_{k=1}^{\infty} \overset{\circ}{a} L_k^{(1)} s^{-k} + \sum_{k=0}^{\infty} \overset{\circ}{a} L_k^{(2)} s^k, \quad (17)$$

где

$$L_k^{(1)} = -(k+2) c_{k+2}^{(3)} - c_k^{(4)}; \quad (18)$$



$$L_k^{(2)} = l_{k,0} \frac{\dot{e}}{\dot{e}} 2c_2^{(3)} + \overset{\forall}{\underset{n=0}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} \overset{\circ}{\mathbf{c}}_{0,n} c_n^{(2)} + d_{0,n(n+1)} \overline{I_{0,n} c_n^{(1)}} + n \overline{I_{0,n} c_n^{(2)}} \frac{\ddot{u}}{\ddot{u}} - l_{k,1} \overset{\circ}{\mathbf{c}}_{pR} + c_1^{(3)} \frac{\ddot{0}}{\ddot{0}} - d_{0,k} c_k^{(3)}. \quad (19)$$

Соотношение (17) представляет граничное условие задачи о напряженном состоянии бесконечной среды вокруг кругового отверстия при действии на контуре  $L_1$  равномерного внутреннего давления с наличием в правой части соотношения неизвестных слагаемых, отвечающих за влияние прямолинейной границы  $L_0$ .

Подстановка следующих представлений для функций  $j(z)$ ,  $y(z)$  на контуре  $L_1$

$$j(t_1) = \overset{\forall}{\underset{k=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} c_k^{(1)} s^{-k}; \quad y(t_1) = \overset{\forall}{\underset{k=0}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} c_k^{(2)} s^k \quad (20)$$

в граничное условие (15) позволяет получить следующее выражение

$$\overset{\forall}{\underset{k=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} c_k^{(1)} s^{-k} - \overset{\forall}{\underset{k=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} d_{2,k} (k-2) c_{k-2}^{(1)} s^k + \overset{\forall}{\underset{k=0}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} c_k^{(2)} s^k = \overset{\forall}{\underset{k=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} L_k^{(1)} s^{-k} + \overset{\forall}{\underset{k=0}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} L_k^{(2)} s^k. \quad (21)$$

Приравнявая в левой и правой частях выражения (21) коэффициенты при нулевой и одинаковых отрицательных и положительных степенях переменной  $s$ , имеем:

$$c_k^{(1)} = L_k^{(1)}, \quad k = 1, \dots, \forall; \quad (22)$$

$$c_0^{(2)} = \overline{L_0^{(2)}}; \quad c_1^{(2)} = \overline{L_1^{(2)}}; \quad c_2^{(2)} = \overline{L_2^{(2)}};$$

$$c_k^{(2)} = \overline{L_k^{(2)}} + (k-2)c_{k-2}^{(1)}, \quad k = 3, \dots, \forall. \quad (23)$$

Полученные соотношения (22), (23) позволяют организовать итерационный процесс определения искомых коэффициентов  $c_k^{(1)}$  ( $k = 1, \dots, \forall$ ) и  $c_k^{(2)}$  ( $k = 0, 1, \dots, \forall$ ) по следующему алгоритму:

1. Ограничим количество удерживаемых членов в рядах  $c_k^{(1)}$  числом  $N+2$  и  $c_k^{(2)}$  - числом  $N$ , где  $N$  - число, обеспечивающее не-

обходимую точность удовлетворения граничных условий, определенное по результатам вычислительного эксперимента.

2. Коэффициенты  $c_k^{(1)}$  ( $k = 1, \dots, N + 2$ ) и  $c_k^{(2)}$  ( $k = 0, 1, \dots, N$ ) полагаются равными нулю.

3. Вычисляются коэффициенты  $c_k^{(3)}$  ( $k = 0, 1, \dots, N + 2$ ) и  $c_k^{(4)}$  ( $k = 1, \dots, N + 2$ ) по формулам (15), (16).

4. Вычисляются коэффициенты  $L_k^{(1)}$  ( $k = 0, 1, \dots, N + 2$ ) и  $L_k^{(2)}$  ( $k = 0, 1, \dots, N + 2$ ) по формулам (18), (19).

5. По формулам (22) определяются  $c_k^{(1)}$  ( $k = 1, \dots, N + 2$ ).

6. По формулам (23) определяются  $c_k^{(2)}$  ( $k = 1, \dots, N$ ).

7. Выполняется сравнение коэффициентов  $c_k^{(1)}$  ( $k = 1, \dots, N + 2$ ) и  $c_k^{(2)}$  ( $k = 1, \dots, N$ ), вычисленных на двух последующих итерациях. При отличиях, превышающих наперед заданную сколь угодно малую величину  $\epsilon$ , например,  $\epsilon = 10^{-6}$ , осуществляется переход на п. 3. При достижении точности текущие значения  $c_k^{(1)}$  ( $k = 1, \dots, N + 2$ ) и  $c_k^{(2)}$  ( $k = 0, 1, \dots, N$ ) являются окончательными.

8. Горизонтальные  $s_x$  и вертикальные  $s_y$ , а также касательные  $t_{xy}$  напряжения в точках  $z$  области  $S$ , моделирующей массив грунта, определяются по следующим формулам, полученным из (3):

$$\begin{aligned} s_x &= \operatorname{Re} \left( 2\tilde{f}'(z) - \bar{z}\tilde{f}''(z) - \tilde{y}'(z) \right), \\ s_y &= \operatorname{Re} \left( 2\tilde{f}'(z) + \bar{z}\tilde{f}''(z) + \tilde{y}'(z) \right), \\ t_{xy} &= \operatorname{Im} \left( \bar{z}\tilde{f}''(z) + \tilde{y}'(z) \right). \end{aligned} \quad (24)$$

9. Радиальные  $s_r$ , нормальные тангенциальные  $s_q$  и касательные  $t_{r,q}$  напряжения в полярной системе координат  $rOq$  на контуре  $L_1$  ( $z = R \times e^{iq}$ )

$$\begin{aligned} s_r &= \operatorname{Re} \left( 2\tilde{f}'(z) - \frac{\bar{z}}{z}\tilde{f}''(z) + \tilde{y}'(z) \right) \frac{\partial}{\partial r} e^{2iq} \frac{\partial}{\partial \theta}, \\ s_q &= \operatorname{Re} \left( 2\tilde{f}'(z) + \frac{\bar{z}}{z}\tilde{f}''(z) + \tilde{y}'(z) \right) \frac{\partial}{\partial r} e^{2iq} \frac{\partial}{\partial \theta}, \end{aligned} \quad (25)$$

$$t_{rq} = \operatorname{Im} \frac{\partial \tilde{f}}{\partial z} (z) + \tilde{y}'(z) \frac{\partial \tilde{u}}{\partial z}.$$

Следует отметить, что для вычисления напряжений по формулам (24), (25) используются следующие выражения для производных от представлений комплексных потенциалов в степенные ряды (8), (9):

$$\begin{aligned} \tilde{f}'(z) = & -\frac{1}{R} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{c_k^{(1)} \bar{z}}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+1)} + \frac{1}{R} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{c_k^{(1)} \bar{z}}{R} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+1)} - \\ & - \frac{1}{R} \sum_{k=1}^{\infty} k(k+1) \frac{c_k^{(1)} \bar{z}}{R} \frac{\partial}{\partial z} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+2)} + \\ & + \frac{1}{R} \sum_{k=0}^{\infty} k c_k^{(2)} \frac{\bar{z}}{R} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+1)}; \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \tilde{f}''(z) = & \frac{1}{R^2} \sum_{k=1}^{\infty} k(k+1) c_k^{(1)} \frac{\bar{z}}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+2)} - \\ & - \frac{2}{R^2} \sum_{k=1}^{\infty} k(k+1) c_k^{(1)} \frac{\bar{z}}{R} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+2)} + \\ & + \frac{1}{R^2} \sum_{k=1}^{\infty} k(k+1)(k+2) c_k^{(1)} \frac{\bar{z}}{R} \frac{\partial}{\partial z} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+3)} - \\ & - \frac{1}{R^2} \sum_{k=0}^{\infty} k(k+1) c_k^{(2)} \frac{\bar{z}}{R} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+2)}; \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \tilde{y}'(z) = & -\frac{1}{R} \sum_{k=0}^{\infty} k c_k^{(2)} \frac{\bar{z}}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+1)} + \frac{2}{R} \sum_{k=1}^{\infty} k(k+1) c_k^{(1)} \frac{\bar{z}}{R} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+1)} - \\ & - \frac{1}{R} \sum_{k=1}^{\infty} k(k+1)^2 c_k^{(1)} \frac{\bar{z}}{R} \frac{\partial}{\partial z} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+2)} + \\ & + \frac{1}{R} \sum_{k=1}^{\infty} k^2 c_k^{(2)} \frac{\bar{z}}{R} - 2i \frac{H}{R} \frac{\partial}{\partial z} -^{(k+1)}. \end{aligned} \quad (28)$$

На основе алгоритма, реализующего полученное решение задачи теории упругости составлена компьютерная программа определения напряженного состояния массива грунта вокруг выработки. Программа позволяет вычислять все компоненты напряжений как в

полярной, так и прямоугольной системах координат. Помимо этого, возможно определение главных напряжений и соответствующих углов, определяющих положения главных площадок. Полученные компоненты напряжений позволяют определить зоны неупругих деформаций грунта вокруг выработки с использованием критерия прочности Кулона-Мора.

В настоящее время в среде Fortran Power Station разрабатывается программное обеспечение визуализации полученных результатов для каждой точки области грунта вокруг выработки в виде изообластей, объединяющих расчетные величины соответствующих напряжений в заданных интервалах.

С этой целью были рассмотрены четыре характерных случая взаимного расположения наклонной, вертикальных и горизонтальной границ относительно отверстия, моделирующего выработку. Схемы возможных конечных областей среды вокруг отверстия приведены на рис. 2.

Разработанная программа позволяет определять шаг изменения полярного угла для лучей (отрезков), соединяющих центр отверстия и точку пересечения этой линии с границами рассматриваемых областей, помимо этого возможен выбор количества точек (первая принадлежит контуру отверстия, последняя - границе области) на этих отрезках.

Результаты работы программы предусматривает получение изополей радиальных, нормальных тангенциальных и касательных напряжений в полярной системе координат; горизонтальных, вертикальных и касательных напряжений в декартовой системе координат; главных напряжений.

Полученные результаты в табличном и графическом видах упростят выполнение оценки устойчивости грунта вокруг выработки, пройденной параллельно склону.

#### **Библиографический список**

1. Анциферов С.В., Фомин А.В., Феклин А.А., Кудрявцев М.А. Исследование напряженного состояния массива пород и обделок параллельных тоннелей, сооружаемых вблизи горного склона// *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук.* - Новосибирск: ИГД СО РАН. - Т. 8. №1. - 2021. - С. 20 - 26.
2. Анциферов С.В. Метод расчета многослойных обделок параллельных тоннелей кругового поперечного сечения мелкого заложения: монография/ Тула: изд-во ТулГУ, 2014. - 298 с.
3. Араманович И.Г. О распределении напряжений в упругой полуплоскости, ослабленной подкрепленным круговым отверстием// Докл. АН СССР. М. 1955. Т. 104. №3. - С. 372 - 375.
4. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. - М.: Недра. -1982. - 270 с.

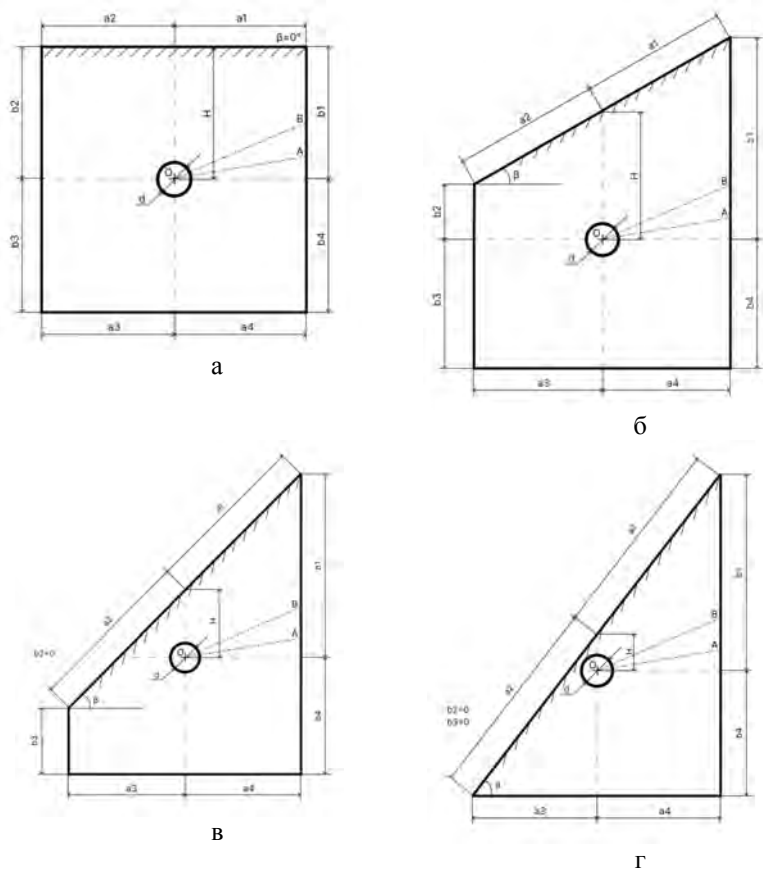


Рис. 2. Схемы областей среды вокруг отверстия

5. Давит Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. - М.: Наука. - 1973. - 228 с.

6. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука. 1966. - 707 с.

7. Феклин А.А. Разработка математической модели формирования напряженного состояния крепи параллельных горных выработок, сооружаемых в зонах технологически неоднородных пород// Проблемы недропользования. - Екатеринбург: ИГД УрО РАН. - №2 (33) – 2022. – С. 83 - 90.

8. Фомин А.В., Анциферов С.В. Определение напряженного состояния обделок параллельных тоннелей, сооруженных вблизи склона// Научные исследования в области технических и технологических систем. Сборник статей Международной научно-практической конференции. - Уфа: "ОМЕГА САЙНС". - 2018. - С. 104 - 109.



УДК 622.062

## **ОХРАНА КРЕПИ СОПРЯЖЕНИЯ ШАХТНОГО СТВОЛА, ПРОЙДЕННОГО В СОЛЯХ**

**Кириенко Ю.А.**

*УИТ НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия*

*Рассмотрена работа многослойной конструкции крепи узла сопряжения шахтного ствола с горизонтальной выработкой с помощью метода математического моделирования. Детальная трехмерная модель построена в программном комплексе Midas GTS NX. Сделаны выводы о необходимости устройства осадочного шва в крепи ствола над сопряжением.*

*Ключевые слова: расчет крепи, сопряжения, шахтный ствол, ползучесть каменной соли, метод конечных элементов, двухслойная крепь.*

**Введение.** В настоящий момент накоплен большой объем исследований проявления горного давления в крепи шахтных стволов [1,2] и горизонтальных выработок на соляных и калийных месторождениях. Многочисленные опыты на ползучесть каменной соли и ее поведение на длительном промежутке времени описаны в трудах В.А. Соловьева, В.Н. Аптукова [3], Д.М. Казикаева, С.В. Сергеева [4, 5], С.А. Константиновой [6]. Необходимо отметить, что при значительных материальных затратах при сооружении стволов наблюдаются механические разрушения крепи на всех стволах Верхнекамского и Солигорского рудниках вследствие возникновения в конструкциях чрезмерных напряжений.

Основной целью работы является обоснование эффективной комбинированной многослойной конструкции крепи сопряжений стволов с горизонтальными выработками. Для этого были выполнены следующие задачи исследования: 1) анализ напряженно-деформированного состояния вмещающего массива в процессе строительства и эксплуатации; 2) проведение численных экспериментов в пространственной постановке на участках сопряжений стволов и установление закономерностей между основными факторами, влияющими на нагрузку на крепь; 3) обоснование расположения и определение оптимальной толщины податливого слоя в кровле и боках выработок; 4) оценка необходимости, оптимальные расположения и размеры деформационных и осадочных швов в стволе и сопряжении.

На рис.1 приведена расчетная пространственная модель породного массива из подстилающей каменной соли (ПдКС), вмещающего вертикальный ствол диаметром в свету 8 м и сопряжения. Для массива

принята нелинейная модель пластического тела с параметрами линейной наследственной ползучести. Рассмотрены четыре типа сопряжений, отличающиеся размерами и конфигурацией. На рис. 2 приведен фрагмент расчетной модели - сопряжение ствола с комплексом загрузки скипов на глубине 438 м. На рис.3 показаны типы сопряжений, которые были рассмотрены в работе.

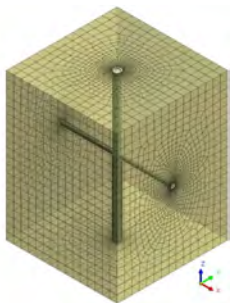


Рис. 1. Расчетная модель.

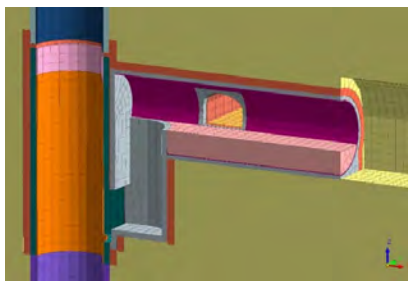


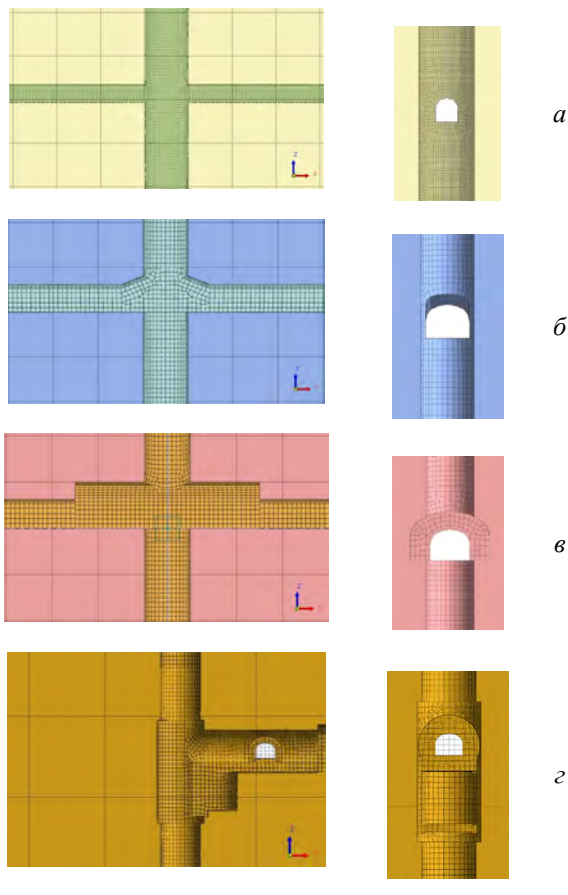
Рис. 2. Подробный фрагмент расчетной модели одностороннего сопряжения ствола с комплексом загрузки скипов.

По результатам расчетов смещений породной стенки ствола над сопряжением можно построить следующие графики (рис. 4)

На рисунке 4 показаны графики вертикальных смещений породной стенки ствола на участке над сопряжением в зависимости от размеров (площади сечения) горизонтальных выработок, разделенных по типам: тип 1 –  $S=15$  кв. м; тип 2 –  $S=60$  кв. м; тип 3 –  $S=140$  кв. м. На графиках прослеживается прямая зависимость площади сечения сопряжения и смещения породной стенки ствола вниз. Причем с удалением от узла сопряжения величина смещений уменьшается по экспоненциальной зависимости.

В связи с тем, что для защиты крепи сопряжений стволов, пройденных в каменной соли, применяется двухслойная крепь, состоящая из бетона и податливого слоя (ПС), расположенного между породной стенкой и бетоном, массив за счет ПС свободно деформируется вниз, вместе с ним смещается вниз и крепь ствола непосредственно над сопряжением.

Таким образом для компенсации таких смещений и защиты крепи сопряжения от дополнительных сжимающих напряжений необходимо устраивать осадочный шов, который разделяет крепь ствола непосредственно над сопряжением, см. рис 5.



**Рис. 3. Типы сопряжений, рассмотренные в работе**

*a* – пролет горизонтальной выработке меньше диаметра ствола ( $S=15$  кв. м);  
*б* – пролет горизонтальной выработке равен диаметру ствола ( $S=60$  кв. м);  
*в* – пролет горизонтальной выработке больше диаметра ствола ( $S=140$  кв. м);  
*z* – одностороннее сопряжение с комплексом загрузки скипов;

**Вывод.** В результате численного моделирования для обеспечения безремонтной работы крепи необходимо, чтобы крепь ствола на участке сопряжения была отделена от крепи протяженной части ствола осадочным швом. Осадочный шов необходимо располагать над сопряжением под защитой податливого слоя. Размер осадочного шва должен назначаться по результатам расчета ожидаемых относительных деформаций пород околоствольного массива.



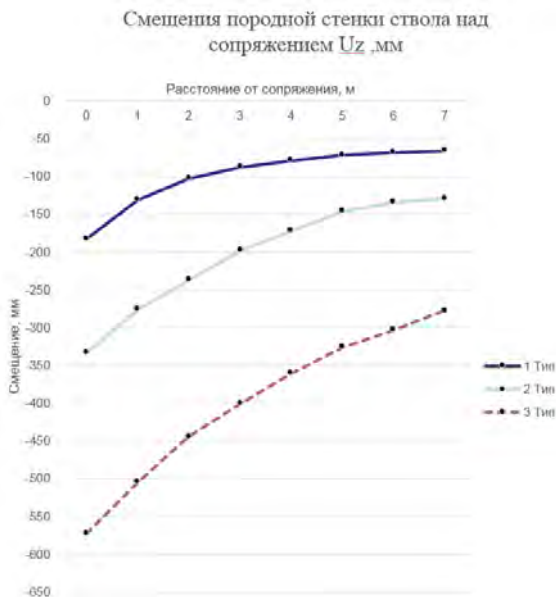


Рис. 4. Графики смещения породной стенки ствола над сопряжением в зависимости от типа сопряжения



Рис. 5. Расположение осадочного шва в крепи ствола над сопряжением

**Библиографический список:**

1. Плешко М.С. Аналитическое исследование способов повышения несущей способности монолитной бетонной крепи вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 8. С. 263-268.
2. Плешко М.С., Курнаков В.А. Анализ нормативной базы и научных исследований в области крепления вертикальных стволов. направления их дальнейшего развития // Гор-

ный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 4. С. 49-53.

3. Соловьев В. А., Аптуков В. Н., Тарасов В. В., Котляр Е.К. Охрана сопряжений шахтных стволов с примыкающими выработками в соляных породах. Горный журнал. 2017. № 3. С. 18–23.

4. Казикаев Д.М., Сергеев С.В. Диагностика и мониторинг напряженного состояния крепи вертикальных стволов. – М.: Издательство "Горная книга", 2011 г. 244 с.

5. Казикаев Д.М., Сергеев С.В. Особенности деформирования крепи стволов и сопряжений в сложных горно-геологических условиях. УДК 622.272. 2013 г.

6. Константинова С.А., Аптуков В.Н. Некоторые задачи механики деформирования и разрушения соляных пород / ОАО «Галургия». — Новосибирск: Наука, 2013.



УДК 622.28

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБДЕЛОК ДВУХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ТОННЕЛЕЙ, СООРУЖЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТА ВБЛИЗИ СКЛОНА**

**Анциферов С.В., Феклин А.А., Залесский К.Е.,**  
*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*  
**Зинченко А.В.,**  
*ОАО «ВИОГЕМ», г. Белгород, Россия*

*Для двух параллельных тоннелей, сооруженных закрытым способом с применением предварительного укрепления грунта вблизи наклонной земной поверхности, приведены отдельные результаты моделирования напряженного состояния их обделок, полученные с использованием компьютерной программы, реализующей разработанный аналитический метод расчета. Приведенные зависимости максимальных растягивающих и сжимающих напряжений позволяют установить особенности формирования напряженного состояния обделок и могут быть использованы при практическом проектировании.*

*Ключевые слова: метод расчета, компьютерная программа, склон, предварительное укрепление, тоннель, монолитная обделка, напряжения*

В настоящее время для оценки прочности подземных конструкций используются, как правило, пакеты компьютерных программ, реализующих численные решения задач геомеханики и механики подзем-

ных сооружений, обладающих как несомненными достоинствами, так и специфическими недостатками.

Имевшиеся до настоящего времени аналитические методы расчёта [1 - 4], базирующиеся на математическом моделировании взаимодействия конструкций подземных сооружений и окружающего массива грунта, и использующие строгие решения соответствующих задач механики сплошных сред, не позволяли выполнять расчеты обделок параллельных туннелей, возведённых с применением предварительной укрепительной цементации вблизи наклонной земной поверхности.

В данной работе изложены основные теоретические положения, использованные при разработке математической модели взаимодействия обделок компактно расположенных параллельных туннелей кругового поперечного сечения, сооружаемых закрытым способом в непосредственной близости от наклонной земной поверхности, и технологически неоднородного массива грунта вокруг выработок, образовавшегося в результате укрепления грунта.

Для разработки соответствующего метода расчета обделок туннелей выполнено математическое моделирование формирования напряженного состояния элементов единой деформируемой геомеханической системы "массив грунта с наклонной поверхностью - зоны укрепленного грунта - обделки параллельных туннелей". Это позволило выполнить постановку задачи теории упругости и получить её строгое аналитическое решение [5, 6].

Математическая модель формирования напряженного состояния массива грунта в естественном состоянии, зон укрепленного грунта вокруг выработок и обделок туннелей, сооружаемых вблизи склона, базируется на представлениях механики подземных сооружений о взаимодействии подземных конструкций и окружающего массива грунта как элементов единой деформируемой системы [7], позволившее сформулировать и выполнить постановку соответствующей задачи теории упругости, а также получить её строгое аналитическое решение.

Особенностью принятой расчетной схемы является представление поперечного сечения зон технологически неоднородного грунта вокруг выработок в виде концентрических круговых областей с деформационными характеристиками, отличающимися от соответствующих характеристик массива грунта в естественном состоянии.

Предлагаемая математическая модель позволяет учитывать следующие основные факторы, оказывающие существенное влияние на напряженное состояние обделок туннелей и массива грунта, включая зоны неоднородности:

- рельеф земной поверхности, характеризующийся углом её наклона к горизонту;
- количество и взаимное расположение тоннелей в комплексе;
- глубину заложения каждого из тоннелей;
- наличие зон технологически неоднородного грунта вокруг тоннелей и размеры их поперечных сечений;
- размеры поперечных сечений выработок и применяемых обделок;
- механические и деформационные характеристики массива грунта в естественном состоянии и технологически неоднородного грунта;
- деформационные характеристики материалов обделок;
- наличие полей начальных напряжений в массиве грунта в естественном состоянии и в зонах, моделирующих грунт с измененными свойствами, обусловленных гравитационными силами;
- наличие на поверхности вертикальных нагрузок, обусловленных весом близко расположенных зданий или сооружений;
- очередность (последовательность) сооружения тоннелей и отставание возведения обделок от забоя в каждом из тоннелей с использованием корректирующих множителей по методике, показанной в [3];
- реологические свойства грунтов в рамках теории линейной наследственной ползучести с использованием метода переменных модулей [8], в котором деформационные характеристики грунта представляются как функции времени.

Предполагая применение для решения задачи методов математической теории упругости [6], использующих апробированный аппарат комплексных потенциалов Колосова-Мухелишвили, в модели реализована расчетная схема плоской задачи теории упругости. Хорошо известно [7], что получаемые результаты могут быть использованы для описания напряженного состояния достаточно протяженных участков тоннелей.

Общая расчетная схема задач теории упругости об определении напряженного состояния обделок тоннелей и окружающего массива грунта, включая зоны технологически неоднородного грунта, при действии гравитационных сил в массиве приведена на рис. 1.

На схеме полубесконечная весомая линейно-деформируемая однородная среда  $S_0$ , моделирующая грунтовый массив, ограничена прямой  $L'_0$ , образующей угол  $b$  с горизонталью. Материал среды характеризуется удельным весом  $g$ ; коэффициентом бокового давления  $l$ , определяемым экспериментально; модулем деформации  $E_0$  и ко-

эффицентом Пуассона  $\nu_0$ . Среда  $S_0$  ослаблена произвольным числом  $N$  круговых отверстий с контурами  $L_{1,m}$  радиусами  $R_{1,m}$  ( $m=1, \dots, N$ ), моделирующих поперечные сечения выработок. Центры отверстий расположены в точках с координатами  $(x'_m; y'_m)$  ( $m=1, \dots, N$ ) в прямоугольной системе координат  $x'Oy'$ , начало которой совмещено с центром первого отверстия, ось  $Ox'$  является горизонтальной. Оси  $Ox, Oy$  наклонной системы координат  $xOy$  образуют угол  $\beta$  с соответствующими осями  $Ox', Oy'$ .

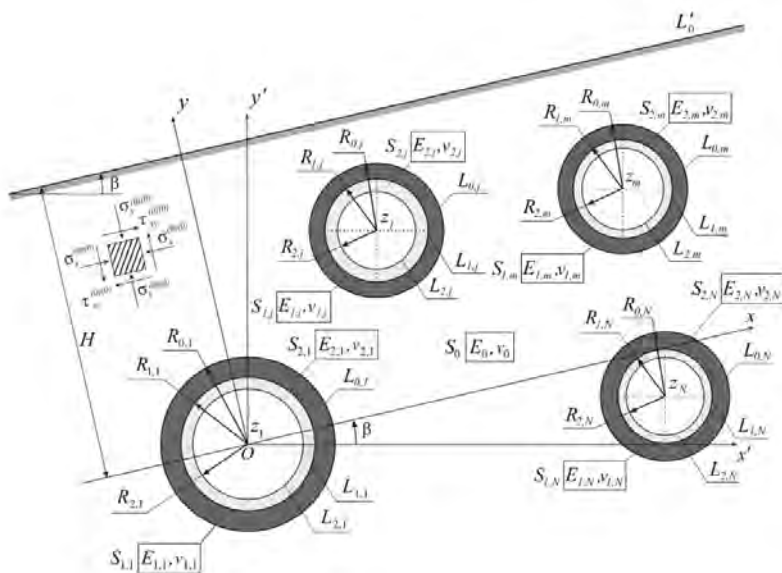


Рис. 1. Общая расчетная схема

В среде  $S_0$  вокруг отверстий с контурами  $L_{1,m}$  радиусами  $R_{1,m}$  выделены концентрические области  $S_{1,m}$  с наружными контурами  $L_{0,m}$  радиусами  $R_{0,m}$ , моделирующие зоны технологически неоднородного грунта. Материалы этих областей характеризуются модулями деформации  $E_{1,m}$  и коэффициентами Пуассона  $\nu_{1,m}$  ( $m=1, \dots, N$ ), в общем случае отличающимися от соответствующих деформационных

характеристик среды  $S_0$ ; удельный вес и коэффициенты бокового давления в областях  $S_{1,m}$  принимаются равными соответствующим величинам для среды  $S_0$ .

Отверстия подкреплены концентрическими кольцами  $S_{2,m}$  с внутренними контурами  $L_{2,m}$  радиусами  $R_{2,m}$ , моделирующими обделки тоннелей ( $m=1, \dots, N$ ). Материалы колец  $S_{2,m}$  имеют деформационные характеристики  $E_{2,m}$ ,  $\nu_{2,m}$  ( $m=1, \dots, N$ ). Весом обделок тоннелей по сравнению с весом вмещающего комплекс тоннелей массива грунта пренебрегаем.

Ниже приведена постановка плоской задачи теории упругости, соответствующей действию в массиве грунта гравитационных сил, обусловленных собственным весом грунта.

Среда  $S_0$  и шайбы  $S_{1,m}$ , шайбы  $S_{1,m}$  и кольца  $S_{2,m}$  деформируются совместно, т.е. на линиях контакта  $L_{0,m}$ ,  $L_{1,m}$  ( $m=1, \dots, N$ ) выполняются условия непрерывности векторов полных напряжений и смещений. Граница  $L_0$  полуплоскости  $S_0$  и внутренние контуры  $L_{2,m}$  колец  $S_{2,m}$  ( $m=1, \dots, N$ ) свободны от действия внешних сил.

В среде  $S_0$ , моделирующей массив грунта в естественном состоянии, задано поле начальных напряжений, отвечающее за действие гравитационных сил. Пренебрегая различием в величинах удельного веса грунта в естественном состоянии и технологически неоднородного грунта, с учетом принятого равенства коэффициентов бокового давления  $l$ , получим

$$\begin{aligned} s_x^{(0)(0)} &= s_x^{(1,m)(0)} = -l g(H - y) \cos b; \\ s_y^{(0)(0)} &= s_y^{(1,m)(0)} = -g(H - y) \cos b; \\ t_{xy}^{(0)(0)} &= t_{xy}^{(1,m)(0)} = -g(H - y) \sin b, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $s_x^{(1,m)(0)}$ ,  $s_y^{(1,m)(0)}$ ,  $t_{xy}^{(1,m)(0)}$  - компоненты поля начальных напряжений в областях  $S_{1,m}$  ( $m=1, \dots, N$ ). Тогда полные напряжения  $s_x^{(0)*}$ ,  $s_y^{(0)*}$ ,  $t_{xy}^{(0)*}$  в среде  $S_0$  и полные напряжения  $s_x^{(1,m)*}$ ,  $s_y^{(1,m)*}$ ,  $t_{xy}^{(1,m)*}$  в областях  $S_{1,m}$  ( $m=1, \dots, N$ ) представляются в виде соответствующих сумм искомым дополнительных напряжений

$s_x^{(0)}$ ,  $s_y^{(0)}$ ,  $t_{xy}^{(0)}$  и начальных напряжений  $s_x^{(0)(0)}$ ,  $s_y^{(0)(0)}$ ,  $t_{xy}^{(0)(0)}$ , сумм дополнительных напряжений  $s_x^{(1,m)}$ ,  $s_y^{(1,m)}$ ,  $t_{xy}^{(1,m)}$  в областях  $S_{1,m}$  ( $m=1,\dots,N$ ) и начальных напряжений  $s_x^{(1,m)(0)}$ ,  $s_y^{(1,m)(0)}$ ,  $t_{xy}^{(1,m)(0)}$ , задаваемых формулами (1):

$$\begin{aligned} s_x^{(0)*} &= s_x^{(0)} + s_x^{(0)(0)}; & s_x^{(1,m)*} &= s_x^{(1,m)} + s_x^{(1,m)(0)}; \\ s_y^{(0)*} &= s_y^{(0)} + s_y^{(0)(0)}; & s_y^{(1,m)*} &= s_y^{(1,m)} + s_y^{(1,m)(0)}; \\ t_{xy}^{(0)*} &= t_{xy}^{(0)} + t_{xy}^{(0)(0)}; & t_{xy}^{(1,m)*} &= t_{xy}^{(1,m)} + t_{xy}^{(1,m)(0)}. \end{aligned} \quad (2)$$

Поскольку весом обделок по сравнению с весом окружающего массива грунта пренебрегаем, начальные напряжения в кольцах  $S_{2,m}$  ( $m=1,\dots,N$ ), моделирующих обделки тоннелей, полагаются равными нулю, т.е. в кольцах  $S_{2,m}$  ( $m=1,\dots,N$ ) искомые дополнительные напряжения являются полными. Смещения во всех областях рассматриваются только дополнительные.

Граничные условия задачи в полных напряжениях примут вид:

- на прямолинейной границе  $L'_0$

$$s_y^{(0)*} = 0, \quad t_{xy}^{(0)*} = 0; \quad (3)$$

- на контурах  $L_{0,m}$  ( $m=1,\dots,N$ )

$$s_r^{(1,m)*} = s_r^{(0)*}, \quad t_{rq}^{(1,m)*} = t_{rq}^{(0)*}, \quad u^{(1,m)} = u^{(0)}, \quad v^{(1,m)} = v^{(0)}; \quad (4)$$

- на контурах  $L_{1,m}$  ( $m=1,\dots,N$ )

$$s_r^{(2,m)*} = s_r^{(1,m)*}, \quad t_{rq}^{(2,m)*} = t_{rq}^{(1,m)*}, \quad u^{(2,m)} = u^{(1,m)}, \quad v^{(2,m)} = v^{(1,m)}; \quad (5)$$

- на внутренних контурах  $L_{2,m}$  ( $m=1,\dots,N$ )

$$s_r^{(2,m)*} = 0, \quad t_{rq}^{(2,m)*} = 0, \quad (6)$$

где  $s_y^{(0)*}$ ,  $t_{xy}^{(0)*}$  - нормальные и касательные напряжения в наклонной системе координат в среде  $S_0$ ;  $s_r^{(l,m)*}$ ,  $t_{rq}^{(l,m)*}$  - полные радиальные и касательные напряжения,  $u^{(l,m)}$ ,  $v^{(l,m)}$  - дополнительные радиальные и окружные смещения в точках областей  $S_{l,m}$  ( $l=0,1,2$ ;  $m=1,\dots,N$ ) в полярной системе координат.

Решение поставленной задачи теории упругости получено после перехода к соответствующей краевой задаче теории аналитических функций комплексного переменного (ТФКП) для кусочно-однородной многосвязной области с использованием комплексных потенциалов Колосова-Мухелишвили [9] методом Арамановича И.Г. [10], модифицированного в работе [3].

Особенностью решения поставленной задачи об определении напряженного состояния колец, подкрепляющих несколько круговых отверстий внутри шайб с отличающимися деформационными характеристиками, в полуплоскости с наклонной границей, является предложенный хорошо сходящийся итерационный процесс, на каждом шаге которого рассматривается задача о напряженном состоянии двухслойного концентрического кольца в полной плоскости при граничных условиях, содержащих дополнительные члены в виде рядов Лорана с коэффициентами, отвечающими за влияние наклонной границы и соседних подкрепленных отверстий.

Полученное решение задачи теории упругости положено в основу аналитического метода расчета обделок параллельных тоннелей, сооружаемых закрытым способом в технологически неоднородных грунтах вблизи склонов, позволяющего учесть основные факторы, оказывающие существенное влияние на напряженное состояние подземных конструкций и массива пород.

Метод расчета будет реализован в виде комплекса компьютерных программ, позволяющих выполнять многовариантные расчёты напряжённого состояния элементов геомеханической системы при практическом проектировании и в исследовательских целях. Численное моделирование с использованием разработанной программы позволит выполнить сравнение результатов с данными, полученными при выполнении натуральных, лабораторных исследований, а так же численными методами.

Ниже выполнено сравнение результатов определения напряженного состояния массива грунта вокруг подкрепленного тоннеля по разработанному аналитическому методу с данными, опубликованными в работе [11] и представленными на рис. 2.

На рис. 3 приведена расчётная схема для двух параллельных тоннелей, сооруженных вблизи склона, принятая при выполнении компьютерного моделирования с использованием разработанной программы.

В качестве исходных данных использованы следующие геометрические и деформационные характеристики: модуль деформации массива грунта  $E_0 = 19 \text{ МПа}$ , коэффициент Пуассона  $\nu_0 = 0,3$ , коэф-



коэффициент бокового давления грунта  $l = 0,43$ , удельный вес  $g = 0,025 \text{ МН} / \text{м}^3$ , угол наклона дневной поверхности  $b = 45^\circ$ , модуль деформации материала обделки тоннелей  $E_{1,1} = E_{1,2} = 34500 \text{ МПа}$ , коэффициент Пуассона -  $\nu_{1,1} = \nu_{1,2} = 0,167$ , радиусы выработок  $R_{1,1} = R_{1,2} = 3,6 \text{ м}$ , толщина обделок тоннелей  $D = 0,24 \text{ м}$ , расстояние между центрами тоннелей  $B' = 12,3 \text{ м}$ , расстояние от дневной поверхности до центра первого тоннеля  $H = 7,2 \text{ м}$ , а заглубление тоннелей по вертикали  $H' = 10,4 \text{ м}$ .

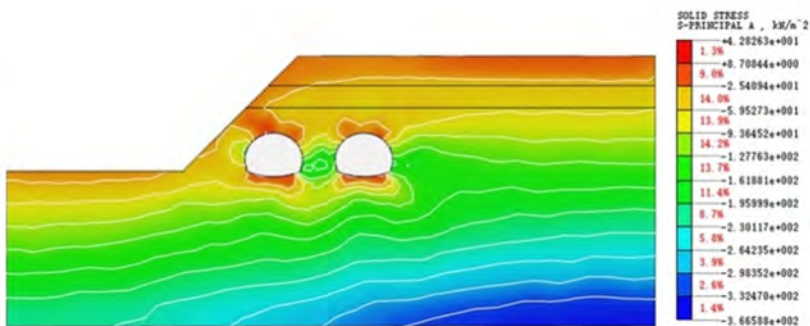


Рис.2. Изополя главных напряжений в массиве грунта

В приведённой ниже табл. 1 приведены результаты сравнения главных напряжений в массиве грунта, вычисленных с использованием аналитического метода расчёта с данными, опубликованными в работе [11].

Наблюдаемые расхождения в результатах расчёта можно объяснить следующими факторами.

Во-первых, поперечные сечения тоннелей в работе [11] имеют форму, отличную от круговой.

Во-вторых, конечно-элементная реализация требует рассмотрения области массива грунта вокруг тоннелей конечных размеров, что обуславливает влияние границ области на конечные результаты.

В-третьих, расчётная схема имеет различную конфигурацию границы дневной поверхности, что так же оказывает влияние на расчётные значения напряжений.

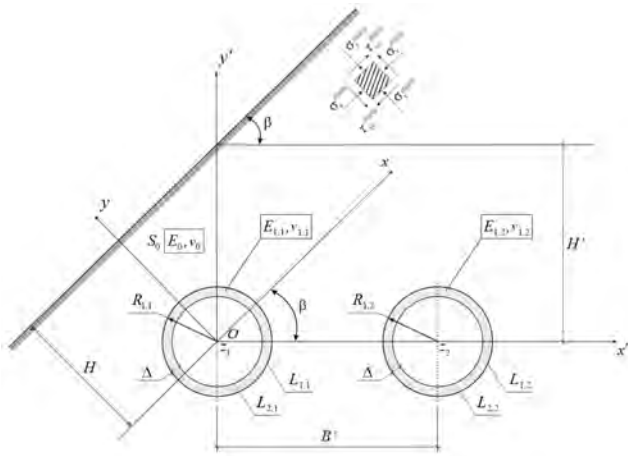


Рис.3. Расчётная схема для сравнения результатов

В-четвёртых, результаты расчёта, приведённые в [11], представлены в виде изополей с достаточно большим интервалом изменения граничных значений. Аналитический метод расчёта позволяет получить результаты определения напряжений в заданных радиальных сечениях обделки и массива грунта.

Таблица 1.

Результаты сравнения

θ, град.	Главные напряжения $\sigma_1, \sigma_3; \sigma_2=0$			
	Тоннель 1		Тоннель 2	
	аналитическое решение	численное решение	аналитическое решение	численное решение
0	0.10; -0.42	-0.13; -0.16	0.16; -0.77	-0.13; -0.16
10	0.16; -0.38	-0.13; -0.16	0.23; -0.68	-0.13; -0.16
20	0.18; -0.33	-0.13; -0.16	0.26; -0.54	-0.13; -0.16
30	0.18; -0.26	-0.03; -0.06	0.24; -0.39	-0.06; -0.09
40	0.14; -0.18	-0.03; -0.06	0.20; -0.25	-0.06; -0.09
50	0.10; -0.10	-0.03; -0.06	0.17; -0.18	-0.06; -0.09
60	0.07; -0.07	0.01; -0.03	0.21; -0.22	0.01; -0.03
70	0.09; -0.11	0.01; -0.03	0.26; -0.32	0.01; -0.03
80	0.12; -0.17	0.01; -0.03	0.28; -0.43	0.01; -0.03
90	0.13; -0.23	0.01; -0.03	0.25; -0.53	-0.03; -0.06
100	0.12; -0.27	0.01; -0.03	0.17; -0.61	-0.03; -0.06
110	0.09; -0.30	0.01; -0.03	0.06; -0.66	-0.03; -0.06

120	0.04; -0.32	0.01; -0.03	-0.06; -0.68	0.01; -0.03
130	-0.02; -0.31	0.01; -0.03	-0.18; -0.67	0.01; -0.03
140	-0.07; -0.29	0.01; -0.03	-0.26; -0.64	0.01; -0.03
150	-0.10; -0.28	-0.06; -0.09	-0.25; -0.62	-0.06; -0.09
160	-0.08; -0.28	-0.06; -0.09	-0.15; -0.64	-0.06; -0.09
170	-0.03; -0.30	-0.06; -0.09	-0.00; -0.68	-0.06; -0.09
180	0.03; -0.30	-0.09; -0.13	0.14; -0.68	-0.13; -0.16
190	0.09; -0.28	-0.06; -0.09	0.25; -0.64	-0.13; -0.16
200	0.13; -0.25	-0.06; -0.09	0.32; -0.56	-0.13; -0.16
210	0.15; -0.20	-0.03; -0.06	0.33; -0.44	-0.03; -0.06
220	0.15; -0.15	-0.03; -0.06	0.30; -0.32	-0.03; -0.06
230	0.15; -0.14	-0.03; -0.06	0.26; -0.24	-0.03; -0.06
240	0.17; -0.16	0.01; -0.03	0.27; -0.26	0.01; -0.03
250	0.18; -0.21	0.01; -0.03	0.31; -0.37	0.01; -0.03
260	0.18; -0.28	0.01; -0.03	0.33; -0.52	0.01; -0.03
270	0.14; -0.34	0.04; 0.01	0.30; -0.66	0.04; 0.01
280	0.07; -0.39	0.04; 0.01	0.22; -0.76	0.04; 0.01
290	-0.02; -0.43	0.04; 0.01	0.09; -0.81	0.04; 0.01
300	-0.11; -0.46	0.04; 0.01	-0.05; -0.80	-0.06; -0.09
310	-0.16; -0.47	0.04; 0.01	-0.19; -0.77	-0.06; -0.09
320	-0.19; -0.46	0.04; 0.01	-0.25; -0.75	-0.06; -0.09
330	-0.16; -0.43	-0.13; -0.16	-0.20; -0.78	-0.09; -0.13
340	-0.08; -0.42	-0.13; -0.16	-0.09; -0.82	-0.09; -0.13
350	0.02; -0.42	-0.13; -0.16	0.04; -0.82	-0.09; -0.13

Разработанный метод расчета позволит по данным компьютерного моделирования получить новые, а также уточнить известные закономерности формирования напряженного состояния обделок комплекса параллельных тоннелей и массива грунта при различных сочетаниях основных влияющих факторов, позволяющих обосновать возможность применения рациональных технических решений.

#### **Библиографический список**

1. Fotieva N.N., Antziferov S.V., Korneeva N.N. *Designing tunnel linings located near slopes// Geotechnics 99. The base of the modern technologies of constructions. Ostrava. Czech republic. 21 - 22 september 1999. - P. 88 - 90.*
2. Саммаль А.С., Князева С.В. *Расчет многослойной обделки тоннеля, сооружаемого вблизи склона на действие собственного веса пород// Известия ТулГУ. Серия «Геомеханика. Механика подземных сооружений». - Тула: изд-во ТулГУ. - 2004. - Вып. 2. - С. 3 - 11.*
3. Анциферов С.В. *Метод расчета многослойных обделок параллельных тоннелей кругового склона на действие собственного веса пород// Математическое моделирование взаимодействия обделок параллельных тоннелей, сооруженных вблизи склона, с массивом грунта// Изв.*
4. Анциферов С.В., Фомин А.В. *Математическое моделирование взаимодействия обделок параллельных тоннелей, сооруженных вблизи склона, с массивом грунта// Изв.*

вестия Тульского государственного университета. Науки о Земле. - 2017. - № 4. - Тула: изд-во ТулГУ. - С. 255 - 262.

5. Анциферов С.В., Фомин А.В., Феклин А.А., Кудрявцев М.А. Исследование напряженного состояния массива пород и обделок параллельных тоннелей, сооружаемых вблизи горного склона // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. 2021. Т. 8. № 1. С. 20-26.

6. Анциферов С.В., Фомин А.В., Феклин А.А. Исследование напряженного состояния обделок тоннелей, сооруженных вблизи наклонной земной поверхности // *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2021. № 3. С. 244-257.

7. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений/ Учеб.для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра. - 1994. - 382 с.

8. Амусин Б.З., Линьков А.М. Об использовании метода переменных модулей для решения одного класса задач линейной наследственной ползучести// *Изв. АН СССР. Механика твердого тела*. - 1974. - №6. - С. 162 - 166.

9. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. - М.: Наука. - 1966. - 707 с.

10. Араманович И.Г. О распределении напряжений в упругой полуплоскости, ослабленной подкрепленным круговым отверстием// *Докл. АН СССР*. - М. - 1955. Т. 104. - №3. - С. 372 - 375.

11. J. Niu, X. Jiang, F. Wang *Stability Analysis of Rock Slope with Small Spacing Tunnel under Earthquakes and Influence of Ground Motion Parameters// Geotech Geol Eng.* doi: 10.1007/s1070601804751



УДК 622.331.002.5

## **КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛИЧНОГО ГРУНТА И ГУМУСОВОГО КОНЦЕНТРАТА МЕХАНИЧЕСКИМ ОБЕЗВОЖИВАНИЕМ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ**

**Горячев В.И., Яблонев А.Л., Щербакова Д.М.**

*Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия*

*Исходным сырьем для производства торфяной продукции является фрезерный торф. Однако его добыча и хранение зависят от сезонности и атмосферных осадков. Предлагается применение механического обезвоживания торфяного сырья в заводских условиях. В основе переработки приняты процессы: экскавация, сепарация и дробление твердых конгломератов торфа, перемешивание торфомассы в смесителе и механическое отжатие торфомассы в фильтр-прессе с выделением грубодисперсной волокнистой фракции степенью разложения не более 12 % и гумусового концентрата с содержанием в сухом веществе 80-85 % гумуса.*

*Ключевые слова: смеситель, фильтр-пресс, отстойник, торф, тепличный грунт, гумусовый концентрат, перемешива-*

*ние, обезвоживание.*

Устранить сильную зависимость добычи торфа от погодных условий и повысить качество выпускаемой торфяной продукции возможно применением методов искусственного обезвоживания торфа в заводских условиях [1]. Среди известных методов наиболее перспективными являются способы, в основе которых приняты процессы фракционирования торфяного сырья гидроразмывом [2-5].

Технология фракционирования торфяного сырья гидроразмывом включает этапы (операции): экскавацию торфа-сырца, его транспортировку на склад завода, сепарацию торфа от древесных и других нетехнологических включений, дробление крупных торфяных кусков (расчесывание) и складирование торфа-сырца.

Со склада торфяное сырье подается в гидроразбиватель для получения гидромассы, которая затем подается в фильтрующие центрифуги для обезвоживания и фракционирования на два класса крупности с частицами смеси средневзвешенным диаметром до 1,0 мм и с частицами более 1,0 мм (крупноволокнистая часть торфа). Крупная фракция подается на механическое отжатие в фильтр-пресс, где обезвоживается до влажности 70-75 %. Мелкая фракция, вышедшая из фильтрующей центрифуги и фильтрат, полученный из фильтр-пресса, после сгущения в осадительной центрифуге (гидроциклоне) до гумусового концентрата с содержанием гумуса в сухом веществе 80-85 %, направляется в переработку на удобрение [6].

Технология предусматривает в дальнейшем искусственную сушку волокнистой массы торфа до влажности 50 % и производство из нее кипованной торфяной продукции на экспорт.

При всех достоинствах, к недостаткам технологии заводского фракционирования торфяного сырья гидроразмывом относятся дополнительное увлажнение сухой части торфа в гидроразбивателе до влажности 95-97 % (20-30 кг воды на 1 кг сухого вещества), и, как следствие, большие энергозатраты на циркуляцию суспензии в центрифугах.

Влажность тепличного грунта из малоразложившегося торфа при выращивании овощей продукции в теплице (огурцы, перцы, томаты) поддерживается в оптимальном диапазоне 75-85 %. Такой грунт можно производить отжатием торфа-сырца в фильтр-прессе. При этом для подготовки торфомассы к обезвоживанию целесообразно заимствовать оборудование и процессы из технологий производства субстратных торфоблоков или теплоизоляционных плит [7, 8].

В данной работе рассматривается вариант заводской переработки торфа-сырца верхового (переходного) типа степенью разложения до 30 % с получением тепличного грунта и гумусового концентрата. В

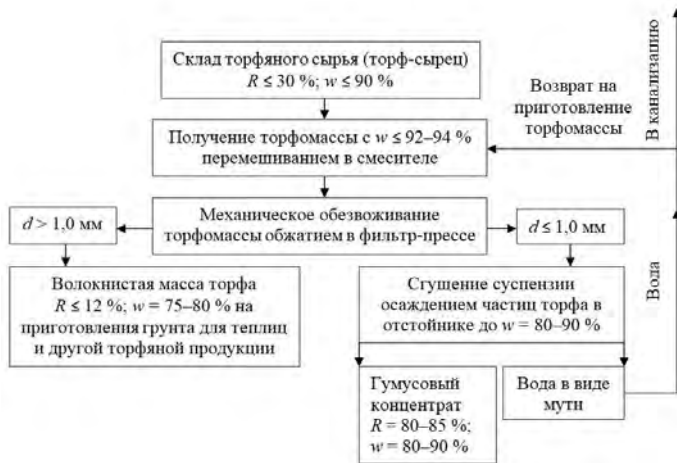
основе технологии приняты процессы: перемешивания торфомассы, ее отжатие в фильтр-прессе с выходом волокнистой массы и суспензии (фильтрата), с последующим сгущением твердых частиц осаждением в отстойнике.

Предполагаемая технология круглогодичного производства тепличного грунта и гумусового концентрата состоит из следующих операций (рис. 1). После экскавации, транспортировки и подготовки на заводском складе [3-5], торф-сырец, аналогично производству субстратных торфоблоков или теплоизоляционных плит [7, 8], подается в лопастной двухвальный смеситель, где в результате перемешивания с водой влажность торфомассы достигает 92-94%. Из смесителя торфомасса дозатором ровным слоем непрерывно подается в фильтр-пресс типа ПЛР [9-12]. Из пресса в результате отжима выходит волокнистая масса ( $d > 1,0$  мм) степенью разложения не более 12 % влажностью 75-80 % и суспензия со средневзвешенным диаметром смеси частиц торфа и гумуса до 1,0 мм. Суспензию направляют из пресса в отстойник на сгущение, в результате чего получают гумусовый концентрат влажностью 80-90 % и содержанием гумуса в сухом веществе 80-85 %. Воду в виде мути из отстойника частично возвращают в смеситель, а избыток сливают в канализацию.

Добычу и подачу тофра-сырца к перемешиванию осуществляют аналогично технологии фракционирования торфяного сырья гидроразмывом [3, 4], гумусовый концентрат и волокнистую массу торфа, после расчесывания в волк-машине и известкования, используют в качестве основных компонентов тепличного грунта и экологически чистого удобрения при выращивании овощей продукции.

Изменение содержания воды и сухого вещества в 1 тонне торфа-сырца в процессе подготовки торфомассы к перемешиванию и ее отжатия в фильтр-прессе показано на рис. 2. В смеситель для получения торфомассы влажностью 93 % из 1 тонны торфа-сырца влажностью 90 % добавляют 430 кг воды в виде мути из отстойника (возврат).

Подготовленная в смесителе торфомасса в количестве 1430 кг отжимается в фильтр-прессе. После отжатия получается осадок в виде плиток из крупных волокнистых частиц средневзвешенным диаметром  $d > 1,0$  мм в количестве 300 кг (75 кг сухого вещества и 225 кг воды) и суспензия с содержанием смеси твердых торфяных частиц диаметром  $d \leq 1,0$  мм в количестве 1130 кг (25 кг сухого вещества и 1105 кг воды). Волокнистая масса торфа, после расчесывания и известкования, используется для производства тепличного грунта и другой торфяной продукции (кипованный торф на экспорт, питательные субстраты, подстилка, фильтры и др.)



**Рис. 1.** Схема технологического процесса производства из торфа тепличного грунта и гумусового концентрата:

R – степень разложения; w – влажность; d – средневзвешенный диаметр частиц смеси торфа

Суспензия (фильтрат) с содержанием сухого вещества 3 % (преимущественно в виде гумусовых частиц) подвергается сгущению осаждением твердых частиц под действием сил гравитации в отстойнике до средней влажности 87 %. Эта масса представляет собой гумусовый концентрат, который используется для производства торфогумусового бактериального удобрения «Супергумус» [12].

Если принять содержание гумусовых частиц ( $d \leq 0,25$  мм) в торфомассе в смесителе равным  $q = 25$  кг и предположить, что частицы распределены равномерно в жидкой фазе, то можно рассчитать концентрацию гумуса в отстойнике после сгущения и в волокнистой массе отжатого торфа:

– концентрация гумуса ( $C$ ) в жидкой фазе торфомассы в смесителе перед отжатием:

$$C = \frac{q}{w} = \frac{25}{1330} = 0,019 \text{ кг гумуса/кг воды};$$

– количество гумуса в волокнистой массе торфа ( $q_g$ ):

$$q_g = C \cdot W_g = 0,019 \cdot 225 = 4,23 \text{ кг},$$

или в процентах:

$$q_g' = \frac{q_g}{G} \cdot 100 = \frac{4,23}{75} \cdot 100 = 5,6\% ;$$

Исходные компоненты			
Торф-сырец $R=25\%$ ; $w=90\%$		Вода (возврат из отстойника)	
с.в. – 100 кг	$W=900$ кг	$W=430$ кг	
Приготовление торфомассы влажностью 93 % перемешиванием			
с.в. – 100 кг		$W=1330$ кг	
Обезвоживание торфомассы отжатием в фильтр-прессе			
Волокнистая масса – $w=75\%$		Суспензия (фильтр) – $w=97\%$	
с.в. – 75 кг	$W=225$ кг	с.в. – 25 кг	$W=1105$ кг
Волокнистая масса торфа $w=75\%$ и $R \leq 6\%$ на приготовление тепличного грунта и другой торфяной продукции (торф на экспорт, питательные субстратные смеси, фильтраты, подстилки и др.)		Сгущение суспензии в отстойнике	
		Гумусовый концентрат $w=87\%$ ; с.в. – 75 кг $W=167$ кг	Вода в виде мути в канализацию $W=508$ кг

**Рис. 2. Изменение баланса содержание воды (W) и сухого вещества (с.в.) 1 тонны торфа-сырца ( $R=25\%$  и  $w=90\%$ ) отжатием в фильтр-прессе:  $R$  – степень разложения;  $w$  – влажность**

– содержание гумуса  $q_k$  в концентрате сухого вещества после сгущения в отстойнике:

$$q_k = q - q_6 = 25 - 4,23 = 20,77 \text{ кг},$$

или в процентах:

$$q_k' = \frac{20,77}{25} \times 100 = 83,08\%$$

Таким образом, в результате отжатия в фильтр-прессе торфомассы влажностью 93 %, приготовленной перемешиванием торфа-сырца степенью разложения 25 %, можно получить два качественных продукта: гумусовый концентрат с содержанием гумуса в сухом веществе 83 % и волокнистую массу малоразложившегося торфа с содержанием гумуса около 6 %.

Анализ баланса компонентов торфа-сырца (сухого вещества, гумуса, воды) в процессах получения из него торфомассы в смесителе, ее отжатия в фильтр-прессе и сгущения суспензии в отстойнике показывает, что из 1 тонны торфа-сырца получается примерно: 300 кг малоразложившегося торфа (содержание гумуса около 6 %), 190 кг гумусового концентрата влажностью 87 %, 500 кг воды в виде мути (сбрасывается в канализацию) и 430 кг воды в виде возврата (отправляется в смеситель для приготовления торфомассы влажностью 93 %). Из волокнистой массы торфа и гумусового концентрата готовят различные, востребованные садоводами и огородниками, экологически чистые торфяные грунты и питательные смеси [12], реализация которых осуществляется с высокой добавленной стоимостью.

*Выводы*



1. В настоящее время к освоению месторождений торфа предъявляются высокие требования по соблюдению норм экологии и пожарной безопасности. Поэтому альтернативой существующему полойно-поверхностному фрезерному способу добычи торфа может быть карьерный способ, основой которого является экскавация залежи на всю глубину промышленного слоя.

2. Торф – сложная многокомпонентная система, каждая составляющая которого обладает уникальными физико-механическими и химическими свойствами. Отжатием торфомассы в фильтр-прессе ее можно разделить, как минимум, на два качественных разных продукта, и использовать каждую выделенную часть с высокой эффективностью.

3. Технологии добычи экскавацией и переработки торфяного сырья в продукцию сельскохозяйственного назначения не зависят от внешних факторов, производство осуществляется круглый год в заводских условиях с получением ценной торфяной продукции с высокой рентабельностью.

4. Расчетом показано, что механическим отжатием в фильтр-прессе 1 тонны верхового (переходного) торфа-сырца влажностью 90 % и степенью разложения 25 % можно получить, примерно, 300 кг (около 1 м<sup>3</sup>) тепличного грунта в виде волокнистой торфомассы влажностью 75 % и 200 кг гумусового концентрата влажностью 87 % с содержанием гумуса в сухом веществе 83 %.

5. Объекты по производству торфяной продукции для выращивания овощных культур рационально совмещать с тепличными комплексами.

#### **Библиографический список**

1. Горячев В.И. Искусственное обезвоживание торфа: монография / В.И. Горячев. – Тверь : Изд-во ТвГТУ, 2012. – 184 с. – ISBN 978-5-7995-0627-8. – Текст : непосредственный.

2. Машины и процессы фракционирования торфяного сырья гидроразрывом / В.И. Горячев, И.И. Михеев, А.Л. Яблонев, К.С. Фомин. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-техн. журнал). – 2018. – № 7 S38. – С. 3-10.

3. Патент №2705124. Российская Федерация, МПК C10F 7/04. Технологический комплекс гидромеханического фракционирования торфяного сырья: № 2019110841 заявл. 11.04.2019 : опубл. 05.11.2019 / Михеев И.И., Горячев В.И., Щербакова Д.М.; заявитель Тверской государственный технический университет. – 6 с. – Текст : непосредственный.

4. Михеев, И.И. Технологический круглогодичный комплекс гидромеханического фракционирования торфяного сырья / И.И. Михеев, В.И. Горячев, Д.М. Щербакова. Текст: посредственный // Труды ИнсТорфа, 2019. – № 20 (73). – С. 25-28.

5. Лазарев, А.В. Справочник по торфу / А.В. Лазарев, С.С. Корчунов– Москва : Недра, 1982. – 760 с. –

6. ГОСТ Р 52067-2003 «Торф для производства питательных грунтов». URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032117> (дата обращения 24.10.2020).

7. Горфин, О.С. Машины и оборудование по переработке торфа: учебник для вузов / ОС. Горфин. – Москва : Изд-во Недра, 1990. – 318 с. – Текст: посредственный.

8. Горячев, В.И. Интенсификация обезвоживания малоразложившегося торфа в ленточно-роликовом прессе типа ПЛР / В.И. Горячев, И.И. Михеев, Д.М. Щербакова. Текст: посредственный // Труды ИнстТорфа, 2020. – № 21 (74). – С. 30-33.

9. Михеев, И.И. Ленточный фильтр-пресс непрерывного действия с равномерной подачей отжимаемого материала в прессовое пространство / Михеев, В.И. Горячев, Д.М. Щербакова. Текст: посредственный // Вестник ТвГТУ. Серия: Технические науки. 2019. №1 (1). – С. 46-51.

10 Патент № 2102363 Российская Федерация, МПК C05F 11/02, C05G 1/02 Способ получения комплексного удобрения на основе торфа: №96103799/25 заявл. 27.02.1996 : опубл. 20.01.1998 / Горячев В.И., Стрелец Е.В., Базыкин А.В.; заявитель Научно-производственное предприятие «Диапазон». – 6 с. – Текст : непосредственный.

11. Усанова, З.И., Технология производства торфогузмусового бактериального удобрения и эффективность его применения / З.И.Усанова, В.И. Горячев, А.М. Башилов, Е.В. Стрелец // Торфяная отрасль России на рубеже XXI века: Сборник научных трудов научно-практической конференции. – Тверь, 2000. – С. 122-125.

12 Гамаюнов, С.Н. Тенденции производства и переработки торфа для нужд сельского хозяйства: монография / С.Н. Гамаюнов – Тверь: Изд-во: ООО «Триада», 2016. – 256 с. – ISBN 978-5-94789-730-2. – Текст : непосредственный.



УДК 25.00.35, 303.732.4

## **МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Абдулина Е. Т., Бондаренко И.С.**  
НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия

*Рассмотрены схожие особенности формирования для исследуемых калийных месторождений; общие геологические, гидрогеологические, географические, климатические условия, влияющие на возможность проявления мульды сдвижения земной поверхности. Мульда сдвижения земной поверхности может проявляться в вертикальных и горизонтальных смещениях, поэтому для прогнозирования возможного её проявления предлагаются следующие подходы: оценка вертикальных смещений с помощью космических снимков; оценка горизонтальных смещений на основе индексов вегетации. Вертикальные смещения поверхности земли могут выявляться различными методами.*

## Введение

Добыча полезных ископаемых всегда связана с нарушением целостности земной поверхности, в каких бы геологических, гидрогеологических, географических, климатических условиях, она не осуществлялась.

Разработка калийных месторождений не является исключением, так как также влечет за собой нарушения поверхности земли, которые могут проявляться с задержкой по времени, в горизонтальных и вертикальных перемещениях, образовании трещин и других видимых явлениях. Все эти проявления оказывают негативные воздействия на прилегающие к местам разработки территории.

Крупнейшими в мире месторождениями калийных солей являются: Верхнекамский бассейн в России, Саскачеванский соленосный бассейн в Канаде, Старобинское в Белоруссии.

Характерными условиями возникновения многих калийных бассейнов стали значительные горизонтальные передвижения, вызванные проявлениями активного тектонического режима.

В калийных месторождениях независимо от их возраста и условий залегания встречается калий различных оттенков синего цвета. Для Старобинского месторождения характерны слоистые разновидности синего галита, относящегося к северо-западной центриклинальной части Припятского прогиба в пределах Червонослободской тектонической ступени. Особенностью месторождения является развитие крупных крутопадающих разрывных нарушений, пересекающих как надсолевой комплекс пород, так и соленосную толщу [1, 2].

Благоприятными факторами для проведения подземной разработки месторождения являются практически полное отсутствие подземных вод в соленосной свите, субгоризонтальное залегание ее пластов, их выдержанность по простиранию, отсутствие проявлений соляной тектоники.

Гидрогеологические условия верхней гидрогеодинамической зоны характеризуются наличием больших площадей с неглубоким залеганием подземных вод, что способствует активизации процессов подтопления, заболачивания и затопления подрабатываемых территорий [3].

Саскачеванское месторождение является частью масштабного среднедевонского бассейна эвапоритовой седиментации. Калийсодержащая формация бассейна Прери Эвапорайт стратифицируется на две зоны – нижнюю некалиеносную и верхнюю калиеносную. В сводном разрезе калиеносной зоны выделяются три горизонта калийных солей (снизу вверх): Эстерхази, Белле-Плейн и Пейшенс-Лейк, расположен-

ных на глубине от 700 до 2400 м. Продуктивные пласты имеют мощность от 1,5 до 17 м [4, 5].

На Верхней Каме густая вкрапленность в силвинитовом прослое окрашенного галита имеет блочную структуру, часто образует друзы и идеальные монокристаллы кубического облика. Его скопления в форме гнезд, линз приурочены к разрывным нарушениям и деформированным участкам пластов. Эти особенности проявляются и на других калийных месторождениях.

Возникновение нарушения целостности поверхности земли является следствием воздействия многих факторов, среди которых можно выделить следующие:

- размывание грунта водой. Это могут быть подземные источники, утечки из проложенной канализации и тому подобные ситуации;

- деформация естественных пустот. В некоторых районах под землей содержится большое количество неизученных пустот и пещер. Иногда они залегают настолько глубоко, что обнаружить их в процессе георазведки невозможно. С течением времени они деформируются, грунт приводится в движение и проседает;

- ведение строительных работ без экспертизы. Если в опасных районах начинать строительство, то можно спровоцировать появление очередного провала. Поэтому существует правило, согласно которому строительным работам должна предшествовать геологическая разведка;

- состав грунта. Любой грунт подвержен размыванию, однако если он состоит из известняка или, например, каменной соли, то риск проседания становится в несколько раз выше.

В некоторых случаях к образованию провалов приводит деформация различных подземных сооружений [6].

Вымывание подземных пустот и пещер ослабляет стабильность почвенного слоя над ними. Насыщенная солями и минералами вода стремится занять все больше пространства, вследствие чего начинается затопление горных выработок. Почва все больше насыщается водой, что только увеличивает ее вес, который уже нечему сдерживать, ведь под ней – размытые полости нижних слоев земли. Таким образом, рано или поздно, насыщенный водой слой земной поверхности проседает все глубже и глубже, образуя воронки разных размеров [6].

Схожие геологические условия, в которых образовались калийные месторождения, позволяют использовать общие подходы для прогнозирования возможности проявления мульды сдвижения земной поверхности (МСЗП) в районах, расположенных в непосредственной близости к месторождениям.

Ранее установлено, что на возможность проявления мульды сдвижения земной поверхности влияют как природные, так и техногенные факторы [7]. Установление степени влияния указанных факторов друг на друга, а также подтверждение их проявления с помощью космических снимков, позволит спрогнозировать эту возможность. Прогнозирование деформаций или смещений в вертикальном направлении следует осуществлять на основе анализа ряда предыдущих изменений земной поверхности для определения областей с положительным значением ускорения смещений и возможно с помощью радарной съемки. Радарная съемка – необходимый инструмент для мониторинга и прогнозирования вертикальной деформации поверхности земли, так как точность определяется сантиметрами и не зависит от погодных условий на исследуемом участке.

На проявление горизонтальных смещений земной поверхности наибольшее влияние оказывает интенсивность увлажнения почвы для калийных месторождений и степень густоты растительного покрова в характерных для них географических условиях [7].

Цель статьи показать использование известных методов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), позволяющих выявить вертикальные и горизонтальные смещения земной поверхности для последующего прогнозирования возможности проявления мульды сдвижения земной поверхности.

#### Методы

Прогнозирование возможности проявления мульды сдвижения должно базироваться на основе ряда предыдущих изменений земной поверхности для определения областей с положительным значением ускорения наблюдаемых смещений. Одним из способов, позволяющих оценивать такие смещения является радарная съемка. Алгоритм применения результатов радарной съемки для прогнозирования возможности проявления мульды сдвижения в виде блок-схемы показан на рисунке 1.

В блоке 1 осуществляется загрузка снимков, полученных в ходе дистанционного зондирования земли. Снимки выбираются за определенный промежуток времени, причем, чем больше временной промежуток, тем точнее осуществляемый прогноз [8]. На данном шаге необходимо также учитывать климатические и географические особенности обследуемого месторождения, например учитывать периоды таяния снега в различных климатических зонах.

Во втором блоке осуществляется попарная обработка полученных снимков, а также исследование общих изменений вертикального смещения. Для обработки данных следует использовать программное

обеспечение SNAP (пакет инструментов для исследования снимков спутника Sentinel находится в открытом доступе на официальном сайте Copernicus Open Access Hub). Полученные результаты загружаются в QGIS (геоинформационная система с открытым кодом) для прогнозирования возможности проявления МСЗП.



**Рис. 1. Блок-схема алгоритма применения результатов радарной съемки**

В третьем блоке прогнозируется динамика смещений земной поверхности с определением положительного или отрицательного вертикального направления (инструментарий QGIS позволяет получить прогнозную карту смещений).

В четвертом блоке осуществляется вывод результатов прогноза. Результатом прогноза будет оптимистичная или пессимистичная оценка смещений земной поверхности в зависимости от времени, с указанием положительного или отрицательного вертикального направления.

В пятом блоке – конец выполнения алгоритма.

На изменение площади горизонтальных смещений земной поверхности в зоне разработки любого калийного месторождения оказывают влияние не только техногенные, но и природные факторы.

К хорошо наблюдаемым природным факторам можно отнести климатические условия, так как климат любой зоны, где ведутся разработки калийных месторождений, характеризуется среднегодовыми значениями таких параметров как температура, скорость ветра, количество солнечных дней, количество дней с осадками.

Установление зависимости между интенсивностью увлажнения почвы для исследуемых месторождений и степенью густоты растительного покрова в характерных для них географических условиях, позволит проследить динамику проявления МСЗП.

Характерным признаком состояния растительности является ее спектральная отражательная способность, которая характеризуется большими различиями в отражении излучения разных длин волн. Знания о связи структуры и состояния растительности с ее отражательными способностями позволяют использовать космические снимки для идентификации типов растительности и их состояния [9]. На сегодняшний день существует порядка 160 различных вегетационных индексов. Они подбираются эмпирическим путем, на основании изученных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв [9]. Расчет подавляющей части вегетационных индексов основан на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной способности растений. Максимум поглощения солнечной радиации приходится на красную зону спектра ( $0,62 \div 0,75$  мкм), а максимальное отражение энергии клеточной структуры листа – на ближнюю инфракрасную ( $0,75 \div 1,3$  мкм). Высокая фотосинтетическая активность (которая связана, как правило, с большим количеством растительности) характеризуется более низким значением коэффициента отражения в красной зоне спектра и более высоким значением в ближней инфракрасной. Таким образом, отношение двух этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов.

Наиболее популярный и часто используемый вегетационный индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который для растительности принимает положительные значения, и чем больше зеленая фитомасса в исследуемой зоне, тем он выше [10]. На значения индекса влияет также видовой состав растительности, ее сомкнутость, состояние, экспозиция и угол наклона поверхности, цвет почвы под

разреженной растительностью. Расчет индекса следует вести по формуле (1) [6]

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

где NIR – значения пикселей из ближнего инфракрасного канала 5; Red – значения пикселей из красного канала 4.

Вегетационный индекс NDVI принимает значения между -1,0 и 1,0.

Главным преимуществом вегетационных индексов является легкость их получения и широкий диапазон решаемых с их помощью задач [10]. Следующим индексом, необходимым для исследования опасного участка поверхности земли, является нормализованный разностный водный индекс NDWI (Normalized Difference Water Index). Данный индекс определяет количество влагозапаса в растительном покрове и почве, которое взаимодействует с поступающим солнечным излучением, таким образом позволяя выявить качественный признак увлажненности. Он вычисляется с использованием ближнего инфракрасного и зеленого канала по формуле (2)

$$NDWI = \frac{Green - SWIR2}{Green + SWIR2} \quad (2)$$

где SWIR2 – значения пикселей из ближнего инфракрасного канала 6; Green – значения пикселей из зеленого канала 3 [6].

Индекс NDWI также принимает значения между -1,0 и 1,0.

Полученные индексы позволяют оценивать текущее состояние растительности и прогнозировать возможность проявления мульды сдвижения земной поверхности в исследуемой зоне.

Характерной чертой многих калийных месторождений является то, что они расположены в так называемых аридных климатических зонах, однако количество осадков в исследуемых местностях может привести к активному насыщению влагой грунтов.

Из внешних условий, влияющих на количество влаги в грунте, таких как:

- географические: особенности рельефа;
- климатические: количество осадков;
- гидрогеологические: близкое к поверхности расположение грунтовых вод;
- горно-геологические: структура поверхностных отложений, наибольший вклад в этот показатель вносят гидрогеологические и климатические условия, т.е. близость грунтовых вод к поверхности и количество осадков в исследуемой зоне.



Оценить влажность почвы и густоту растительности на поверхности земли вследствие поднятия грунтовых вод можно только минимизировав влияние количества осадков в зоне разрабатываемого месторождения. Изучив климат в районе исследуемого месторождения калийных солей и выбрав теплый месяц с наименьшим количеством осадков, можно отбирать космические снимки за даты, которые удовлетворяют заданным условиям, а именно: отсутствие осадков на протяжении 4 – 5 дней до даты исследования, минимальная облачность (без лишнего шума на снимке).

В работе [6] приведены средние значения основных метеорологических параметров для города Березники:

- среднегодовая температура воздуха  $+1,6^{\circ}\text{C}$ ;
- количество дней с осадками 252;
- абсолютный минимум температуры воздуха  $-48,3^{\circ}\text{C}$  в декабре 1978 г.;
- абсолютный максимум температуры воздуха  $+36,7^{\circ}\text{C}$  в июне 1963 г.

Установлено, что август является месяцем с наименьшим количеством осадков среди трех самых теплых месяцев в году, следовательно, необходимо рассматривать снимки поверхности земли именно за этот месяц.

Наличие связи между состоянием растительности по контуру существующего провала и возможностью его дальнейшего расширения в области повышенной вегетации свидетельствует об увеличении площади мульды.

#### Заключение

Прогнозирование возможности проявления мульды сдвижения земной поверхности остается актуальной задачей при разработке калийных месторождений. Образование мульды проявляется как в вертикальных, так и горизонтальных смещениях участков земной поверхности. Вертикальные смещения можно оценить с помощью результатов радарной съемки с последующим построением прогнозной карты в геоинформационной системе с открытым кодом QGIS.

Горизонтальные смещения можно оценить с учетом климатических условий месторождения, в частности оценив влажность почвы и густоту растительности на поверхности земли с помощью соответствующих индексов вегетации.

Четвертая промышленная революция позволяет использовать многокомпонентные программные средства, которые успешно справляются с обработкой данных в любом формате, а в коллаборации с технологической стратегией дают возможность своевременно прогно-

зировать возможность проявления мульды сдвижения земной поверхности.

**Библиографический список:**

1. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. – 429 с.
2. [сайт]. URL: <https://kali.by/production/>.
3. Белкин В.В. Техногенная трансформация геологической среды Верхнекамского соленосного бассейна дис. д-ра геол.-мин. наук. – Екатеринбург, 2010. – 280 с.
4. Высоцкий Э.А., Губин В.Н., Кутырло В.Э. Экономико-географические аспекты калийной промышленности мира // Вестник БГУ. – 2007. – Сер. 2. – № 1. – С. 90-96.
5. <https://www.mining-technology.com/projects/rocanville/>
6. Тетенёва М.В. Моделирование опасных природных процессов при разработке Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. Магистерская диссертация, НИТУ «МИСиС», Москва, 2020 г.
7. Абрамян Г.О., Баранникова И.В., Баранников П.А. Модель оценки возможности проявления мульды сдвижения земной поверхности. Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 4. С. 21.
8. Соловьев М.О. Прогнозирование деформации земной поверхности на основе геоинформационного моделирования. Магистерская диссертация, НИТУ «МИСиС», Москва, 2020 г.
9. Бердянт А. М. Геоинформационное картографирование. – М.: Изд-во Московского университета, 2017. – 64 с.
10. Бондаренко И.С., Белопушкин В.И. Метод выбора оптимальной технологии строительства коммуникационного тоннеля. Программные продукты и системы. 2008. № 3. С. 10-13.



УДК 624.137

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РЕСПУБЛИКЕ ИРАК**

**Аль-Екаби Хакн Хадн Аббуд,**  
Университет Васит, г. Эль-Кут, Ирак

**Прокопов А.Ю.**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия

*В статье представлены некоторые методы стабилизации оползневых склонов, используемые в настоящее время в Ираке. Рассмотрены как мероприятия по стабилизации склона, выполняемые в процессе строительства, так и в последующие периоды при возникновении проблем с устойчивостью.*

*Ключевые слова: устойчивость склона, оползни, методы стабилизации, свойства грунта.*

Оползень или разрушение склона – это термин, используемый для описания перемещения массы грунта вниз по склону. Типичным геологическим явлением, которое происходит всякий раз, когда возникает дисбаланс между прочностью грунта на сдвиг и напряжением сдвига, является разрушение естественного склона. Поверхностные трещины, которые образуются перпендикулярно направлению движения в верхней части склона, так называемые «бровки срыва», являются первым признаком надвигающегося оползня. Повышенная скорость фильтрации, выемка грунта на склоне или повышенное напряжение сдвига от поверхностной нагрузки - все это причинные факторы неустойчивости. Фундамент, грунт основания или обратная засыпка могут сдвигаться одновременно со склоном.

Геотехническая инженерия, которая является основным направлением исследований специалистов-геотехников, традиционно уделяет большое внимание исследованиям устойчивости склонов [1, 2]. Городское развитие расширяется, растет пригородное инженерное строительство, а высокие насыпи становятся все более распространенными [3]. На стабильность многоступенчатого откоса влияет множество переменных, включая удельный вес, когезию, угол внутреннего трения и др. [4 – 6]. Анализ чувствительности устойчивости конкретного многоступенчатого откоса засыпки к различным переменным может помочь в выявлении наиболее опасных факторов и минимизации рисков при фактическом проектировании [7]. Некоторые ученые уделяют особое внимание влиянию заполняющих материалов на устойчивость склонов при формировании откосов и предлагают различные методы укрепления склонов. Например, предварительно напряженные анкеры могут способствовать перераспределению напряжений вниз по склону [8]. Закрепленные геосинтетические материалы могут улучшить деформационные характеристики и устойчивость склона. Кроме того, было доказано, что такие методы укрепления склонов, как грунтовые анкеры [9], удерживающие сваи [10, 11] и армирующие элементы, формируемые методом цементации [12], достаточно эффективны.

***Методы стабилизации грунтовых склонов в Ираке.*** В Ираке получили наибольшее распространение следующие методы:

1. *Специальные земляные работы (метод раскопок).* Полное удаление фактически или потенциально нестабильной грунтовой массы может в некоторых ситуациях быть эффективной и экономичной формой снижения потенциальной опасности. Строительство и содержание Панамского канала, вероятно, является наиболее известным

примером использования этого метода. Однако, этот метод применим, как правило, при незначительных объемах потенциального оползня, описываемого круглоцилиндрической поверхностью скольжения. Крупномасштабные раскопки для предотвращения оползня часто не рекомендуются по нескольким причинам, в том числе:

– раскопки не всегда проходят успешно. Выемка грунта может не остановить движение в случаях значительных плоских разрушений и может даже привести к расширению оползня. Ослабляя склон за счет подрезания, земляные работы могут дестабилизировать грунт дальше вверх по склону и, возможно, вызвать большее скольжение, чем предотвращаемое изначально;

– выемка грунта до верхней поверхности разрушения грунта может привести к образованию поверхностей скольжения на больших глубинах, в определенных инженерно-геологических элементах грунта;

– земляные работы могут повлиять на поверхностный сток и водотоки; что может привести к образованию новых зон временного или постоянного застоя воды, изменению инфильтрации и режима грунтовых вод на склоне или способствовать эрозии в районах, которые когда-то были защищены оползневой массой.

Только в том случае, если склон может быть перепрофилирован под меньшим углом, чем первоначальный, неустойчивый уклон или будут приняты другие меры по снижению опасности, полное удаление тела оползня эффективно снизит риск продолжения движения. Если этого не сделать, расчистка завалов от оползня приведет к быстрой эрозии вблизи основания склона, что снова создаст подходящие условия для дальнейшего сползания.

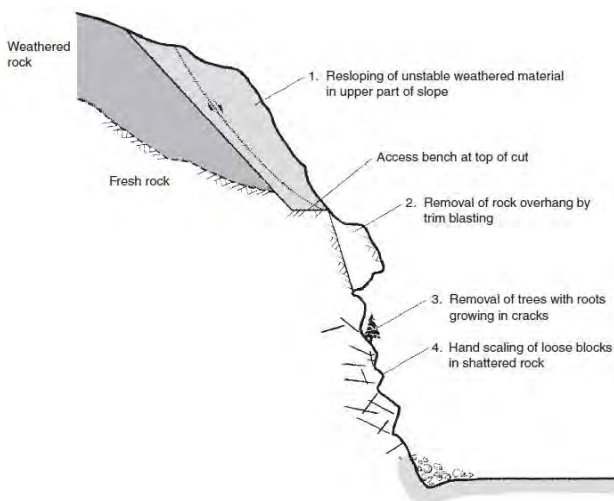
Земляные работы могут изменить структуру дренажа, что может оказать негативное влияние на стабильность региона. Поэтому следует позаботиться о том, чтобы направить потоки поверхностных вод от вырытых участков и убедиться, что перепрофилирование не способствует накоплению застойной воды в низменных местах. Аналогичным образом, крайне важно убедиться, что материалы, обнаженные в результате удаления тела оползня, не подвержены быстрому выветриванию, которое может спровоцировать дополнительные оползни, или достаточно защищены от него.

Вырытые поверхности часто имеют контуры для создания нескольких уступов, обычно с интервалом от 6 до 10 м по вертикали, чтобы облегчить строительство и обслуживание дренажных и защитных работ на поверхности.

В любом случае перед проведением земляных работ необходимо провести тщательное обследование грунта, грунтовых вод и дре-

нажных условий. При раскопках активных оползней при проектировании следует учитывать метод и последовательность земляных работ, чтобы обеспечить стабильность в любое время. Как правило, земляные работы следует проводить с верхней части склона вниз, а не с носка, чтобы обеспечить безопасное выполнение работ.

Вид поперечного сечения выемки грунта на склоне, приведенный на рис. 1, показывает последствия и результаты земляных работ, выполняемых на склоне для ликвидации тела оползня.



**Рис. 1. Поперечное сечение склона при его стабилизации путем удаления и ремонта потенциально нестабильных блоков**

К основным видам работ при этом способе являются:

- удаление грунта с верхней части склона. Этот метод уменьшает сдвигающие моменты, что улучшает устойчивость массива. Для этого метода подходят только оползневые участки, распространяющиеся на большую глубину, т.е. те, на которых могут возникнуть оползни вращения. При оползнях скольжения на длинных, равномерных, плоских склонах или w-образных оползнях это не удастся.

- уменьшение высоты откоса. Уменьшение высоты срезаемого грунта обычно влечет за собой создание более низкого склона, что уменьшает вес грунтовой массы и, следовательно, уменьшает сдвигающие силы в плоскости разрушения. Кроме того, если полоса отвода пересекает верхнюю часть оползня, возможны как объемные земляные работы, так и понижение уровня основного дорожного покрытия. Со-

гласно исследованиям Chatwin, S.C. [13], коэффициент безопасности при таком методе часто увеличивается только на 10-15% (коэффициент безопасности – это отношение максимальной прочности компонента к вероятной максимальной нагрузке, которая будет к нему приложена).

- обратная засыпка легким материалом. Предусматривает снятие верхнего слоя почвы и замена его легким материалом обратной засыпки, таким как опилки или лесозаготовительная щепа. Затем засыпанный материал может служить основой для засыпки тонкого слоя крупного заполнителя (рис. 2);

- скамейки. Чтобы снизить сдвигающее давление, формируют скамейки, представляющие собой серию "ступеней", встроенных в отвесную скалу или грунт. Они наиболее эффективны для снижения частоты неглубоких оползней, но, как правило, незначительно влияют на повышение общей устойчивости склона. Скамейки можно использовать для управления поверхностным дренажом, обеспечения рабочего пространства для установки дренажных труб или других конструкций, а также для создания защитных сооружений под скальными склонами, подверженными камнепадам. На рис. 3 показан способ укрепления склонов формированием ступеней («скамеек»).



**Рис. 2. Снижение оползнеопасной массы замещением легкими сельскохозяйственными материалами (соломенные тюки и др.)**

2. *Устройство дренажа.* Наиболее значительный вклад в возникновение оползней, безусловно, вносят грунтовые воды. Поэтому неудивительно, что достаточный дренаж воды является ключевым фактором стабилизации склона как для активных, так и для потенциальных оползней. Дренаж позволяет снизить влажность грунтового

массива, уменьшить его оползневую массу и повысить прочностные характеристики. Возможен как поверхностный, так и подземный дренажи. Методы поверхностного дренажа обеспечивают значительные преимущества в стабильности и требуют минимального планирования или затрат.

Цели поверхностного дренажа заключаются в том, чтобы остановить эрозию поверхности, уменьшить вероятность оседания поверхности и остановить проникновение воды в почву, тем самым снизить давление грунтовых вод. Несмотря на большую стоимость, подземный дренаж также эффективен. Однако, важно определить, являются ли грунтовые воды основной причиной оползня, прежде чем применять подземные методы. Ниже приведены некоторые из методов дренажа:

- выравнивание участка: Сглаживание контура поверхности оползня может предотвратить скопление поверхностных вод или их смешивание с грунтовыми водами. Необходимо заполнить все углубления на склоне, которые могут содержать стоячую воду. Планирование грунта эффективно, поскольку оно предотвращает попадание поверхностных вод в плоскость разрушения, заполняет и герметизирует большие трещины на поверхности почвы.



**Рис. 3. Повышение устойчивости склонов формированием укрепленных ступеней**

- поверхностные каналы и неглубокие подземные дренажи. Поверхностный дренаж может осуществляться через неглубокие подземные дренажи или поверхностные каналы (рис. 4). В верхней части оползня, где эффективна система отсечных канав, пересекающих верхнюю стенку оползня, и боковые дренажные каналы для стока по краю оползня, поверхностный дренаж имеет очень важное значение.

Для быстрого отвода воды из нестабильной зоны уклон канавы должен составлять не менее 2%. Боковая траншея, построенная на неустойчивом склоне, является самым распространенным типом подземного дренажа. Чтобы боковые стенки канавы не осыпались, их засыпают крупным гравием. Улучшением является использование водосточной трубы, а затем засыпка пространства крупным гравием.



**Рис. 4. Общий вид дренажной траншеи**

- водоотводные дренажные трубы. При строительстве автомобильных дорог горизонтальные водосточные трубы являются основным методом предотвращения оползней (рис. 5). Наибольшая эффективность метода достигается при устройстве таких труб в период выполнения земляных работ при строительстве. Дренажные системы работают эффективно в том случае, если труба расположена точно, поверхность подземных водотоков пересечена, и труба снижает уровень грунтовых вод. Поскольку большинство склонов имеют различные почвенные, гидравлические и геометрические характеристики, дренажные системы должны быть индивидуально сконструированы для каждого склона. После достижения соответствующей глубины бурения и установки обсадной колонны из нее удаляют грунт, а отрезки дренажной трубы из PVC с прорезями заворачивают в фильтровальную ткань перед вставкой в обсадную колонну и подсоединением. На глинистых почвах полное изменение уровня грунтовых вод может занять до 5 лет, причем 50% улучшения происходит в первый год. Хотя могут происходить сезонные изменения, как только уровень грунтовых вод в глинистых почвах снижается, эффект становится довольно постоянным. Осадки не изменяют уровень грунтовых вод на склоне до тех пор, пока стоки будут чистыми. Уровень грунтовых вод на песча-



ных почвах понизится в течение нескольких месяцев, хотя он также будет колебаться в зависимости от количества осадков.

3. *Метод анкерования склонов.* Благодаря своей технической совместимости, простоте конструкции и сравнительно низким затратам на техническое обслуживание метод анкерования грунта стал популярным в Ираке. Установка близко расположенных стальных стержни в склон укрепляет и повышает устойчивость склонов. Строительные работы ведутся сверху вниз. Как правило, грунтовые анкеры вставляются в предварительно просверленные шпурсы или скважины и закрепляются с помощью шланга для подачи раствора под давлением. Нагнетание распределяет напряжения на грунтовые анкеры за счет трения, что повышает устойчивость грунта. Устойчивость склона повышается при увеличении длины грунтового анкера. Кроме того, грунтовые анкеры предотвращают возникновение локальной деформации. При проектировании грунтовых анкеров для откосов и насыпей необходимо учитывать возможность статического разжижения и области вероятного скольжения. На эффективность удержания склонов от оползней влияет угол наклона грунтовых анкеров. В экспериментальном исследовании влияния наклона грунтового анкера, подвергнутого фильтрационному потоку под углом  $30^\circ$ , было обнаружено, что оседание гребня склона с углом  $79^\circ$  и наклоном анкера  $25^\circ$  к горизонтали составляло 4,1% от высоты склона. Для сравнения, он составлял 2,6% от той же высоты при наклоне анкера  $10^\circ$  [14]. Другое численное исследование поведения крутых грунтовых склонов во время сейсмических событий показало, что горизонтально расположенные анкеры испытывали большие смещения, чем установленные наклонно. В результате доказано, что для крутых склонов предпочтительнее устанавливать наклонные, а не горизонтальные анкеры. На рис. 6 показано устройство грунтовых анкеров в полевых условиях.

4. *Метод подпорных стенок.* Подпорные стенки можно использовать для предотвращения попадания обломков камнепада на дороги или другие защищаемые объекты. Они напоминают камнепадные барьеры, но часто более прочные и массивные. Подпорные стенки могут быть изготовлены из стали, бетона, дерева или других материалов, но они должны быть надежно закреплены, чтобы предотвратить опрокидывание в случае камнепада или оползня. Поскольку чрезвычайно высокое давление грунтовых вод может накапливаться за любой подпорной стеной, вызывая ее разрушение, эффективный дренаж через конструкцию имеет решающее значение для всех форм подпорных стен. Крупнозернистый материал основания и обратной засыпки могут легко обеспечить дренаж.



**Рис.5. Дренажные трубы на склоне**



**Рис. 6. Анкерование откосов и склонов в полевых условиях**

Применяемые конструкции подпорных стен приведены ниже:

- стальная бункерная стенка. Изготавливается путем соединения болтами кусков гофрированной оцинкованной стали для создания ящика, который затем заполняется грунтом мягкопластичной консистенции (рис. 7). Устойчивость гравитационной стены зависит от ее веса, которому, в том числе от веса удерживаемого грунта. Ширина стен колеблется от 2 до 5 м, или от  $1/2$  до  $3/5$  высоты стены. Основание стены часто находится на 0,5-1,0 м глубже подошвы склона, чтобы обеспечить дополнительное сопротивление скольжению; тем не менее, конструкция не должна опираться на дополнительные опоры, так как они могут разрушиться или быть случайно удалены. Если стена имеет уклон 1:6, коэффициент безопасности увеличивается. Заполняющий ма-

териал и материал обратной засыпки должен быть плотно упакован и хорошо дренирован.



**Рис. 7. Стальная бункерная стенка**

- габрионные стены. Габрионы представляют собой коробки из проволочной сетки, заполненные камнями размером от 10 до 20 см (рис.8). Габрионы можно складывать в штабель, чтобы создать габрионную подпорную стенку. Строительство габрионных барьеров часто бывает простым, дешевым и быстрым. Они не нуждаются в тщательной подготовке основания из-за своей гибкости, которая позволяет им переносить неравномерные осадки основания. Как правило, можно построить трехъярусные барьеры высотой до 2,5 м без проведения тщательного инженерного анализа. Более высокие стены требуют большей площади основания и, возможно, контрфорсов для крепления стен из-за их дополнительной массы и большого веса.



**Рис. 8. Устройство габрионной стены вдоль шоссе**

**Выводы.** Для разработки мероприятий по стабилизации грунтовых откосов необходимо выполнить инженерно-геологические изыскания, включая испытания грунтов. Существуют различные методы и приемы, используемые в Ираке для стабилизации грунтовых склонов. Первая группа методов основана на геометрической технике. Конкретный метод стабилизации зависит от размера и геометрической формы склона, влияющих на образование оползня. При этом сначала срезают и удаляют неустойчивые и слабые слои с грунта или скального склона, затем выполняется усиление сформированного склона. Второй – это гидрогеологический метод, который зависит от уровня грунтовых вод и влажности грунтов в откосах. При высокой влажности грунта откос будет неустойчивым, потому что снижаются прочностные свойства грунтов (удельное сцепление и угол внутреннего трения). Во избежание оползней из-за переувлажнения склона применяются различные системы водоотведения и дренажа. Третий и четвертый способы зависят от физико-механических свойств грунта и основаны на механическом или конструктивном увеличении прочности склона грунта на сдвиг и сводит к минимуму внешние силы, вызывающие разрушение склона. Каждый инженер-геотехник должен обладать базовыми знаниями в области изучения и анализа устойчивости склонов. Этот анализ помогает предотвратить будущие разрушения и снизить затраты на конструкции, стабилизирующие склон, а также предотвратить геологические риски возникновения внезапных оползней.

**Библиографический список:**

1. X. Liu, X. Chen, M. Su, S. Zhang, and D. Lu, *Stability analysis of a weathered-basalt soil slope using the double strength reduction method// Advance in Civil Engineering*, vol. 2021, Article ID 6640698, 12 pages, 2021.
2. Прокопов А.Ю., Лебидко В.А. Выбор и обоснование методов берегоукрепления (на примере р. Кубань в г. Краснодаре) // *Известия Ростовского государственного строительного университета*. 2015. № 20. С. 41-48.
3. S.-H. Ye and A.-P. Huang, *Sensitivity analysis of factors affecting the stability of cut and fill multistage slope based on improved grey incidence model // Soil Mechanics and Foundation Engineering*, vol. 57, no. 1, pp. 8–17, 2020.
4. J. Pacheco, J. De Brito, C. Chastre, and L. Evangelista, *Probabilistic conversion of the compressive strength of cubes to cylinders of natural and recycled aggregate concrete specimens // Materials*, vol. 12, no. 2, 2019.
5. W. Yang, L. Neng, W. Xinzhi et al., *Experimental investigation on mechanical behaviour and particle crushing of calcareous sand retrieved from South China sea // Engineering Geology*, vol. 280, Article ID 105932, 2020.
6. Dolzhikov P, Prokopov A., Akopyan V. *Foundation Deformations Modeling in Underworking and Hydroactivated Rocks // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017 : Conference proceedings. Серия: Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 692. – Cham : Springer, 2018. – P. 647-654. – DOI 10.1007/978-3-319-70987-1\_69.*

7. Прокопов А.Ю., Акопян В.Ф., Ким Р.В. О причинах и последствиях оползневых процессов в районе ул. Медовой Адлерского района Г. Сочи // *Известия Ростовского государственного строительного университета*. 2015. № 20. С. 48-57.

8. G. Yang, Z. Zhong, Y. Zhang, and X. Fu, *Optimal design of anchor cables for slope reinforcement based on stress and displacement fields* // *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol. 7, no. 4, pp. 411–420, 2015.

9. Y. Kim, S. Lee, S. Jeong, and J. Kim, *Effect of pressure grouted soil nails on the stability of weathered soil slopes* // *Computers and Geotechnics*, vol. 49, pp. 253–263, 2013.

10. C. Chunyi, M. Kun, X. Chengshun, L. Zhimeng, L. Haijiang, and P. Huaifu, *Analytical solution for longitudinal vibration of a floating pile in saturated porous media based on a fictitious saturated soil pile model* // *Computers and Geotechnics*, vol. 131, Article ID 103942, 2021.

11. J. Zhang, H. Wang, H. W. Huang, and L. H. Chen *System reliability analysis of soil slopes stabilized with piles* // *Engineering Geology*, vol. 229, pp. 45–52, 2017.

12. Прокопов А.Ю., Сычев И.В. *Определение деформационных характеристик грунтового массива, преобразованного по технологии армирования грунта цементно-песчаным раствором* // *Инженерный вестник Дона*. 2019. № 3(54). С. 28.

13. Chatwin, S.C., Howes, D.E., Schwab, J.W., and Swanston, D.N., 1994, *A guide for management of landslide-prone terrain in the Pacific Northwest, second edition: Ministry of Forests, 31 Bastion Square, Victoria, British Columbia V8W3E7, 220 p. Online: <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/Lmh/Lmh18.htm>*

14. Rotte V.M., Viswanadham B.V. *Influence of nail inclination and facing material type on soil-nailed slopes* // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Ground Improvement*. 2013 May; 166(2):86–107.



УДК 622.331:622.271.9

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ КАЧЕСТВА И КОЛИЧЕСТВА ТОРФА ПРИ ХРАНЕНИИ

**Столбикова Г.Е., Черткова Е.Ю., Купорова А.В.**

*Тверской государственный технический университет, г. Тверь. Россия*

*В статье представлены исследования снижения качества и количества фрезерного торфа при хранении в штабелях под открытым небом от намокания, промерзания и саморазогревания.*

*Ключевые слова: фрезерный торф, качество торфа, количество торфа, мероприятия*

Объемы добычи торфа предприятиями Российской Федерации в последние годы составляют примерно 1,5 млн тонн. После окончания сезона добычи фрезерный торф хранится в складочных единицах (штабелях) под открытым небом от нескольких дней до года (иногда

до двух лет). За время хранения на торф воздействуют осадки, ветер, потоки влаги из залежи, а также в штабелях могут происходить процессы намокания, промерзания, саморазогревания и самовозгорания. Часть товарного торфа из-за намокания от осадков переходит в некондиционное состояние, кроме того часть органической массы торфа теряется в результате саморазогревания и самовозгорания. Величина этого снижения торфа при хранении также зависит от времени и продолжительности хранения, погодных условий, природы торфа и его качественной характеристики. Значение имеют соблюдение технических требований к операции штабелирования торфа и выполнение определенных работ, предусмотренных инструкциями по хранению торфа [1].

Потери торфа при хранении регламентированы действующими нормативами [2], которые учитывают качественную характеристику торфа (степень разложения) и его уборочную влажность в зависимости от вида получаемой продукции. Влияние других факторов на величину снижения качества не учтено, таких как саморазогревание и проведение профилактических мероприятий для снижения разогревания торфа, намокания и промерзания торфа при хранении в штабелях, вследствие чего ухудшается качество готовой продукции и его количество. Поэтому встал вопрос о необходимости исследования влияния саморазогревания, проведения профилактических мероприятий, а также намокания и промерзания на сохранения качества и количества фрезерного торфа при хранении.

Объектом исследования был принят фрезерный торф низинного и верхового типа при степени разложения трех групп: менее 15%; от 15 до 25 и более 25%. Вид получаемой продукции – топливо при условной влажности 40% и торф повышенной влажности 55%, используемый в сельском хозяйстве и для получения продуктов различного назначения.

Во время хранения торфа происходит намокание, которое влечет за собой потери готовой продукции. Снижение количества фрезерного торфа от намокания и промерзания могут быть определены в зависимости от толщины намокшего и промерзшего слоя ( $h_{н+п}$ ) и размера штабелей (его высотой  $H_{шт}$ ). Это снижение количеств торфа от намокания и промерзания в зависимости от степени разложения  $R$  и количества осадков  $\Sigma h_{ос}$  представлены на рис. 1.

При определении снижения количества торфа от намокания и промерзания учитываются осадки за период с сентября до вывозки торфа потребителю. Из анализа построенных зависимостей следует, что при увеличении степени разложения снижение количества торфа

от намокания и промерзания значительно снижаются, так при увеличении степени разложения от <15 до 25 % это снижение составляет около 20 % (от 3 до 2,5 %), а при увеличении степени разложения до >25 % (от 3 до 1 %) уже в 3 раза при суммарных осадках за время хранения 150 кг/м<sup>2</sup>. При возрастании суммы выпавших осадков потери от намокания и промерзания возрастают в несколько раз. С увеличением суммы осадков в 2 раза с 150 до 300 кг/м<sup>2</sup> для торфа со степенью разложения <15 % намокание и промерзание возрастает в 4 раза и составляет 12 %, а для торфа степени разложения более >25 % эти потери всего 7 %. Такое снижение количеству торфа происходит из-за того, что в торфе малой степени разложения сохраняется большее количество неразложившихся частиц растений-торфообразователей, которые имеют большую водопоглощительную способность впитывать и удерживать в себе влагу.

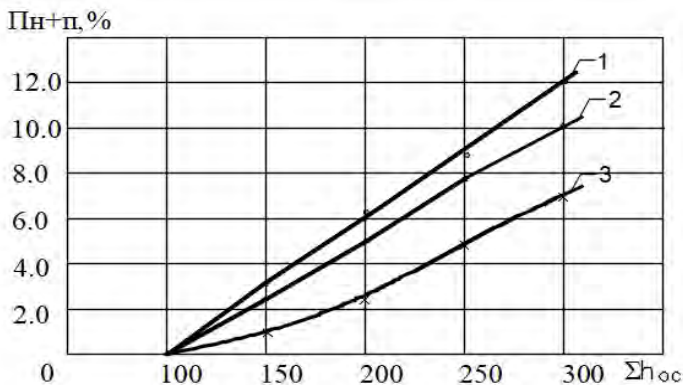


Рис. 1. Снижение количества торфа от намокания и промерзания при различной величине осадков за период хранения (%) и степени разложения торфа R: 1 – до 15%; 2 – 15...25%; 3 – более 25 %

Для сохранения качества и количества фрезерного торфа проводится изоляция торфа полиэтиленовой пленкой или слоем влажной торфяной залежи толщиной 40 см, снижение количества торфа от намокания при этом равны нулю. При добыче торфа отдельным способом от осадков и низких температур снижаются в 2 раза.

Кроме снижения количества происходит ухудшение его качественных показателей, таких как влажность, зольность, уменьшение органического вещества.

Так же при хранении фрезерного торфа в полевых условиях в складочных единицах (штабелях) происходит процесс саморазогревания в результате микробиологической деятельности и химических реакций, вследствие которого возникают потери органического вещества торфа.

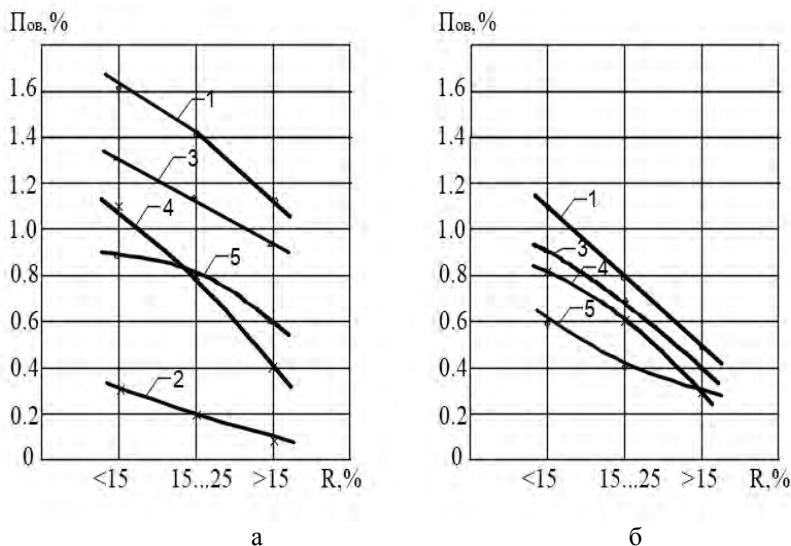
Исследованиями установлено, что на величину снижения органического вещества торфа существенное влияние оказывает температура разогревания. Среднее значение снижения за один месяц хранения низинного торфа при общей продолжительности хранения 8...10 месяцев зависят от температуры разогревания. Ниже 70<sup>0</sup>С потери составляют 0,4...0,6% на органическое вещество, при температуре 70...75<sup>0</sup>С они возрастают до 0,9...1,0 %, а выше 75<sup>0</sup>С достигают 1,5% и более в месяц. Снижение органического вещества при температуре ниже 70<sup>0</sup>С происходит в первую очередь за счет усиленной микробиологической и ферментативной деятельности. Выше 75<sup>0</sup>С, наряду с окислительными процессами начинается термическое разложение торфа. При 75<sup>0</sup>С и особенно выше 75<sup>0</sup>С резко усиливаются процессы термической деструкции, которые сопровождаются большими изменениями в химическом составе торфа. Для верхового торфа эти потери существенно выше, так как уже при 60<sup>0</sup>С потери достигают 1% [3]. Все описанные процессы сопровождаются повышением температуры. Поэтому встал вопрос о способе сохранения органического вещества при его длительном хранении по известной температуре разогрева. Учитывались профилактические мероприятия: 1 – передвижка штабелей в процессе добычи, внутренняя изоляция, уплотнение; 2 – послойное уплотнение и изоляция в конце сезона.

Снижение количества фрезерного торфа от саморазогревания происходит в течение всего периода хранения и возрастают пропорционально сроку хранения и температуре разогревания. Фактическая величина снижения количества и качества торфа от саморазогревания за период хранения значительно больше, так как в расчете тепловых потерь не учитывается теплообмен торфа в штабеле с окружающим воздухом.

Снижения количества и качества фрезерного торфа от саморазогревания за один месяц хранения в различных условиях проведения профилактических мероприятий приведены на рис. 2. Из представленных графиков следует, что с увеличением степени разложения снижение количества торфа от саморазогревания имеют тенденцию к уменьшению как для топливного торфа (рис. 2, а), так и для торфа повышенной влажности (рис.2, б). Причем, это снижение значительно больше для топливного торфа без проведения профилактических ме-



роприятий (рис.2, кривые 1) примерно на 30...50 %. При проведении профилактических мероприятий таких как передвижка штабелей, внутренняя изоляция и уплотнение торфа наблюдается снижение количества для топливного торфа на 20 %, а для торфа повышенной влажности на 15 % (рис.2, кривые 3). При послойном уплотнении в процессе уборки и штабелирования и изоляции штабеля в конце сезона это снижение еще больше для топливного торфа соответственно от 30 до 70%, для торфа повышенной влажности на 30...40 % (рис.2, кривые 4). При проведении же раздельной уборки (рис. 2, кривые 5) это снижение количества составляет как для топливного, так и торфа повышенной влажности от 30 до 45 %. Такое значительное снижение потерь торфа происходит вследствие уплотнения торфа при проведении операции штабелирования при передвижке торфа от основания к вершине при заходе бульдозера -штабелера по аппарели на штабель.



**Рис. 2. Снижение количества фрезерного торфа от саморазогревания за 1 месяц хранения (%) в зависимости от степени разложения R:**

*а* - при добыче торфа на топливо,  $\omega_v=40\%$ ; *б* - при добыче торфа повышенной влажности,  $\omega_v=55\%$ ; при проведении профилактических мероприятий: 1 - без них; 2 - изоляция полиэтиленовой пленкой; 3 - передвижка, внутренняя изоляция, уплотнение; 4 - послойное уплотнение, изоляция в конце сезона; 5 - раздельная уборка

На основе изучения технологических схем хранения фрезерного торфа в штабелях в производственных условиях под открытым небом с учетом данных производственных объединений и предприятий по

добыче, хранению и транспорту готовой продукции были определены средние величины естественной убыли торфа при его хранении.

Значения естественной убыли фрезерного торфа на топливо ( $\omega_y = 40\%$ ) и повышенной влажности для сельского хозяйства и производства различной продукции для народного потребления ( $\omega_y=55\%$ ), полученных из низинного и верхового типов торфяной залежи, представлены на рис.3. Анализ снижения количества торфа показывает, что для верхового торфа (рис. 3, б) все значения выше, чем для низинного (рис.3,а), особенно это характерно для торфа, который хранится без каких либо профилактических мероприятий (рис. 3, кривые 1). При проведении профилактических мероприятий (рис. 3, кривые 2 и 3) убыль органического вещества от саморазогревания значительно снижается при увеличении степени разложения. Это снижение выше при проведении послойного уплотнения торфа и изоляции его в конце сезона (кривые 3). Значительно меньше снижение качества от саморазогревания при раздельной уборке (кривые 4). Максимальное снижение качество от намокания и промерзания меньше, чем от саморазогревания в несколько раз (рис.3, кривые 5), с увеличением степени разложения они снижаются с 6,5 до 2,5 %.

Общее снижение количества торфа за период хранения (%) определяются как сумма количества органического вещества торфа и количества от намокания и промерзания

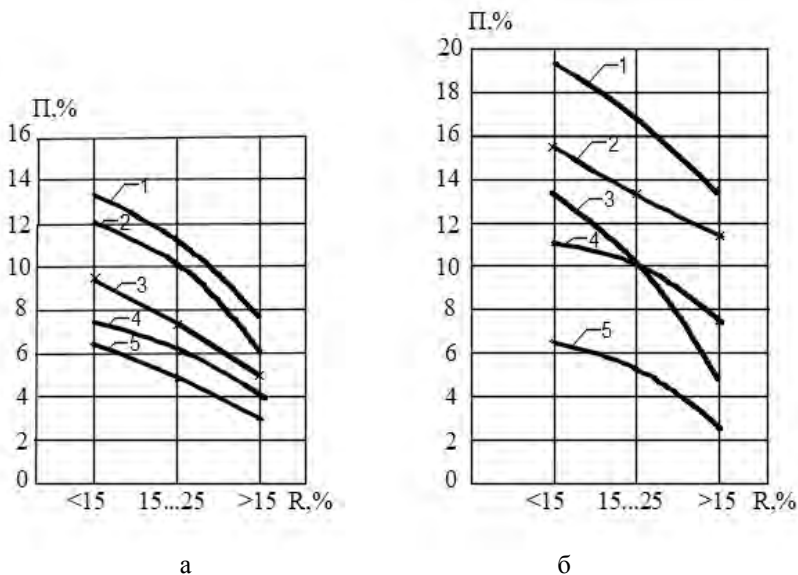
$$P_{\text{общ}} = P_{\text{ов}} \cdot \tau_{\text{хр}} + P_{\text{н+п}},$$

где  $P_{\text{ов}}$  – количество органического вещества торфа от саморазогревания за один месяц хранения, % ;  $\tau_{\text{хр}}$  - длительность периода хранения, мес.,  $P_{\text{н+п}}$  – количество от намокания и промерзания, %.

При определении планируемых размеров и при проектировании торфяных предприятий срок хранения для фрезерного торфа принимается 12 месяцев. Снижение количества фрезерного торфа происходят также при погрузке за счет просыпки и транспортировании его потребителю вследствие выдувания его воздушным потоком. Для сокращения снижения количества рекомендуется производить уплотнение торфа и наносить защитные покрытия на открытую поверхность торфа в транспортном средстве. Убыль торфа при транспортировании не должна превышать 0,2 % массы нетто груза [4].

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют, что снижение органического вещества торфа от саморазогревания зависит от степени разложения торфа, температуры разогревания, длительности хранения и проводимых профилактических мероприятий, а также типа торфа и технологической схемы добычи. При увеличении

степени разложения количества торфа снижается. Для верхового типа торфа это снижение выше, чем для низинного более чем на 20 %. Кроме того, за счет этого снижается качество торфа с 45 до 70 % и выше, а также повышается зольность продукции. При проведении профилактических мероприятий послойного уплотнения, передвижек, внутренней изоляции и уплотнения в конце сезона происходит уменьшение этих потерь на 15...20 % и увеличивается его влажность. В схеме добычи торфа с раздельной уборкой потери от саморазогревания снижаются в 1,5...2,0 раза. Количество торфа от намокания и промерзания снижается с 6,5 до 2,5 % и зависит от длительности хранения и суммы выпавших осадков за время хранения



**Рис. 3. Значения снижения количества а – низинного и б – верхового торфа при хранении в зависимости от степени разложения R при саморазогревании и профилактике**

1 – без профилактики; 2 – передвижка, внутренняя изоляция, уплотнение; 3 – послойное уплотнение и изоляция в конце сезона; 4 – раздельная уборка; 5 – максимальные потери от намокания и промерзания

**Библиографический список**

1. Антонова, О.Г. Технологические регламенты процесса хранения фрезерного торфа / О.Г. Антонова, Л.С. Исаева, А.М. Куприянов и др. // Труды ВНИИТП. - 1983. - Вып.50. - С.75-83.  
 2. Категорирование фрезерного торфа по склонности к саморазогреванию / В.П. Удалов, Я.С. Киселев, А.Н. Ребинбогин Б.Ф. Корнев // Торфянная Промышленность. - 1986 - № 3. - С. 12-13.

3. Малков, Л.М., Гублев, Е.В. Комплексная оценка склонности фрезерного торфа к самовозгоранию / Л.М. Малков, Е.В. Гублев // Торфяная промышленность. - 1989. - № 8. - С. 18-21.

4. Автушенко, В.А. Влияние некоторых факторов на размеры потерь фрезерного торфа при транспортировке / В.А. Автушенко // Торфяная промышленность. - 1976. - № 5. - С.24-25.



УДК [544.77+544.638+628.355]:628.381.1

## **ЭВОЛЮЦИЯ ПОНЯТИЯ «РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ» В ТОРФОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ**

**Яконовская Т.Б.**

*Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия*

*За 100 лет развития науки о торфе было разработано порядка 200 различных технологий добычи и переработки ресурсов торфяного месторождения. Много исследований посвящено комплексному использованию торфа и сопутствующих ресурсов. Однако, в современных быстро меняющихся социально-экономических, геолого-технологических, технических и даже политических условиях вопрос о том, что понимать под термином «рациональная технология» до сих пор остается дискуссионным.*

*Ключевые слова: эволюция, рациональный, технология, торфяная отрасль.*

Современное социально-экономическое и технико-технологическое развитие общества характеризуется быстрой изменчивостью окружающего мира. В отраслях горнодобывающего и горно-перерабатывающего секторов национальной экономики скорость этих изменений очень высока и проявляется в виде цифровой трансформации производственных процессов горных компаний [1, 2].

Внедрение информационных технологий в технологические процессы горных предприятий позволяет разработать новую концепцию рационального управления процессом разработки месторождения. Так что же понимается под термином «рациональные технологии» разработки месторождений? Следует отметить что, вопросом о «рациональных технологиях» разработки месторождений занимались

многие исследователи, особенно острым он был и остается в отрасли по добыче торфа.

С точки зрения экономической науки «рациональный» – означает разумный, обоснованный, целесообразный. Рациональная технология – технология, направленная на создание общественно значимого продукта с комплексом оптимизированных параметров (ресурсных, экономических, экологических и др.) при заданных ограничениях (например, требований защиты окружающей среды при минимуме затрат). Таким образом, согласно выше приведенному определению рациональная технология должна отвечать трем принципам:

1. Производство необходимой обществу продукции;
2. Оптимальное сочетание производственных ресурсов;
3. Учет ограничений при производстве продукции.

Ввиду существования различных оптимальных комбинаций используемых при производстве продукции ресурсов и ограничений возможно наличие множества рациональных технологий производства.

Так, например, в отрасли по добыче торфа до 1950-х гг. под принципами рациональной технологии разработки торфяного месторождения понималось:

1. Производство торфа для топливных целей;
2. Увеличение масштабов и объемов добычи торфа;

Соблюдение этих двух принципов привело к масштабной разработке крупных месторождений (свыше 1000 га), что вызывало трудности с дальнейшей рекультивацией выработанного пространства. В это время понятие о рациональной технологии использования торфяного месторождения заключалось в разработке технологий крупномасштабной добычи торфа с максимальной энергетической и экономической эффективностью и минимальными затратами.

С 1950-1960 гг. возникли предпосылки к ускорению изучения и практического применения новых направлений использования торфа, обусловленные прогрессивными сдвигами в экономике страны которые были связаны с совершенствованием структуры топливно-энергетического баланса, развитием химической отрасли. Использование газа, нефти и углей привело к снижению доли топливного торфа в топливно-энергетическом балансе. По этой причине важным для рациональных технологий добычи торфа становятся принципы:

1. Повышение экономической эффективности производства и использования топливного торфа;
2. Комплексного использования полученного торфяного сырья для нетопливных нужд (в основном для сельского хозяйства);

3. Комплексное использование выработанных площадей торфяных месторождений.

С 1970-х гг. кардинально меняется подход к понятию рационального использования торфяных месторождений. Появляется дополнительный принцип учета экологических функций торфяника, именно с этого времени учет экологического фактора становится ограничением при разработке и выборе рациональной технологии освоения торфяного месторождения. Поэтому понятие о рациональном использовании торфа и торфяных месторождений в торфяной отрасли с 1970 г. звучит как «экономически эффективное комбинирование производств различной продукции из торфа и получаемой на заторфованных землях, основанное на полном и разумном использовании их площадей, запасов торфа и его свойств на месторождениях, осушение и эксплуатация которых не влекут необратимых опасных нарушений природных условий» [4]. Таким образом с 1970 г. по 2000 г. Понятие о рациональной технологии в торфяной отрасли включало три элемента:

1. Торф используется для производства экономической целесообразной продукции;

2. Торфяное выработанное месторождение – это потенциально плодородные земельные угодия;

3. Торфяное месторождение – это природный объект сохранение которого в определенных условиях необходимо для поддержания сбалансированного состояния окружающей среды.

С 2000-х гг. в научной среде часто встречается трансформация понятия о комплексном использовании ресурсов торфяных месторождений. И само понятие о ресурсах торфяного месторождения расширяется. Теперь это не только торф в чистом виде как было раньше, а древесные ресурсы на месторождении и внутри него, торфяная вода сбрасываемая через отстойник в водоприемник, то есть то что раньше считалось отходами торфодобычи теперь рассматривается как дополнительное ценное сырье. Поэтому в понятии «рациональной технологии» появляется идея о технологиях «замкнутого цикла», технологиях безотходных [5-7].

С 2019 г. Россия ратифицировала Парижское соглашение по климату в результате чего был разработан Национальный проект «Экология» в котором предполагается сократить выбросы парниковых газов по всем отраслям промышленности. Ввиду этого в понятие о рациональной технологии разработки торфяного месторождения вводится ограничение по выбросам CO<sub>2</sub> в результате чего термин «рациональная технология» трансформируется в категорию «зеленые технологии» [8].

Следует констатировать, что эволюция понятия о рациональных технологиях освоения торфяного месторождения движется в направлении экологичности и экономичности производственных процессов, а принцип крупномасштабности торфопроизводства становится устаревшим и неактуальным.

Рост числа экологических, экономических и социальных ограничений в вопросах использования торфяных месторождений и их ресурсов требует внедрения информационных и цифровых технологий в процесс принятия решений о рациональности освоения месторождения.

#### **Библиографический список**

1. Яконовская Т.Б. Проблемы информатизации технологических процессов предприятий по добыче торфа / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская // *Актуальные направления научных исследований: технологии, качество и безопасность: сборник материалов Национальной (Всероссийской) конференции, Кемерово, 25–27 мая 2020 года / под общ. ред. А.Ю. Просекова. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. – С. 112–113.*

2. Яконовская Т.Б. Цифровая трансформация торфодобывающего производства / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская // *Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование: тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 26–28 октября 2021 года / Санкт-Петербургский горный университет; отв. ред. профессор О.И. Казанин. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. – С. 171–172.*

3. Яконовская Т.Б. Вопросы инвестиционной привлекательности торфяной отрасли / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская, Б.Ф. Зюзин // *Современное состояние экономических систем: экономика и управление: Сборник научных трудов Международной научной конференции, Тверь, 04–05 декабря 2018 года / под общ. ред. Д.В. Розова, Г.Г. Скворцовой. – Тверь: СКФ-офис, 2018. – С. 139–142.*

4. Ямпольский А.Л. Экономика комплексного использования торфяных ресурсов СССР / А.Л. Ямпольский. – М.: «Недра», 1979. – 319 с.

5. Яконовская Т.Б. Совершенствование технологии разработки торфяного месторождения / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская // *Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: Уральская горнопромышленная декада: сборник докладов X Международной научно-технической конференции, Екатеринбург, 20–21 мая 2021 года. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2021. – С. 80–88.*

6. Яконовская Т.Б. Комплексное и рациональное использование ресурсов торфяных месторождений / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская // *Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: Уральская горнопромышленная декада: сборник докладов X Международной научно-технической конференции, Екатеринбург, 20–21 мая 2021 года. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2021. – С. 95–100.*

7. Яконовская Т.Б. Безотходные технологии получения продукции на основе торфа / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская // *Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды: Сборник материалов VIII Всероссийской конференции, посвященной 60-летию ПАО "Химпром", Чебоксары, 16–17 апреля 2020 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2020. – С. 28–29.*

8. Яконовская Т.Б. Обоснование рационального способа разработки торфяного месторождения в условиях ограниченной геологической информации / Т.Б. Яконовская,

*А.И. Жигульская, А.С. Оганесян // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: Материалы 16-ой Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики, Тула, Минск, Донецк, 19–20 ноября 2020 года / под общ. ред. Р.А. Ковалева. – Тула, 2020. – С. 60-66.*



УДК 621.313

## **НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА**

**Бельская Г.В., Кляусова Ю.В., Малькевич Н.Г.**

*Белорусский национальный технический университет, г.Минск,  
Республика Беларусь*

*В работе определены основные технологические особенности получения биогаза, с учетом химического состава органических субстратов, режимов микробиологического сбраживания и доработки получаемого продукта.*

Неиспользованная биомасса, производимая сельским хозяйством и лесопромышленным комплексом, а также потоки органических отходов от промышленного и коммунального секторов в настоящее время находятся в центре внимания многих научных исследований. Перечисленные органические материалы могут быть высоковостребованными в области производства возобновляемых видов энергии, что особенно повышает их ценность в условиях истощительного использования ископаемого топлива и значительными выбросами парниковых газов. Кроме того, одной из основных экологических проблем является постоянное увеличение объемов образующихся органических отходов, в связи с экспоненциальным ростом населения.

В странах с большим количеством образования органических отходов, одним из приоритетных направлений по снижению загрязнения окружающей среды и объемов образования парниковых газов, стало применение биогазовых технологий. Эти технологии предполагают устойчивое управление органическими отходами, включая минимизацию и предотвращение их образования. Недавние оценки показали, что анаэробное сбраживание органических материалов является наиболее эффективной альтернативной технологией, сочетающей производство возобновляемой энергии (биогаза) с устойчивым управлением



отходами, является одним из наиболее перспективных и эффективных направлений для решения экологических и энергетических задач. Биогаз используют для выработки тепловой энергии, пара, электричества, водорода и автомобильного топлива (1).

Биогаз является возобновляемым источником энергии, который может быть получен из различных дешевых потоков утилизируемых органических отходов. При соблюдении основных логистических и технологических требований для производства биогаза, эти подходы могут приносить и приносят достаточно высокий экономический эффект, с учетом производства еще одного важного продукта – органического удобрения (осадка от сбраживания), который после доработки можно превратить в биогумус, с минимальным содержанием микроорганизмов-патогенов и другими преимуществами (1).

Технологии производства и использования биогаза в мире изучены достаточно успешно. Помимо традиционных систем производства возобновляемого продукта, идет постоянная разработка новых систем, для повышения эффективности стадий микробиологического процесса и увеличению выхода биогаза. Биогаз может быть получен из различных видов широкодоступного органического сырья: навоза с.-х. животных, сточных вод и осадков сточных вод, твердых коммунальных отходов, органических отходов пищевой и перерабатывающей промышленности, с.-х. биомассы, лигноцеллюлозных остатков (стеблей, листьев, корней, семян и их оболочек), органических отходов домашних хозяйств, а также энергетических культур. Промышленные и коммунальные отходы, а также остатки с.-х. биомассы являются наиболее перспективным сырьем, поскольку они не конкурируют с производством продуктов питания за потребление природных ресурсов и энергии.

Для успешного использования биогазовых технологий, необходимым условием является правильный выбор исходного сырья (Таблица 1). Анализ данных таблицы показывает, что разные субстраты, в зависимости от их химического состава, в первую очередь, содержания сухого органического вещества, имеют разный потенциал выхода биогаза. Наибольшим потенциалом обладают отходы от производства, содержащие липиды (масла), в частности отходы от производства рапсового масла - 660 м<sup>3</sup> на тонну отходов рапсового жмыха, а также углеводы (целлюлозу) – это силос кукурузы и солома зерновых культур – соответственно 200 м<sup>3</sup> и 190 м<sup>3</sup> выхода биогаза на сухого вещества. Однако, содержание метана в биогазе, полученном из этих субстратов невелико – около 60%-70%. Варьирование содержания разных компонентов и оптимизация рецептуры сбраживаемой массы могут

значительно увеличить выход биогаза при соблюдении прочих равных условий (2). Можно отметить, что дешевое и широко распространенное органическое сырье повышает потенциал производства биогаза и снижает себестоимость его производства.

Вышеуказанные виды органического сырья обладают разным биохимическим составом, их условно можно разделить на две принципиально разные группы – лигноцеллюлозный и не лигноцеллюлозный материал. Лигноцеллюлозный материал сложен для переработки консорциумом микроорганизмов, поэтому для применения в биогазовых технологиях его необходимо преобразовывать, это требует дополнительных материальных и энергетических затрат. Не лигноцеллюлозный материал разлагается микроорганизмами быстрее, эффективнее, с высоким выходом биогаза. Себестоимость такого биогаза значительно ниже, чем с предварительной предобработкой сырья.

**Таблица 1**

**Выход биогаза в зависимости от используемого субстрата**

Субстрат	Сухое вещество (СВ), %	Органическое сухое вещество, %	Выход биогаза, м <sup>3</sup> /т	Объем CH <sub>4</sub> , м <sup>3</sup> /т СВ
Навозная жижа КРС	10	80	25	210
Навоз КРС	25	80	80	250
Свиная навозная жижа	6	80	28	250
Птичий помет	40	75	140	280
Кукурузный силос	33	95	200	340
Солома зерновых	33	95	190	329
Рапсовый жмых	92	87	660	396
Картофельная мезга	13	90	80	336
Жом сахарной свеклы	24	95	68	218
Фруктовые выжимки	35	88	148	453

Наиболее широко используемое лигноцеллюлозное сырье для производства биогаза можно разделить на четыре основные группы: 1) остатки растениеводческой продукции; 2) плодовоовощные отходы; 3) отходы лесной промышленности; 4) отдельные виды твердых коммунальных отходов, включая макулатуру. Основные источники биогазового не лигноцеллюлозного сырья включают: 1) навоз и шламы с.-х. животных; 2) отходы фармацевтической и перерабатывающей промышленности; 3) остатки пищевых продуктов от пунктов общественного питания; 4) некоторые виды твердых коммунальных отходов. Из

не лигноцеллюлозного сырья наиболее перспективным является навоз и шламы от с.-х. животных, особенно для тех стран, где высоко развито животноводство, организованное на крупных фермах.

Поскольку расходы на преобразование лигноцеллюлозного сырья в биоэнергетике превышают цены на ископаемое топливо, а также сопровождается поступлением в окружающую среду агрессивных химических реагентов (щелочь, кислоты), разработка экономически оправданных систем производства требует использования низко-ценной биомассы и отходов. В настоящее время они используются недостаточно. Этот подход полностью согласуется с современной концепцией зеленой (циркулярной) экономики и энергетики.

В ходе анаэробного сбраживания (разложения) в условиях отсутствия кислорода сложные органические материалы разлагаются на более простые соединения. Для этого должны пройти следующие четыре стадии: гидролиз, ацидогенез, ацетогенез, метаногенез (1,2). Переработка органической биомассы высокой сложности в источник чистой и возобновляемой энергии приводит к производству двух основных продуктов: биогаза и биогумуса. Биогаз состоит из метана  $\text{CH}_4$ , углекислого газа  $\text{CO}_2$ , сероводорода  $\text{H}_2\text{S}$ , аммиака  $\text{NH}_3$ , газообразного азота  $\text{N}_2$ , следов спирта и водяного пара. Органический осадок представляет собой остаток (разложившееся органическое сырье) биогазового производства, который содержит различные макроэлементы и микроэлементы. Его используют в качестве ценного органического удобрения благодаря оптимальному соотношению содержания углерода и азота (C: N), что делает этот субстрат высоко доступным для питания растений при внесении его в почву. Кроме того, разложившийся осадок однороден по своему механическому и химическому составу, содержит оптимальное количество влаги, что делает его пригодным для транспортировки и дальнейшего использования. Преимуществом биогумуса является отсутствие в нем болезнетворных микроорганизмов и семян сорной растительности, поскольку процесс брожения в биореакторах происходит при температуре 60-70о С. Биогумус не имеет запаха.

Отдельные стадии разложения биомассы проводятся различными консорциумами микроорганизмов. На первой стадии разложения сложный органический материал, богатый углеводами, белками и жирами, гидролизуется внеклеточными ферментами гидролитических бактерий до более простых соединений: моно- и олигомеров, аминокислот и жирных кислот. Эти соединения превращаются в короткоцепочечные жирные кислоты (ЖК), спирты,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$ , на стадии ацидогенеза (ферментации). На следующей стадии ацетогенеза, ЖК и

спирты окисляют до метаногенных субстратов, таких как уксусная кислота,  $H_2$ ,  $CO_2$  и вода. Последней стадией является метаногенез, в котором продукты ацетогенеза превращаются в метан  $CH_4$  и углекислый газ  $CO_2$ .

Процесс метаногенеза может происходить по гидрогенотрофному, ацетокластическому или метилотрофному путям (1,2). Стадия метаногенеза наиболее уязвима и требовательна к условиям протекания, поскольку консорциумы микроорганизмов чрезвычайно чувствительны к любым изменениям в среде функционирования. На них значительно влияют разные факторы, включая состав исходного сырья, скорость подачи органического материала в биореактор, концентрация летучих жирных кислот (ЛЖК) в субстрате, колебания температур и значений pH, приводящие к ингибированию процесса и прекращению производства метана. Замедление процесса метаногенеза и тем более его прекращение являются недопустимыми, т.е. это главные лимитирующие факторы биогазовых технологий (3).

Условия процесса, необходимые для стабильной системы сбраживания, должны быть следующими: pH (6,50-7,50), щелочность (1500-4000 мг Ca  $CO_3$ /л), соотношение летучих твердых вещества к общему твердому веществу (> 45%), содержание общего аммиачного азота (1500 мг/л), соотношение углерода и азота C:N (20-30), соотношение углерода, азота и фосфора C:N:P (100-120:5) (2). Таким образом, соблюдение ключевых условий протекания анаэробного процесса в биореакторах является необходимым условием эффективного выхода биогаза.

Из вышеизложенного следует, что технологический процесс производства биогаза должен быть оптимизирован по следующим параметрам:

1) составу используемого сырья, в первую очередь, общему количеству твердых веществ, содержанию твердых частиц, отношению C : N, что определяет доступность субстрата к биологическому разложению;

2) скорости загрузки органического субстрата и степени его механической предобработки;

3) загрузочному уровню сустрата;

4) интенсивности перемешивания (мешалками) и времени сбраживания;

5) параметрам биопроцесса (температуре, pH, щелочности, влажности);

6) нейтрализации ингибиторов ( $NH_3$ , тяжелых металлов, нефти, жиров, фенолов, антибиотиков), которые могут образовываться в

процессе метаногенеза, а также поступать с исходными материалами. Ингибиторы понижают способность субстратов к биологическому разложению, замедляют процесс брожения (4).

Кроме того, в настоящее время, достаточно в больших масштабах используют приемы доработки и улучшения качества получаемого продукта, в частности, с помощью технологий его очистки и модификации. Очистка включает, в первую очередь, удаление из биогаза углекислого газа  $\text{CO}_2$  и сероводорода  $\text{H}_2\text{S}$ , которые являются агентами коррозии биогазового оборудования, в первую очередь, биореактора. Модификации предполагают направленное регулирование состава биогаза, в зависимости от целей его дальнейшего использования. Современные биогазовые технологии по доработке конечного продукта включают применение наукоемких методов молекулярной биологии и генной инженерии, в целях постоянного улучшения эффективности микробиологического процесса и снижения содержания агрессивных компонентов (4).

Таким образом, для повышения эффективности производства биогаза, а также получения энергетических и экологических преимуществ, необходим анализ всей системы технологического процесса. Это соблюдение особенностей применяемых субстратов и рецептуры сбраживаемого сырья, режимов микробиологического процесса, доработки и повышения качества получаемого биогаза, создание логистических систем для функционирования биогазовых комплексов.

#### **Библиографический список**

1. Bacenetti J, Negri M, Fiala M, González-Garcí S. Anaerobic digestion of different feedstocks: impact on energetic and environmental balances of biogas process // *Sci Tot Environ* 2013, v.463, p. 541-551.
2. Mao C, Feng Y, Wang X, Ren G. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion // *Renew Sustain Energy Rev.* - 2015. - v. 45, p. 540-555.
3. Величко В.В., Кундас С.П., Капустин Н.Ф. Повышение эффективности биогазовых технологий // *Энергоэффективность.* - №7, 2017. – с. 10-16.
4. Зеленухо Е.В., Бельская Г.В., Ролевич И.В. Основные направления повышения эффективности производства биогаза // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» - 15-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Сборник научных трудов: БНТУ, Минск, 2019, т. 2., с.104-110



УДК 622.283.74:624438.44

## **КОНЦЕПЦИЯ БЕЗЛЮДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК СПОСОБОМ БУРЕНИЯ**

**Голембо О.Д.**

*НИТУ «МИСиС», г.Москва, Россия*

*В статье описаны три основных концептуальных блока безлюдной технологии строительства вертикальных выработок, предусматривающие применение робо-тизированных и автоматизированных безлюдных комплексов для проходки и крепления выработок, использование информационного моделирования и современных программных комплексов для разработки проектных решений, а также внедрение при строительстве и последующей эксплуатации объектов многофункциональной системы мониторинга.*

*Ключевые слова: выработка, бурение, крепь, моделирование, мониторинг, напряжения, безопасность*

Задача повышения экономической эффективности и обеспечения комплексной безопасности при строительстве технически сложных подземных комплексов, таких как шахтные стволы, восстающие, сбойки между горизонтами и др., является жизненно важной для компаний и корпораций, осуществляющих разработку твердых полезных ископаемых подземным способом.

На основе анализа современных исследований по проблеме [1-3] можно определить комплекс систем и средств, обеспечивающих решение задач по организации и осуществлению безопасного строительства и эксплуатации вертикальных и наклонных выработок в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях, а также при наличии специальных требований к объекту капитального строительства.

Предлагаемые решения включают в себя три основных концептуальных блока:

1. Применение роботизированных и автоматизированных безлюдных комплексов для проходки и крепления вертикальных выработок способом бурения, обеспечивающие сохранность околоствольного массива и удаление человека из техногенно опасной среды.

2. Использование информационного моделирования и современных программных комплексов для разработки проектных решений выработок.

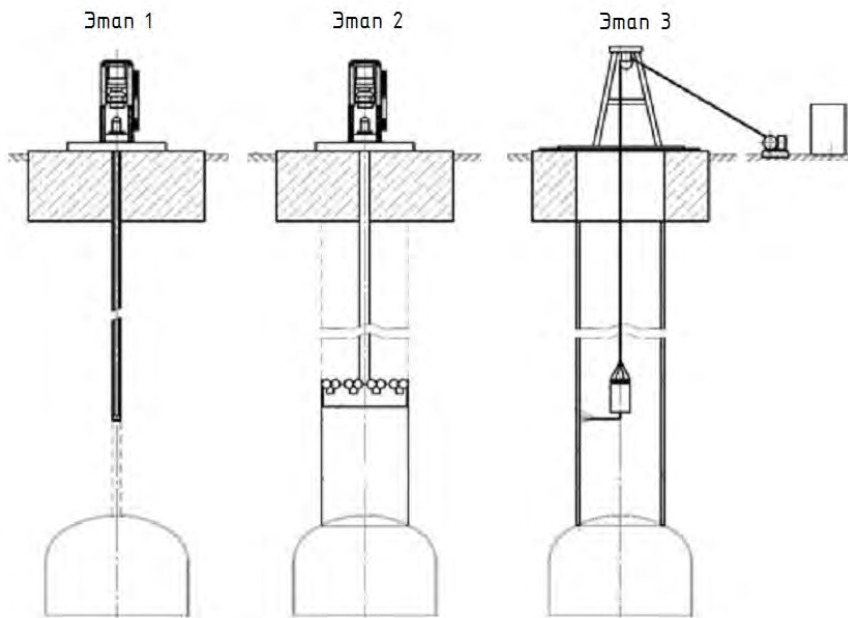
3. Внедрение при строительстве и последующей эксплуатации объектов многофункциональной системы мониторинга.

Безлюдная технология строительства выработок предусматривает проходку ствола способом бурения в следующей последовательности (рис. 1):

Этап 1. После подготовительных работ производится бурение передовой скважины диаметром с поверхности до вскрываемого горизонта

Этап 2. Осуществляется расширение пилот-скважины до проектного диаметра вертикальной выработки в направлении снизу вверх.

Этап 3. Производится крепление выработки в направлении сверху вниз с помощью механизированной торкрет-установки с дистанционным управлением.



**Рис. 1. Схема безлюдной проходки вертикальной выработки**

Информационное моделирование выработки основано на применении технологии 5D BIM, когда к пространственной геометрической модели выработки добавляются атрибуты времени и стоимости. Учет временного фактора осуществляется и при расчете модели методом конечных элементов с применением шагово-итерационных процедур [4-5]. Первоначально выделяется начальная стадия расчета, представляющая собой модель участка массива до бурения опережающей

скважины. Включаются все элементы разрабатываемого массива и отключаются элементы крепи. Задается режим обнуления вертикальных деформаций модели после расчета. начальной стадии, так как они реализованы задолго до этапа строительства выработки. Включаются заделки граней, нагрузка от собственного веса и компоненты гравитационного и тектонического полей напряжений.

После формирования начального напряженного состояния массива моделируется проходка горизонтальных выработок и камер на верхнем и нижнем горизонте путем выключения соответствующего объема массива в модели. На следующих стадиях моделируется поэтапный процесс проходки выработки. Первоначально моделируется бурение передовой скважины с верхнего до нижнего горизонта. Следующим этапом моделируется расширение скважины до проектного диаметра. На третьем этапе моделируется процесс крепления.

Стадийный расчет позволяет поэтапно рассмотреть историю строительства объекта. Полученные на начальной стадии напряжения на следующих этапах прикладываются к вступающим в работу элементам крепи в форме контактных напряжений. Вертикальные деформации после расчета начальной стадии обнуляются, так как они реализовались задолго до начала строительства под действием гравитационных сил. В результате расчета на каждой стадии определяются перемещения узлов модели, усилия и напряжения в стержневых, плоских и объемных конечных элементах. Рассчитываются главные и эквивалентные напряжения, определяются размеры зон запределного деформирования пород.

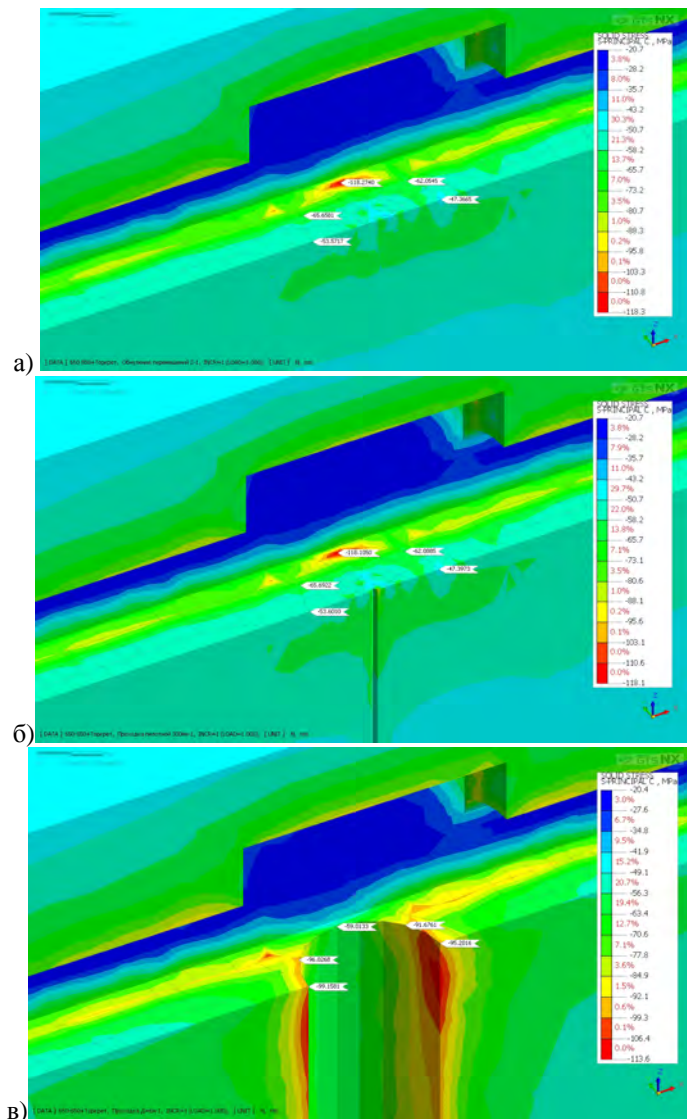
Пример фрагмента математической модели вертикальной выработки с изоплями главных напряжений на различных стадиях строительства приведен на рис. 2.

Предлагаемая система комплексного мониторинга представляет автоматизированную иерархически сложную структуру, назначением которой в общем случае является снижение уровня риска до допустимого или принятия экстренных мер по защите жизни и здоровья персонала и населения.

Для обеспечения комплексной безопасности система будет осуществлять мониторинг в режиме реального времени:

- параметров атмосферы выработок;
- геомеханического состояния пород массива;
- состояния сопутствующих сред, конструкций крепи и коммуникаций;
- состояние технологического оборудования, его рабочие параметры и режимы;





**Рис. 2. Изополя главных напряжений в породах околоствольного массива на различных стадиях строительства вертикальной выработки:**  
 а) после устройства камеры на верхнем горизонте; б) после бурения опережающей скважины; в) после расширения выработки до проектного диаметра

- персонала в подземных сооружениях;
- состояния систем и средств обеспечения промышленной безопасности и коллективной защиты;
- негативных воздействий на окружающую среду.

В общем случае система представляет собой совокупность электрических, электронных и программируемых технических средств, объединенных в подсистемы определенного функционального назначения, обеспечивающих предотвращение условий возникновения различных видов опасности геотехнического, аэрологического, радиационного и техногенного характера на всех этапах жизненного цикла объекта.

**Библиографический список:**

1. Пleshko М.С., Пleshko М.В. Инновационные подходы к проектированию конструкций крепи глубоких вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 7. С. 223-227.
2. Масленников С.А. К вопросу о проектировании крепи вертикальных стволов в сложных горно-геологических условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № 6. С. 50-55.
3. Пleshko М.С., Курнаков В.А. Анализ нормативной базы и научных исследований в области крепления вертикальных стволов. направления их дальнейшего развития // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 4. С. 49-53.
4. Qiu, J., Luo, L., Li, X., Li, D., Chen, Y., Luo, Y. Numerical investigation on the ten-sile fracturing behavior of rock-shotcrete interface based on discrete element method. *International Journal of Mining Science and Technology*. 30 (2020). Pp. 293 - 301.
5. Иголка Д.А. Возможности использования трехмерного моделирования методом конечных элементов при проектировании вертикальных шахтных стволов // Горная механика и машиностроение. 2012. № 1. С. 40-46.



УДК 622.283.74:624438.44

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЕТОННОЙ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

**Паринов Д.С., Давыденко А.П.**  
НИТУ «МИСиС», г.Москва, Россия

*В статье освещены методы экспериментальной оценки напряженно-деформированного состояния бетонной крепи горных выработок: частичной разгрузки с применением датчиков деформаций различного принципа действия, щелевой разгрузки,*

*а также скважинный метод с применением стрессометров. Отмечено, что перспективным направлением совершенствования оценки геотехнического состояния напряженно-деформированного состояния крепи выработок является комбинация первого и третьего способов, позволяющая на первой стадии оценить интенсивность процесса упругой разгрузки крепи и определить направления действия главных напряжений, а на следующем этапе исследовать процесс упруго-пластического деформирования крепи в условиях роста нагрузок на крепь. Такой контроль особенно важен для крепи подземных сооружений в соляных породах, в тектонически напряженных горных массивах, а также в условиях негативного влияния на ствол горных работ*

*Ключевые слова: выработка, мониторинг, напряженно-деформированное состояние, датчик, деформация.*

Геомеханический мониторинг и оценка напряженно-деформированного состояния крепи эксплуатационных стволов является важнейшей задачей геомеханики и может осуществляться следующими методами [1-3]:

- 1) Методом частичной разгрузки с применением датчиков деформаций различного принципа действия.
- 2) Методом щелевой разгрузки.
- 3) Скважинным методом с применением стрессометров (длительный мониторинг).

По методу **частичной разгрузки** на исследуемом участке по шаблону устанавливаются три датчика деформаций в соответствии со схемой, показанной на рис. 1. С датчиков снимаются начальные показания блоком считывания данных.

Далее бурится скважина диаметром 40 - 45 мм на глубину  $h = b + h_1$ , где,  $b$  – расстояние от центра скважины до дочки крепления датчика, мм;  $h_1$  – глубина заложения крепежного анкера датчика,  $h_1 = 100$  мм.

Повторные снятия показаний производятся после разгрузки массива (крепя) вокруг скважины, а разница между повторными и начальными показаниями характеризует величину относительных деформаций разгрузки.

Величина напряжений и их направление определяются по известным формулам геомеханики, приведённым в монографии [1].

По методу щелевой разгрузки на исследуемом участке бетонной крепи устанавливаются два основных и два вспомогательных репера, на которых закрепляются два индикатора часового типа, или датчика деформаций (рис. 2). Для обеспечения большей точности замера ре-

перные точки по обеим сторонам плоскости щели разгрузки расположены на расстоянии 20 - 30 мм [2-3].

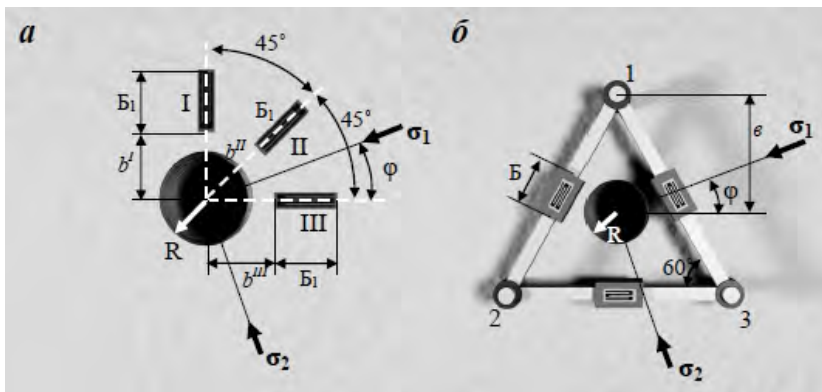


Рис. 1. Схема определения напряжений методом частичной разгрузки

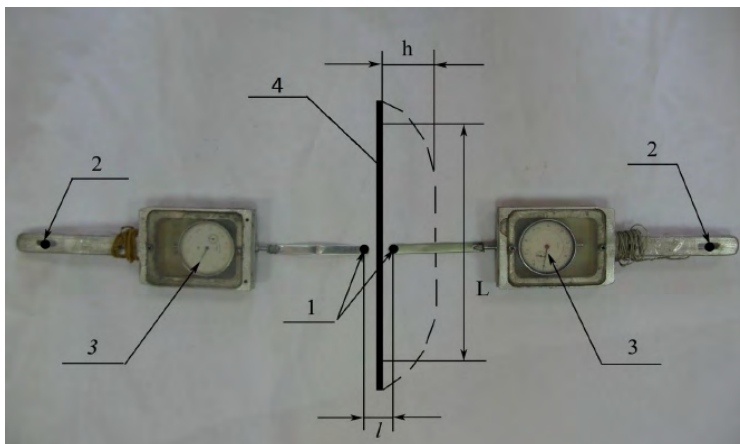


Рис. 2. Схема определения напряжений на контуре бетонной крепи методом щелевой разгрузки:

1 – основные (замерные) реперы; 2 – вспомогательные (опорные) реперы; 3 – индикаторы часового типа; 4 – разгрузочная щель в крепи

После установки реперов с помощью серийного индикатора ИЧ-10Р производится первоначальный замер расстояний между реперами, а затем формируется разгрузочная щель. Плоскость щели ориентируют перпендикулярно направлению измеряемых напряжений (главной оси

тензора напряжений). Таким образом, для контроля максимальных напряжений в крепи вертикальных стволов замеры выполняют по вертикальным щелям, плоскость которых перпендикулярна плоскости поверхности бетона.

После образования разгрузочной щели выполняется повторное измерение расстояний между основными и вспомогательными реперами. Разница между результатами первого и второго измерений характеризует величину смещения реперов, вызванного действующими в бетоне напряжениями.

С использованием результатов измерений производится расчет действующих напряжений в бетонной крепи по известным формулам [3].

При **скважинном методе с применением стрессометров** обеспечивается длительный мониторинг изменения напряжённо-деформированного состояния крепи, что особенно актуально для участков стволов в породах с ярко выраженными реологическими свойствами.

Для определения напряжений в породах массива могут использоваться датчики типа 4300EX-H/S Geokon. Конструкция датчика показана на рис. 3, техническая характеристика приведена в таблице 1.

**Таблица 1**

Техническая характеристика датчика 4300EX-H/S Geokon

Наименование параметра	Значение
Номинальный диапазон, МПа	35 - 100
Разрешающая способность, кПа	2 - 15
Точность	±20 %
Рабочая температура	от -30 до +90
Температурное смещение нуля %	0,02
Резонансная частота	3000 - 5000
Длина, мм	44
Внешний диаметр, мм	29
Внутренний диаметр, мм	13
Масса, кг	0,45
Диаметр скважины, мм	38

Следует отметить, что точность измерений существенно зависит от степени шероховатости и неровности стен скважины. Степень при-

легания пластины к окружающему материалу обеспечивает площадь контакта, увеличение этой площади положительно влияет на повышение точности измерений. Количественные параметры замера также существенно зависят от степени точности, с которой определен модуль деформации вмещающих пород.

В стрессометре используется струнный датчик, регистрирующий деформации толстостенного стального кольца, предварительно помещенного в скважину с помощью узла клин-пластина (см. рис. 3).

Краткий анализ описанных методов позволяет утверждать, что перспективным направлением совершенствования оценки геотехнического состояния напряженно-деформированного состояния крепи выработок является комбинация первого и третьего способов, позволяющая на первой стадии оценить интенсивность процесса упругой разгрузки крепи и определить направления действия главных напряжений, а на следующем этапе исследовать процесс упруго-пластического деформирования крепи в условиях роста нагрузок на крепь. Такой контроль особенно важен для крепи подземных сооружений в соляных породах, в тектонически напряженных горных массивах, а также в условиях негативного влияния на ствол горных работ [4-5].

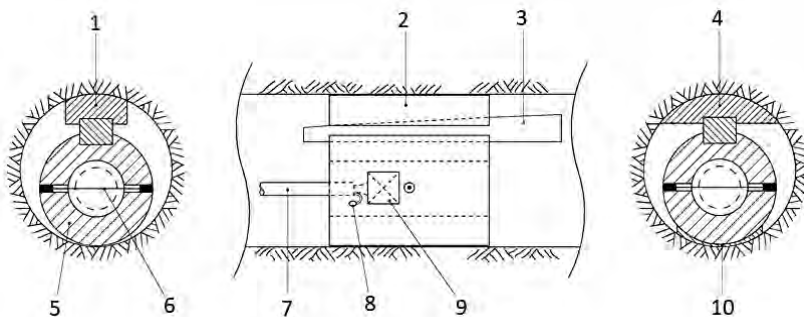


Рис. 3. Схема установки датчика 4300EX-H/S Geokon:

1 – пластина для твердой породы; 2 – пластина; 3 – фиксирующий клин; 4 – опорная пластина; 5 – корпус измерительного прибора; 6 – колеблющаяся струна; 7 – сигнальный кабель; 8 – термистор; 9 – катушка; 10 – нижний опорный башмак

**Библиографический список:**

1. Влох Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках // Управление горным давлением на подземных рудниках - М.: Недра, 1994. - 206 с.
2. Казикаев Д.М., Сергеев С.В. Диагностика и мониторинг напряженного состояния крепи вертикальных стволов. – М.: «Горная книга», 2011. – 244 с.

3. Харисов Т.Ф. Обоснование несущей способности крепи вертикальных стволов при совмещенной схеме проходки / Дисс. уч. ст. канд. техн. наук., 25.00.20 – Екатеринбург, 2017.

4. Pleshko M., Pankratenko A., Revyakin A., Shchekina E., Kholodova S. New technology of underground structures the framework of restrained urban conditions. В сборнике: E3S Web of Conferences. 2018. С. 02036.

5. Пleshko М.С., Насонов А.А., Гармонин Р.Э., Сироткин А.Ю. Элементы геотехнического мониторинга подземных сооружений, закрепленных железобетонными анкерами // Инженерный вестник Дона. 2015. № 3 (37). С. 192.



**УДК 622.83**

## **АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ КАРЬЕРОВ**

**Горбатова Е.А., Колесатова О.С.**

*Магнитогорский государственный технический университет им.  
Г.И.Носова, Россия*

*Обеспечение устойчивости бортов карьера при отработке массивов рыхлых вскрышных пород является важной и актуальной задачей, влияющей на технологические и экономические показатели добычи полезных ископаемых. Прогнозирование и предупреждение деформаций бортов карьера невозможно без анализа факторов, влияющих на их устойчивость. На примере месторождения «Подотвальное» определены факторы, спровоцировавшие оползневые явления.*

Развитие горнодобывающей промышленности России сопровождается ростом удельного веса открытого способа разработки полезных ископаемых. Характерной чертой современного этапа развития открытой добычи полезных ископаемых является вовлечение в эксплуатацию месторождений со сложными горно-геологическими условиями. Применение на карьерах мощной высокопроизводительной техники ведет к увеличению параметров элементов горных выработок и к максимальной концентрации работ. В этих условиях вопрос об определении оптимальных углов откосов и обеспечении их устойчивости на открытых разработках приобретает первостепенное значение [1, 2, 3].

Правильное решение вопросов обеспечения устойчивости откосов на карьерах, своевременное предупреждение возникающих деформаций откосов и корректировка углов откосов в зависимости от изме-

нящейся горно-геологической обстановки невозможны без выявления факторов, влияющих на устойчивость бортов карьера.

Особую важность проблема устойчивости бортов карьера приобретает при отработке массивов рыхлых вскрышных пород, перекрытых слабосвязанными неоднородными техногенными отложениями. Так, разработка месторождения «Подотвальное», являющегося источником важного стратегического сырья ОАО «Магнитогорского металлургического комбината», осложняется комплексом геологических и технологических факторов, влияющих на режим ведения горных работ.

Месторождение «Подотвальное» расположено в узком тектоническом блоке шириной 700 – 1000 м и протяженностью в меридиональном направлении 2000 м. На юге блок ограничен северной границей восточного карьера Магнитогорского железорудного месторождения, на севере – гранитным массивом Малого Куйбаса.

Профиль месторождения расчленен на природные и техногенные отложения. Природные образования слагают геологический разрез месторождения, техногенные - сформированы в результате складирования вскрышных пород железорудных карьеров ОАО «ММК».

Геологический разрез месторождения представлен рудовмещающими вулканогенными, осадочными и метаморфическими породами девонской и каменноугольной систем, перекрытыми рыхлыми отложениями мезозоя и кайнозоя. Рудовмещающая толща месторождения сложена метаморфизованными диабазами и диабазовыми порфиритами, нижняя часть толщи образована амфибол-полевошпатовыми метасоматитами и роговиками. Мезо-кайнозойские отложения перекрывают палеозойские образования и представлены пролювиально-делювиальными глинами мощностью до 10-25 м и отложениями глинами и щебня мощностью 30 – 60 м.

Техногенные отложения представлены вскрышными и вмещающими породами в виде неоднородной горной массы скальных и рыхлых пород средней мощностью 40 м. Отсыпка техногенных отложений – послойная, с углом падения слоев 37°. Мощность слоев составляет 0,3 – 0,4 м.

Гидрогеологические условия района месторождения характеризуется проявлением грунтовых и трещинных вод во всех комплексах природных и техногенных отложений. Трещинные воды, являющиеся наиболее распространенными, приурочены к зонам дезинтеграции и гидратации вмещающих горных пород, тектоническим разломам и литологическим контактам. Грунтовые воды распространены в делювиальных и аллювиальных рыхлых отложениях и нижних слоях техно-



генных образований. Водоносный горизонт мощностью более 60 м залегает в интервале 38 – 100 м.

Месторождение «Подотвальное» разрабатывается с марта 2000 года. Вскрытие месторождения осуществлялось системой внутренних скользящих автомобильных съездов и разрезных траншей с отметки 470 м южного борта карьера до горизонта 290 м, до отметки 200 м петлевой формой трассы с руководящим уклоном 0,08. Система разработки – транспортная с продольной однобортной выемкой. По принятому проектному решению отвалообразование – внешнее, отвалы рыхлых и скальных пород расположены на северном и южном бортах карьера.

Ведение горных работ привело к изменению природного напряженно-деформированного состояния горных пород массива, в результате чего возникли многочисленные деформационные процессы.

В марте 2003 года на южном борту карьера появились первые признаки оползневой явления. Для приостановления деформаций южный борт был разнесен пятиметровыми уступами с горизонта 460 м до горизонта 430 м.



**Рис. 1.** Схема карьера месторождения «Подотвальное» и отвала «Северный»

В феврале 2005 года на юго-западном борту карьера начался оползень с горизонта 460 м и до горизонта 420 м, движение которого было приостановлено осенью 2007 года.

В августе 2011 года на северном борту карьера появились трещины с последующим сползанием пород. Оползнем был охвачен участок по высоте около 70 м, по длине около 600 м. Результирующий угол откоса борта в районе оползня составлял 14-27°. При оползании образовался оползневой цирк, ограниченный стенкой срыва оползня (оползневым уступом), поверхность отрыва оползня имела сферическую форму [5].

Проявление деформационных процессов привело к увеличению объемов вскрыши, расходам на дополнительную переэкскавацию, нарушению режима работы на карьере, простоям горнотранспортного оборудования и материальному ущербу. Поэтому, для стабилизации работы рудника и предупреждения аварийных ситуаций на карьере необходимо выявить факторы, влияющих на устойчивость бортов карьера.

В работе Фисенко Г.Л. [7] среди факторов, влияющих на устойчивость бортов карьеров, выделяет инженерно-геологические, гидрогеологические, горнотехнические факторы и климатические условия месторождения. Автор акцентирует внимание на прочности пород в образце как основного показателя определяющего величину допустимых углов и высоты откосов. Учеными научно-исследовательского института горной геомеханики и маркшейдерского дела расширена группа географических факторов, влияющих на устойчивость бортов карьеров, с учетом не только климатических особенностей района месторождения, но и его физико-географического положения и геоморфологии района.

В классификации Певзнера М.Е. [4] все факторы разделены на две группы: природные и горнотехнические. Первая группа является неуправляемой, отражающей природу горного массива месторождения. Вторая – управляемая, характеризующая производственный процесс. Попов В.Н. и Букринский В. А. [6] усовершенствовали предложенную М.Е. Певзнером классификацию и выделили в каждой группе по виду воздействия статические и динамические факторы.

Анализ горно-геологических характеристик месторождения и технологических процессов позволил выявить наиболее важные факторы (рис. 3), повлиявшие на проявление деформационных процессов.

Месторождение «Подотвальное» имеет трехслойное строение: нижний слой выполнен скальными горными породами; выше по разрезу несогласно залегает средний слой сложенный рыхлыми отложениями; верхний слой представлен неоднородной отвальной горной мас-

сой. Неоднородность техногенных отложений заключается в распределении горной массы разного литологического и гранулометрического составов. Литологический состав техногенных отложений определяется соотношением векторов промышленной разработки и геологической зональности, гранулометрический состав - естественными процессами дезинтеграции исходной массы отсыпаемых вскрышных пород.



Рис. 2. Факторы, оказавшие влияние на устойчивость бортов карьера месторождения «Подотвальное»

Горные породы, слагающие профиль месторождения, характеризуются разными физико-механическими и гидрогеологическими свойствами. Физико-механические свойства определяют устойчивость горных пород к разрушению. Поэтому интенсивность гипергенных процессов, протекающих в слоях месторождения, проявляется неодинаково. Наиболее активными являются техногенные отложения, в теле отвальной горной массы протекают процессы физического и химиче-

ского выветривания, что привело к набуханию и разуплотнению массива.

Горные породы месторождения характеризуются разной водопроницаемостью. Рыхлые отложения представлены водоупорными глинами. Атмосферные осадки, грунтовые и талые воды не просачиваются через глинистый горизонт, а накапливаются под техногенными образованиями. По мере подпитки его водой, теряется устойчивость, и значительные горные массы крупными блоками смещаются вниз. Водоупорный глинистый горизонт при этом служит поверхностью скольжения, по которой вниз перемещается горная масса. Неустойчивости борта способствуют техногенные отложения повышенной обводнённости. Грунтовые воды действуют подобно смазке и облегчили скольжение.

Отвалы «Северный» и «Скальный» расположены на северном борту карьера на расстоянии 30 – 130 м от линии электропередач, построенной по периметру карьера на расстоянии 50 м от границы верхнего горизонта. Общий объем пустых пород отвалов составляет около 1,5 млн. м<sup>3</sup>. Однако при расчете устойчивости негативное влияние весовой нагрузки отвалов на борт и прибортовую территорию не было учтено.

Высота уступа горизонта 460 м по северному борту неравномерна и достигает 10÷13 м в силу рельефа созданного отвалообразованием. Поскольку при существующих условиях, технологии горных работ и высоте уступа экскаваторами ЭКГ-5 невозможно формировать борт с углом откоса соответствующему проекту - 360, то в настоящее время угол откоса северного борта карьера составляет 600. Завышение угла откоса борта является одной из причин возникновения деформационных процессов северо-восточного борта карьера.

Таким образом, деформационные процессы, проявившиеся на бортах карьера месторождения «Подотвальное», являются результатом действия как природных, так и технологических факторов. Решающую роль в оползневом процессе сыграли слоистое строение месторождения с рыхлыми вскрывающими породами, перекрытыми техногенными образованиями; наличие водоупорного глинистого слоя и вышелегающих обводненных техногенных отложений; дополнительная нагрузка отвалов вскрывных пород, расположенных вблизи бортов карьера.

*Библиографический список*

1. Астафьев Ю.П. Управление состоянием массива горных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых / Астафьев Ю.П., Попов Р.В., Николашин Ю. М. – Киев; Донецк: Высш. шк. Головное изд-во, 1986. – 272 с.

2. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. – М.: МГТУ, 2003 г.
3. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. - М.: Недра, 1972. – 308 с.
4. Певзнер М.Е. Борьба с деформациями горных пород на карьерах. - М.: Недра, 1978 г.
5. Проект ликвидации оползня. Корректировка рабочего проекта «Месторождение магнетитовых руд “Подотвальное”» институт ОАО «Магнитогорский Гипрометз». Разработка мероприятий по обеспечению устойчивых откосов бортов карьера и отвалов при ведении горных работ. Отчет по НИР., Тема 2003-10, 2003 г. Научный руководитель – д.т.н. Гавришев С.Е.
6. Синянян Р.Р. Маркшейдерское дело. – М.: Недра, 1982 г.
7. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов / Фисенко Г.Л. - М.: Недра, 1965. – 308 с.



УДК 622.281

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВОЕВРЕМЕННОЙ ПОДГОТОВКИ ВЫЕМОЧНЫХ СТОЛБОВ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧЕ**

**Апарин А.Г., Сидоренко А.А.**

*Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

*Своевременная подготовка выемочных столбов является необходимым условием обеспечения интенсивной подземной угледобычи с использованием в лавах современных очистных комплексов. В условиях широкого применения энерговооруженного высокопроизводительного очистного оборудования выбор и обоснование техники и технологий, обеспечивающих необходимые высокие темпы проходки, является актуальной задачей для всех ведущих угледобывающих стран мира.*

В современных рыночных условиях высокая производительность труда и низкая себестоимость продукции являются необходимыми условиями обеспечения конкурентоспособности угольных шахт и их продукции на внутреннем и мировом рынках. Применение надежного и энерговооруженного оборудования в очистных забоях шахт России позволило существенно повысить технико-экономические показатели работы шахт, однако привело к формированию новых проблем, одна из которых связана с подготовкой новых выемочных столбов, несвоевременная подготовка которых приводит к длительным (до

6 месяцев) простоям высокопроизводительного очистного оборудования [1].

Накопленный опыт интенсивной отработки угольных месторождений в ведущих угледобывающих странах показывает, что при работе современным высокопроизводительным оборудованием, отставание проходки от очистных работ является актуальной проблемой для многих мировых лидеров угольной отрасли (Китай, США, Австралия) [2]. Темпы продвижения очистных забоев достигли 30-40 м/сут, а работа проходческих бригад остается чрезвычайно нестабильной.

В связи с увеличением вынимаемой мощности пластов и скорости продвижения лав возникает потребность в более современном оборудовании, обладающим большим габаритами и массой, что в свою очередь, ведет к увеличению площади поперечного сечения подготовительных выработок и, следовательно, к увеличению объемов работ по их проходке, а также к изменению необходимых параметров крепления. Скорость проведения подготовительной выработки во многом зависит от уровня энерговооруженности, организации труда и технологии строительства. Анализ продолжительности основных производственных операций в течение проходческого цикла позволил выделить высокую продолжительность крепления в качестве основного технологического фактора, сдерживающего повышение скорости проходческих работ [3].

Анализ российского и зарубежного опыта и технологических разработок позволяет выделить несколько основных направлений повышения темпов проходческих работ. Одним из перспективных направлений, по нашему мнению, следует считать внедрение схем с поэтапным креплением выработок. При использовании таких схем на первом этапе устанавливается анкерная крепь первой очереди, с уменьшенным шагом, а также количеством устанавливаемых анкеров, что позволяет обеспечить устойчивость выработки вне зоны влияния очистных работ. Анкера второй очереди, в таком случае, устанавливаются с определенным отставанием от фронта проходческих работ, но до начала влияния очистных работ [4]. Разделенные во времени и пространстве технологические операции проходческого цикла позволяют проводить их максимальное совмещение, что положительно сказывается на конечной скорости проведения подготовительной выработки за счет значительного сокращения времени крепления на первом этапе. Однако существенным недостатком подобных схем является отсутствие крепления боков выработки на первом этапе, а также отсутствие металлической либо полимерной затяжки кровли и бортов выработок. В совокупности это ведет к повышению опасности труда проходче-

ской бригады в зонах с неблагоприятными горно-геологическими условиями (при неустойчивых кровлях, в зонах влияния геологических нарушений и т.п.), что связано с повышенной вероятностью вывалообразования, а также увеличением нагрузки на крепь кровли при увеличении ширины выработки в результате вывалов пород из боков выработки.

Другим перспективным направлением повышения темпов подготовки выемочных участков является применение современного проходческого оборудования, обеспечивающего сокращение времени проходческого цикла за счет совмещения во времени основных производственных процессов. Основными направлениями совершенствования проходческих комбайнов на сегодняшний день являются: совершенствование исполнительного органа и резцов с целью повышения производительности и снижения энергоемкости разрушения горных пород; повышение эффективности системы управления для увеличения маневренности комбайна; совершенствование систем комбайна с целью повышения эффективности его работы при одновременном резании и креплении выработки [5].

Так, например, современные комбайны типа «bolter miner» позволяют увеличить скорость проходки, а также снизить себестоимость горных работ за счет параллельно-совмещенного цикла проходческих операций. В благоприятных горно-геологических данные комбайны одновременно обеспечивают отбойку угля и погрузку его на транспортные средства: вагонетки, самоходный транспорт, конвейерную ленту, а также бурение шпуров с буровых установок, закрепленных непосредственно на комбайне, с последующей установкой анкеров как в кровлю, так и в бока выработки. Таким образом, удается достичь совмещения во времени главных операций проходческого цикла.

Однако, осложняющим фактором параллельно-совмещенные схемы проходки на данном оборудовании являются повышенные требования к квалификации проходчиков, которая на шахтах России зачастую является недостаточной. Еще одним негативным фактором является повышенная крепость пород, осложняющая параллельное разрушение забоя и бурение шпуров в виду повышенной вибрации, динамических толчков и заклинивания буровых штанг. К тому же следует не забывать про высокую стоимость данных типов комбайнов.

Следует отметить также возможность применения специальных комплектов проходческого оборудования, включающего в себя «гибкий конвейерный поезд». Применение такого оборудования в шахтах США позволило достичь рекордных темпов проходки – до 111 м/сут [2]. Однако, такая технология не получила широкого распространения

из-за высокой стоимости «гибкого конвейерного поезда» и высоких требований, предъявляемых к почве выработок.

Выполненный анализ опыта интенсивной отработки запасов и подготовки выемочных столбов, существующих перспективных технологических схем и оборудования позволил сделать следующие основные выводы:

1. Своевременная подготовка выемочных столбов при интенсивной угледобыче является актуальной практической задачей, отсутствие эффективного решения которой в настоящее время не позволяет реализовать потенциал современного очистного оборудования механизированных лав.

2. Высокая длительность работ по креплению выработок является основной причиной ограничивающей возможности повышения темпов проходческих работ.

3. В качестве перспективных направлений для повышения темпов проходческих работ при интенсивной отработке запасов следует выделить применение технологических схем поэтапного крепления выработок и использование проходческих комбайнов последнего поколения, обеспечивающих совмещение во времени основных производственных процессов: отбойка, крепление и транспорт горной массы. Вместе с тем высокая стоимость таких комбайнов, а также недостатки и сложности реализации существующих технологических схем поэтапного анкерного крепления предопределяют необходимость совершенствования существующих и поиска новых технологических решений для обеспечения своевременной подготовки выемочных столбов при интенсивной отработке запасов.

**Библиографический список:**

1. Kazanin O.I., Sidorenko A.A., Meshkov A.A., Sidorenko S.A. *Reproduction of the longwall panels: Modern requirements for the technology and organization of the development operations at coal mines* (2020) *Eurasian Mining*, 2020 (2), pp. 19-23. DOI: 10.17580/em.2020.02.05
2. Peng S. S. *Longwall mining*. CRC Press, 2019. 562 p. DOI: 10.1201/9780429260049
3. Ma P., Qian D., Zhang N., Shimada H., Pan D., Huang K. *Application of bolter miner rapid excavation technology in deep underground roadway in inner Mongolia: A case study* (2020) *Sustainability* (Switzerland). 12 (7). № 2588. DOI: 10.3390/su12072588
4. Утиралов О. А. *Обоснование параметров технологии поэтапного проведения и анкерного крепления пластовых подготовительных выработок. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.* 2005 С.155.





УДК 52.087:622.271.023

## ОРГАНИЗАЦИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА УСТОЙЧИВОСТЬЮ ОТКОСОВ РАЗРЕЗА ТЮЛЬГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Колесатова О.С., Нураева Ю.А.

*Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И.Носова, Россия*

*Эффективная разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом не возможна без организации систематических инструментальных наблюдений за состоянием устойчивости прибортовых массивов. На Тюльганском разрезе определение планового и высотного положения связующих реперов профильных линий (реперы, находящихся у верхней бровки нижележащего уступа) предлагается производить способом линейно-угловой засечки с двух наблюдательных пунктов база.*

Эффективная разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом не возможна без организации систематических инструментальных наблюдений за состоянием устойчивости прибортовых массивов. Целью, которых является своевременное обнаружение деформаций бортов карьеров для оперативной оценки степени опасности этих деформаций и принятия мер, опережающих их развитие, по обеспечению безопасности ведения горных работ [2].

Инструментальный маркшейдерско-геодезический контроль состояния карьерных откосов является обязательной составной частью геотехнического мониторинга.

Современные способы наблюдений за геомеханическим состоянием бортов карьеров весьма разнообразны и разделяются на следующие группы с использованием:

- специальных автоматических приборов с дистанционным отбором информации в непрерывном или периодическом режиме;
- традиционных геодезических методов: геометрического и тригонометрического нивелирования с измерениями расстояний дальными и другими мерными приборами и т.д.;
- фотограмметрического способа;
- лазерных сканирующих систем.

На выбор инструментального способа наблюдений влияют:

- высокая точность определения смещений массива;
- высокая производительность полевых работ;

- количество информации с обеспечением полной объективности;

- современные маркшейдерско-геодезические приборы.

Основанием для организации и проведения инструментальных наблюдений на карьерах служит:

- наличие комплекса сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условий разработки месторождений;

- слабые участки месторождения, выявленные по минимальному значению коэффициента запаса устойчивости;

- появление обрушений откосов и оползней, которым предшествуют длительно развивающиеся микродеформации прибортовых массивов;

- постановка бортов карьера на проектный контур при консервации и на конец отработки.

Анализ горно-геологических условий разработки Тюльганского месторождения, современного состояния и перспективы развития горных работ показал наличие всех выше перечисленных пунктов основания.

*Во-первых*, следует отметить сложные инженерно-геологические условия месторождений, которые определяются наличием в геолого-литологическом разрезе толщ:

- четвертичных отложений, приуроченных к дневной поверхности и представленных бурыми глинами и суглинками;

- третичных отложений, основная часть которых залегает непосредственно над разрабатываемым угольным пластом - плиоценовые, средне- и верхнемиоценовые, и нижнемиоценовые глины;

- триассовых отложений, залегающие на восточном борту разреза, представленные песчаными глинами с включением песка, гальки и аргиллитоподобной глины.

*Во-вторых*, следует отметить фактическое проявление деформаций бортов разреза.

*В-третьих*, обоснованные прочностные характеристики горных пород из-за реологических процессов и процессов выветривания в настоящее время не соответствуют действительным.

Выбор и обоснование участков закладки наблюдательных станций за состоянием устойчивости бортов карьеров производится на основании анализа горно-геологических условий разработки месторождений, современного состояния и перспективы развития горных работ, а также состояния устойчивости карьерных откосов.

Для оценки устойчивости бортов разреза были выбраны геологические разрезы в пределах которых борт или его участок может на-

ходиться в неустойчивом состоянии. Наименее устойчивые участки бортов карьеров характеризуются следующими признаками: крутым углом заоткоски борта, большой глубиной карьера, подрезкой слоев в основании бортов, наличием тектонических нарушений, наличием слабых контактов и пластичных слоев в основании бортов и ослаблений, обусловленных спецификой древнего и современного рельефа на отдельных участках (балки, ложбины стока, карстовые проявления и так далее), обводненностью горных пород, наличием на бортах или отдельных уступах больших навалов породы, сейсмическим воздействием взрывов и вибрацией от работы горнотранспортного оборудования (влияющих на устойчивость отдельных уступов).

Согласно признакам неустойчивых участков бортов разреза для исследования использовались следующие геологические разрезы: 7,7а,8,8а. Оценка устойчивости была выполнена методом многоугольника сил по пространственной сферической поверхности скольжения. **Проведенные** расчеты показали, что коэффициент устойчивости, ниже нормативной величины - 1,3, был получен по разрезам 7 и 8, и составил соответственно 1,04 и 1,18.

Учитывая достаточно сложную ситуацию с состоянием устойчивости восточного борта разреза в предельных контурах, необходима организация и проведение систематических маркшейдерских наблюдений за состоянием и деформациями борта.

Маркшейдерские наблюдения проводят путем закладки наблюдательной станции, состоящей из профильных линий, расположенных, как правило, перпендикулярно направлению простирания борта. Наблюдательные станции, заложенные по профильным линиям, представлены на рисунке 1 [1]. Длину профильных линий в прибортовой части карьера принимают не менее размера зоны деформирования прибортового массива, которая, в свою очередь, определяется геологическим строением борта и его высотой. Рабочие реперы закладывают в зоне возможных деформаций: на участке призмы возможного обрушения через 5–10 м; с удалением от верхней бровки – через 20 м; на рабочих площадках не менее двух реперов: один вблизи верхней бровки уступа, другой у подошвы вышележащего уступа.

На Тюльганском разрезе определение планового и высотного положения связующих реперов профильных линий (реперы, находящихся у верхней бровки нижележащего уступа) предлагается производить способом линейно-угловой засечки с двух наблюдательных пунктов базиса, расположенного на северо-восточной части борта разреза. К преимуществам применения способа засечек следует отнести то, что измерения производится через открытое выработанное пространство, в

то время как при измерениях по профильным линиям на одном борту часто возникает проблемы с обеспечением прямой видимости между реперами.



**Рис. 1. Схема наблюдательных станций**

Все измерения производятся высокоточным электронным тахеометром Topcon GPT 3105N. Базис размещен вне зоны влияния горных работ, состоит из двух пунктов I и II. Расстояние от базиса до профильных линий составляет около 750 м. Плановое и высотное положение рабочих реперов определяется с пунктов базиса.

Закладка пунктов базиса производилась с таким расчетом, чтобы была наилучшая видимость всех рабочих реперов, т.е. с расчетом отсутствия «мертвых» зон видимости, которые присутствуют, если бы линейно-угловые измерения производились непосредственно с базиса I-II. Конструкция опорных и рабочих реперов принята согласно изложенной в проекте. При создании опорной тахеометрической системы наблюдательной станции на разрезе линейно-угловые измерения (расстояния, горизонтальные углы и вертикальные

углы) проводятся в прямом и обратном направлениях (при каждом измерении определяются высоты отражателя и тахеометра).

#### **Библиографический список**

1. Инструкция по наблюдению за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – Л.:ВНИМИ, 1971, 187 с.

2. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости. ВНИМИ. – М., 1998.



УДК 622.1/2

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ СБОЙКИ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ МЕЖДУ ДВУМЯ ШАХТАМИ**

**Дарабаев Д.Д., Медведева К.Е.**

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий,  
г.Новосибирск, Россия*

*В данной статье описывается современное состояние автоматизации предрасчета точности геодезических опорных сетей и величины поперечной не сбойки горных выработок, проводимых встречными забоями.*

*Ключевые слова: шахта, маркшейдерская опорная сеть, метод измерения, предрасчет точности, сбойка, гироскопические измерения.*

На горных предприятиях достаточно часто, раз в 2–3 года, возникают работы, связанные с проходкой протяженных выработок (3–7 км), которые обычно проводятся встречными забоями. Необходимость таких работ связана с обеспечением проветривания шахты или рудника, транспортированием горной массы, подготовкой к выемке новых запасов [1–3], и другими задачами горного производства. Для маркшейдерского обеспечения таких работ требуется создание маркшейдерских сетей повышенной точности [4] длиной до 15 км. Поэтому маркшейдерское обеспечение проходки выработок встречными забоями является одной из ответственных и сложных задач маркшейдерской службы горного предприятия. Методика выполнения предварительного расчета точности сбойки графоаналитическим методом подробно описана в инструкции по производству маркшейдерских ра-

бот [5]. Выполнение предрасчета по этой методике требует значительных затрат времени на графические построения и измерения. Помимо этого, данная методика не учитывает особенности построения сети, а также не может строго учесть возможные дополнительные измерения, например, гиростороны.

Именно поэтому, в настоящее время, компьютерное моделирование маркшейдерских сетей и измерений является крайне востребованной и повсеместно применяется на производствах.

Для предрасчета точности сбойки использовался программный комплекс «МГСети» [6–9].

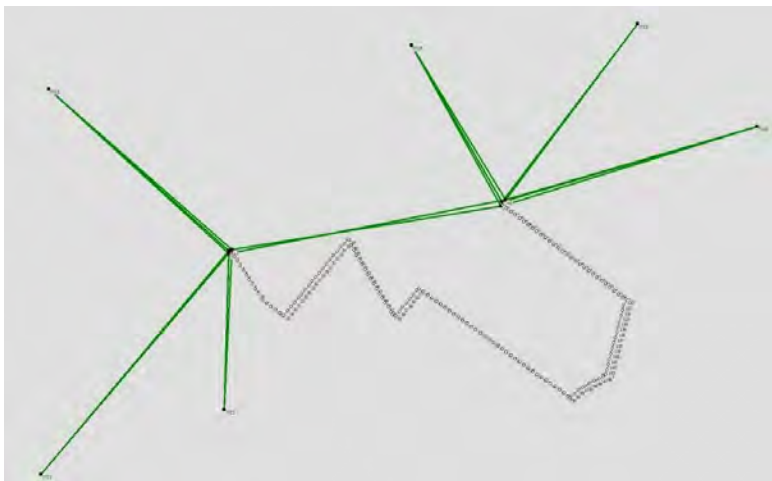
В качестве раstra использовались планы горных работ по пласту 29 шахт ООО «Шахта Есаульская» и АО «Шахта Большевик».

Измерения предполагали применение электронного тахеометра с точностью измерения углов  $m\beta=5''$  и длин  $m_s=\pm 2 + 2 \times 1\text{км}$ , мм.

Возле каждого ствола на поверхности находились 3 подходных пункта. Они в свою очередь были определены при помощи статистических ГНСС измерений (рис.1). В индивидуальном порядке каждый из пунктов был привязан к трем пунктам ГГС. Построение маркшейдерской опорной сети, которая необходима для сбойки горных выработок, было реализовано заданием 150 пунктов и выполнением моделирования маркшейдерских измерений на 300 станциях (рис.2). Расстояние между пунктами в выработке в среднем равно 100 м.



**Рис.1.** Схема сети у входа в шахтный ствол



**Рис.2. Схема маркшейдерской сети**

Длина полигонометрических ходов составила около 20 км.

В табл. 1 показаны результаты предварительного расчета точности несмыкания выработок на участке между точками 100–150 (рис. 3) при использовании только электронного тахеометра.



**Рис.3. Место сбойки на схеме**

**Таблица 1**

Результаты предварительного расчета точности не смыкания

Средняя квадратичная величина несмыкания забоев:		
По высоте	м	0,0649
Продольная	м	0,4613
Поперечная	м	1,4783

При использовании такой методики измерений и данной геометрии сети поперечная ошибка была равна 1,4783 м. Для минимизации несбойки и увеличения точности сети, было использовано измерение 10 азимутов с использованием гироскопических сторон. В программе, для наглядности, стороны с гироскопическим определением азимута выделены утолщенными линиями розового цвета, что значительно упрощает визуальный контроль над сторонами. Результаты предрасчета приведены в табл. 2.

**Таблица 2**

Результаты предварительного расчета точности не смыкания при применении гиросторон

Средняя квадратичная величина несмыкания забоев:		
По высоте	м	0,0649
Продольная	м	0,3900
Поперечная	м	0,4427

При использовании в составе маркшейдерской опорной сети гироскопических измерения азимутов 10 сторон величина несмыкания забоев была уменьшена более чем втрое (табл. 2). Подобная величина поперечного несмыкания забоев соответствует техническому заданию на сбойку горных выработок, а предложенная методика маркшейдерских измерений позволяет обеспечить эту точность.

Маркшейдерская опорная сеть состояла из 150 точек и 300 станций измерений. Вся процедура моделирования заняла около 4 часов. Чтобы выполнить предварительный расчет точности из 10 разных вариаций, было затрачено чуть более 2 часов.

При применении других методов предварительного расчета точности уходит намного большее количество времени, так для гра-



фоаналитического метода, при обработки подобной сети ушло бы несколько рабочих дней.

Выработки проходились для обеспечения проветривания новой лавы, поэтому точность поперечной несбойки в проекте была 0,5 м.

Методика предрасчета ошибки сбойки в «МГСети» предоставляет возможность фактически автоматического уровня вычислений, позволяет работать с сетями различной сложности, а также теоретически неукоснительна.

**Библиографический список:**

1. Сбойка без сбоя: как на Ново-Учалинском месторождении встретились две подземные выработки (Корпоративный журнал УГМК №32 (736) 24 августа 2017 г.). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ugmk.com/press/corporate\\_press/ummc\\_newspaper/sbovka-bez-sboya-kak-na-novo-uchalinskoy-mestorozhdenii-vstretilis-dve-podzemnye-vyrabotki/?sphrase\\_id=164793](https://www.ugmk.com/press/corporate_press/ummc_newspaper/sbovka-bez-sboya-kak-na-novo-uchalinskoy-mestorozhdenii-vstretilis-dve-podzemnye-vyrabotki/?sphrase_id=164793) (дата обращения 15.09.2022).
2. В рудник Гремячинского ГОКа построили более 15 км выработок. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.v102.ru/news/84292.html> (дата обращения 15.09.2022).
3. Соединение с рудником «Скалистый» позволит «Комсомольскому» вновь войти число поставщиков богатых руд. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ttelegraf.ru/news/soedinenie-s-rudnikom-skalistyiy-pozvolit-komsomolskomu-vnov-voyti-v-chislo-postavschikov-bogatyyih-rud/> (дата обращения 15.09.2022).
4. РД 07-603-03 Инструкция по производству маркшейдерских работ. НТЦ «Промышленная безопасность» № 2004, Серия 07, Выпуск 15, «Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль», – М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно - технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. – 120 с.
5. Инструкции по производству маркшейдерских работ: Министерство угольной промышленности СССР, ВНИМИ. – М.: Недра, 1987. – 240 с.
6. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А., Филипчук Б.И. Обоснование выбора весов измерений при уравнивании маркшейдерских подземных опорных сетей. «Маркшейдерия и Недропользование» №6 (98) ноябрь - декабрь 2018, – С.41–46
7. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А., Афанасьева С.М. Гирскопия - прошлое и будущее подземных опорных маркшейдерских сетей «Маркшейдерия и Недропользование» № 1 (93) январь - февраль 2018, – С. 36–41.
8. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А., Середович А.В. Принципы построения и уравнивания опорных подземных маркшейдерских сетей «Маркшейдерия и Недропользование» № 6 (80) ноябрь - декабрь 2015, – С 51–56.
9. Сайт программного комплекса МГСети. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mgseti.ru> (дата обращения 15.09.2022).



УДК 622.935

## **ИЗУЧЕНИЕ ТОРФА И НЕФТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИТ ТЕХНОЛОГИИ**

**Поликарпова Н.Н.**

*Белорусский национальный технический университет,  
г.Минск, Беларусь*

*Приведены результаты изучения микроскопических составляющих торфа и нефти с помощью ИТ технологии. Разработан современный модернизированный метод определения видов торфа и его степени разложения.*

Использование новых информационных технологий является одной из приоритетных задач XXI века. Цель информатизации научно-исследовательской деятельности состоит в ускорении получения и углубления научных знаний о всех явлениях и закономерностях в природе, и других областях, обеспечивающих существование нашей цивилизации. Научно информационные технологии используются на всех этапах научной работы. Чаще всего под информационными технологиями (ИТ) понимают компьютерные технологии (КТ), в которых компьютеры с программным обеспечением используются для хранения, обработки, преобразования, передачи и получения информации. Информация является важнейшим ресурсом человечества наряду с такими традиционными материальными ресурсами как полезные ископаемые и поэтому процесс её получения и переработки аналогичным образом можно рассматривать как технологию.

Информационные технологии в соответствии с различием информационных процессов классифицируются на технологии:

- сбора информации;
- передачи информации;
- обработки информации;
- хранения информации;
- представления информации;
- использования информации.

Все перечисленные технологии были нами задействованы в исследовательском процессе. Кроме того, на этапе получения информации использовались микроскоп и фотокамера. Все последующие операции осуществлялись за счет компьютеризации.

Была создана установка, состоящая из бинокулярного микроскопа (МИКМЕД-1), фотокамеры (Ni-con Cool Pix 4500) и компьютера. (Рис.1.) Установка имеет высокую степень разрешения и позволяет по-

лучать увеличение изображения образцов горных пород и составляющих их минералов в 1200 раз и сохранять их в электронном виде. Такой способ сохранения визуальной информации позволяет составлять электронные каталоги горных пород, основываясь на детальном изучении их микроскопического состава. Особенно эффективно использование установки для изучения свойств таких органогенных пород, как торф, нефть, сапропели. Установка позволяет выявить микроскопические составляющие этих полезных ископаемых, определить микровключения в составе породы, содержание гумусовых и асфальтеновых веществ, упрощает методику их классификации. Установка может быть применена также при изучении твердых кристаллических полезных ископаемых.

Габаритные размеры установки: 0.5x0.2 м, 2.5 кг (без массы компьютера)

В качестве объекта исследования был использован торф. Торф – осадочная рыхлая горная порода с высоким содержанием воды (86 – 94% в естественном состоянии), образующаяся в результате биохимических процессов из отлагающихся на поверхности болот растительных остатков. Торф традиционно рассматривается как горючее полезное ископаемое поскольку содержит 50-60 % углерода и имеет теплоту сгорания (максимальная) – 24 МДж/кг. Используется комплексно как топливо, удобрение, источник различных органических соединений (около 100 тыс. видов) теплоизоляционный материал и для других целей. Препараты гуминовых кислот, извлекаемых из торфа, используются как стимуляторы роста растений. По разным оценкам, в мире от 250 до 500 млрд тонн торфа (в пересчёте на 40 % влажность), он покрывает около 3 % площади всей суши. В Беларуси насчитывается порядка 9200 месторождения торфа, которые расположены почти повсеместно. В них сосредоточено 3 млрд т торфа. Разрабатывается порядка 400 месторождений, с ежегодной добычей 13-15 млн т. За все годы разработки торфяных залежей в стране добыто 1,1 млрд т торфа. По составу исходного растительного материала, условиям образования и физико-химическими свойствами различают три типа торфа:

- верховой тип торфа;
- низинный тип торфа;
- переходный тип торфа.

Верховой торф – образуется главным образом, из растительности олиготрофного типа (сосна, пушица, сфагнум, вереск и др.) и имеет низкое содержание зольных элементов – 2-4%, органических веществ – 99-95%, рН=2,8-3,6. Окраска торфа зависит от его степени

разложения и с её ростом изменяется от светло-желтой до темно-коричневой.



**Рис.1. Установка, состоящая из бинокулярного микроскопа (МИКМЕД-1), фотокамеры (Nikon Cool Pix 4500) и компьютера.**

Низинный торф -- торф, образовавшийся из растительности евтрофного типа, в ботаническом составе которого не более 10% остатков растительности олиготрофного типа. Зольность 6-18%. Цветовая гамма - от преобладающих серых цветов до землисто-серого оттенка. Низинный торф характеризуется более низким уровнем кислотности: 5,5-6,7 рН и большим содержанием гуминовых кислот - 32% .

Переходный торф - занимает промежуточное положение между верховым и низинным.

Каждый тип торфа по содержанию в нем древесных остатков подразделяется на три подтипа: лесной, лесо-топяной, топяной. Подтипы каждого типа подразделяются на группы: В каждую группу входят несколько видов торфа. Всего в Беларуси встречается 32 вида торфа. Ботанический состав торфа является его важнейшей характеристикой, позволяющей установить вид торфа. В классификации торфа его вид представляет собой основную таксономическую единицу, которая характеризуется постоянным соотношением растительных остатков видов - торфообразователей. Использование торфа в различных областях напрямую зависит от его видовой принадлежности.

Вид торфа определяется как правило стандартным микроскопическим методом. Сущность метода заключается в определении при помощи оптического микроскопа, дающего увеличение 50-140, количественного соотношения в процентах остатков растений-торфообразователей, слагающих растительное волокно в пробе, освобожденной от гумуса т.е. после промывания пробы проточной водой. По ботаническому составу при помощи специального «ключа» определяется тип, группа и вид торфа.

Предметное стекло с пробой растительных остатков кладут на столик микроскопа и рассматривают при увеличении 56-140. Видимые в поле зрения структурированные элементы принимают за 100%. При анализе путем перемещения предметного стекла на каждом препарате просматривают по десять полей зрения (всего на каждый вид торфа их 30), записывают название встречающихся растений и ставят против них процент занимаемой площади с округлением до 5%. для каждого растения-торфообразователя. После того как определены все растительные остатки, участвующие в сложении данного образца и их соотношение, при помощи "ключа" устанавливается тип, группа и вид исследуемого торфа. При этом название растения, остатки которого преобладают, ставят на последнее место, а менее представленное – на первое. Например, если остатки сосны обыкновенной составляют 35%, а сфагновых мхов 65%, такой торф следует назвать сосново-сфагновый. Абсолютное допускаемое расхождение между определениями ботанического состава, проводимыми разными исполнителями в одной пробе, не должно превышать 5% по растениям торфообразователей, определяющим вид торфа.

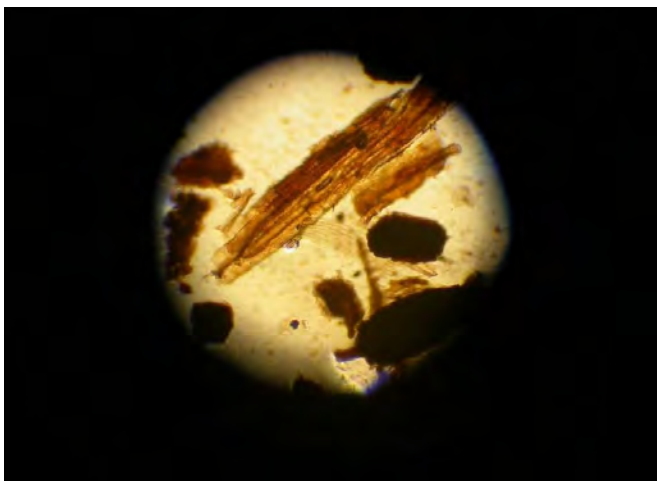
С целью совершенствования стандартной микроскопической методики определения ботанического состава и определения вида торфа мы применили установку, состоящую из бинокулярного оптического микроскопа (МИКМЕД-1), фотокамеры (Nicon Cool Pix 4500) и компьютера, Максимальная разрешающая способность (увеличение) установки составляет 900 х. Получаемые фотоснимки выводятся на монитор компьютера и получают на нем дополнительное увеличение (до 1200). В стандартной микроскопической методике (ГОСТ 28245-89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения) увеличение составляет 56-140. Такое увеличение часто не позволяет детально рассмотреть растительные фрагменты и сделать вывод о их принадлежности. Чтобы достигнуть 400-кратного увеличения необходимо использовать специальную методику с приготовлением препаратов, в которых используются покровные стекла и нанесенное на них иммерсионное масло, что в значительной степени

усложняет и замедляет процесс определения растительных остатков. Разработанная нами технология, примененная при микроскопическом определении видов торфа с использованием фотографической камеры NIKON Cool Pix 4500 в сочетании с биноклярным микроскопом МИКМЕД-1 и выведением получаемых изображений полей зрения на компьютер отличается целым рядом преимуществ по сравнению со стандартной (ГОСТ 28245-89). Прежде всего в нашей технологии достигается увеличение изображения в 900, а вместе с компьютером – до 1200 раз, что имеет решающее значение при установлении вида растений представленных в волокне торфа в виде полуразложившихся остатков (обрывки тканей эпидермиса трав, корешки болотных кустарничков, корки древесных пород, листочки и веточки зеленых и сфагновых мхов и др.). Вторым несомненным достоинством технологии является возможность сохранять объективную информацию о составе торфа в виде полей зрения в памяти компьютера и при необходимости в любой момент проводить количественную оценку доли каждого из растений торфообразователей чтобы установить вид торфа. Такая возможность уменьшает риск субъективной ошибки оператора, который, проводит однократную оценку пробы торфа.

На рисунке 2 представлено одно из наблюдаемых полей зрения, которые были получены нами при исследовании торфа с помощью фотокамеры NIKONCoolPix 4500 в сочетании с биноклярным микроскопом МИКМЕДво-1 и компьютером. Все растительные остатки четко различимы и поэтому задача определения их видовой принадлежности значительно упрощается.

Устойчивое социально-экономическое развитие любой страны и ее экономическая безопасность определяются состоянием минерально-сырьевой базы, в которой решающую роль играют энергетические ресурсы и прежде всего запасы нефти. История добычи нефти в Беларуси начинается с залежей Припятского прогиба, в котором открыто 64 месторождения. Их поиски и разведка осуществлялись с 1952 года, а разработка началась с 1965. Все месторождения за исключением одного сосредоточены в северной тектонической зоне Припятского бассейна. Здесь обнаружено свыше 185 нефтеносных залежей из них 183 в девонских отложениях. Наибольшее число нефтяных залежей (95) приурочено к подсолевой карбонатной толще. Запасы нефти в месторождениях Припятского прогиба, как и в других регионах распределены, неравномерно. Наиболее крупными по запасам являются Осташковичское и Речицкое месторождения, за ними следует Вишанское, Южно-Осташковичское и Южно-Сосновское.

Нефть каждой залежи по-своему уникальна. Все нефти различаются по физико-химическим свойствам и качеству получаемых из них нефтепродуктов. Среди различных видов нефти встречаются малосернистые и высокосернистые. Различаются нефти и по содержанию парафиновой фракции (парафинистые и высокопарафинистые) а также смолистых веществ (малосмолистые и высокосмолистые). В месторождениях Беларуси встречаются как особо легкие нефти, с плотностью не более  $830 \text{ кг/м}^3$ , так и битуминозные нефти, плотность которых превышает  $950 \text{ кг/м}^3$ ; маловязкие с вязкостью не более  $1 \text{ мм}^2/\text{с}$  и высоковязкие, имеющие вязкость в поверхностных условиях более  $300 \text{ мм}^2/\text{с}$ . Поскольку свойства нефти обуславливают подбор различных методов добычи, выбор оптимальной системы сбора и подготовки различных видов нефти, то для изучения пластовой и дегазированной нефти, а также нефтяных попутных газов используется обширный комплекс физических и химических методов исследований.



**Рис.2.** Микроскопические остатки, наблюдаемые при исследовании верхового торфа

В тоже время создание новых подходов в изучении нефти для решения в последующем технических вопросов не утрачивает своей актуальности. Нами была поставлена задача, разработать новый эффективный метод для изучения оптических свойств нефти. Собранная нами установка, состоящая из бинокулярного оптического микроскопа (МИКМЕД-1), фотокамеры (Nicon Cool Pix 4500) и компьютера, позволяет в широком диапазоне изучать оптические характеристики раз-

личных горных пород и минералов в том числе торфа и нефти. Нами были подготовлены микропрепараты нефти, образцы которой были получены с различных месторождений Беларуси. Для этого на предметное стекло пипеткой наносилась капля нефти, которая сверху накрывалась покровным стеклом. Препарат помещался на предметный столик микроскопа, и производилось его фотографирование с последующим выведением фотографии на компьютер. Общее увеличение изображения составляет 1200 раз.

Таким способом были исследованы образцы нефти, которые представлены на рисунке 3 (образец №1 - месторождение Александровское; №2 - месторождение Речицкое; №3 - месторождение Барсуковское; №4 - месторождение Первомайское; №5 - месторождение неизвестно; №6 - месторождение Вишенское; №7 - месторождение Речицкое).



**Рис. 3. Микроскопические остатки и окраска, определяемая содержанием битуминозных веществ, наблюдаемые при исследовании белорусской нефти.**

Анализ рассмотренных микрофотографий образцов нефти, взятых с различных месторождений, показал, что они имеют четко выраженные характерные отличия по цвету и микровключениям, обусловленным их генезисом. Однако установить конкретно какие именно органические составляющие (виды биологических организмов) попали в поле зрения пока не удалось, так как для этого требуется специальное изучение органических остатков, входящих в состав нефти. На-



основание проведенной работы следует, что данный метод является перспективным для исследования таких пород как нефть с целью их классификации. Достоинством выполненных исследований является разработка новой технологии для диагностики и классификации горных пород и минералов с использованием компьютеризации. Создан высокоэффективный современный метод определения ботанического состава торфа, который отличается высокой разрешающей способностью и возможностью сохранения результатов визуальных наблюдений. В результате использования созданной установки доказано ее преимущество по сравнению с традиционно применяемой методикой определения видового состава такой горной породы как торф. Хорошо зарекомендовал себя разработанный метод и для изучения нефти. На микрофотографиях, выводимых на монитор, хорошо видны различные органические включения, а также степень содержания битумных фракций. Разработанная методика внедрена в учебный процесс. Получен акт о внедрении в учебный процесс. Эффективность проведенного исследования определяется применением принципиально новых подходов с использованием компьютеризации в диагностике горных пород и минералов.

**Библиографический список**

1. Денисенков В. П. Основы болотоведения: Учеб. пособие. - СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2000. - 224 с.
2. Доктуровский В. С. Торфяные Болота (курс лекций по болотоведению). - Государственное научно-техническое горное издательство, Москва - Ленинград, 1932, - с.193.
3. ГОСТ 28245-89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения.
4. ГОСТ 21123-85. Торф. Термины и определения.



УДК 622.831.1/3; 622.831.322

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ РАЗГРУЗОЧНОЙ ЩЕЛИ ПРИ ОЦЕНКЕ НДС ПОРОДНОГО МАССИВА**

**Яцыняк С.Д., Ермолович Е.А.**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Белгород, Россия,*

**Синица И.В., Пономаренко К.Б.**  
*Россия, Белгород, ОАО «ВНПОГЕМ»*

*Разработано устройство для выбуривания разгрузочной щели в породном массиве и в крепи подземных горных вырабо-*

*ток для определения горизонтальных и вертикальных напряжений, действующих в горном массиве.*

*Ключевые слова: разгрузочная щель, деформации, напряжения, горная выработка.*

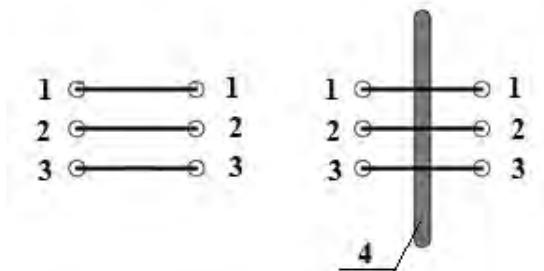
Для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) породного массива горных выработок, достаточно достоверным является геомеханический метод щелевой разгрузки. Этот метод состоит в образовании щели в горном массиве, продолговатой формы радиусом 0.3 м и измерении деформаций её стенок на щели [1].

При проведении натурных измерений в качестве маркирующих реперов использованы ролики подшипников диаметром 4 мм и длиной 40 мм. Они запрессовываются в отверстиях диаметром 6 мм через строительный дупель диаметром 6 мм, пробуренных перфоратором в крепи выработки. Расстояния между реперами составляло 300 мм.

Для определения горизонтальных деформаций разгрузки в массиве создается вертикальная щель, а для вертикальных - горизонтальная щель (рис.1,2). Выбуривание щелей производится шахтным пневматическим перфоратором.

Деформации разгрузки определялись измерением расстояний между маркирующими реперами до и после выбуривания щели, механическим тензометром конструкции ЦНИИС [2]. Точность измерений 0.01мм.

При этом, технология данной методики связана с значительными трудозатратами, особенно в прочных породах. В основном выбуривание разгрузочной щели производится ручными пневмоперфораторами, и существует необходимость жесткого позиционирования буровой штанги для создания сплошной щели. При несоблюдении этих условий, велика вероятность образования перемычек в обуреваемой полосе, что не позволяет достоверно оценить НДС массива.



**Рис. 1. Схема разгрузки массива для определения горизонтальных напряжений: 1,2,3 – пары деформационных реперов, 4 – вертикальная щель**

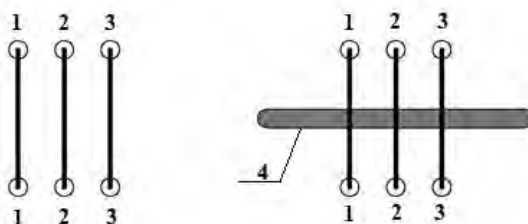


Рис. 2. Схема разгрузки массива для определения вертикальных напряжений: 1,2,3 – пары деформационных реперов, 4 – горизонтальная щель

Усовершенствованием метода щелевой разгрузки занимались сотрудники ИГД СО РАН СССР [3], ИГД УрО РАН [4], ОАО «ВИОГЕМ» [5,6]. Известно устройство для измерения деформаций на стенках горной выработки методом щелевой разгрузки [7], содержащее шаблоны для выбуривания щели. Его недостаток заключается в том, что использование такого шаблона с отверстиями, приводит к появлению перегородок в разгрузочной щели после разделки, а также не учитывается геометрия поверхности массива. Этот шаблон можно использовать только на гладких, идеально ровных поверхностях горного массива и стенок горной выработки.

Указанные недочеты устраняются в разработанном устройстве, позволяющем получать правильную геометрическую форму разгрузочной щели с исключением перегородок в ней, тем самым повышая точность измерений деформаций, а также надежность и простоту в эксплуатации.

Данное устройство так же содержит шаблон с отверстиями для выбуривания щели, причем, шаблон выполнен из металлического швеллера, на двух концах перемычки которого расположены отверстия для соединения его с анкерами, а в полках шаблона выполнены отверстия, в порядке в котором при бурении шпура, последующий шпур должен заходить в предыдущий на  $1/3$  его диаметра. Кроме того, устройство включает направляющую площадку, выполненную также из металлического швеллера, к полкам которого с обеих сторон приварены косынки, в которых выполнены отверстия для сочленения ее посредством шпилек с шаблоном, также к торцам направляющей площадки с обеих сторон приварены пластины с полуотверстиями, обеспечивающими прямолинейность бурения шпура (рис. 3).

Устройство позволяет получить как вертикальную, так и горизонтальную разгрузочную щель в крепи выработки.

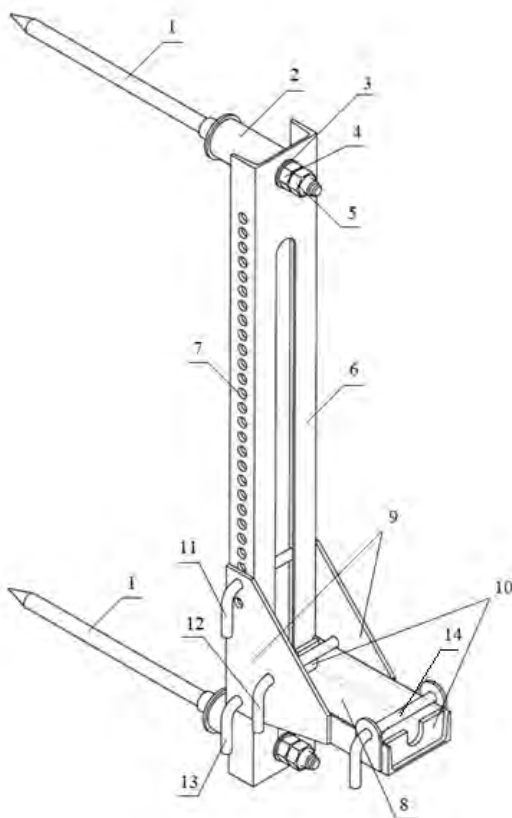


Рис. 3. Общий вид устройства:

1 – анкер, 2 – втулка, 3 – шайба, 4 – гайка, 5 – контргайка,  
6 – шаблон, 7 – отверстия, 8 – направляющая площадка, 9 – косынки, 10 – пластины с полукруглыми отверстиями, 11, 12, 13, 14 – фиксирующие шпильки

Предлагаемое устройство для разделки разгрузочной щели на стенках горных выработок для метода щелевой разгрузки имеет следующие элементы конструкции:

– шаблон выполнен из металлического швеллера, на двух концах перемычки которого расположены отверстия для соединения его с анкерами, что придает жесткость конструкции;

– в полках шаблона выполнены отверстия, в порядке в котором при бурении шпура, последующий шпур должен заходить в предыду-

щий на 1/3 его диаметра, что позволяет получить правильную геометрическую форму разгрузочной щели без перегородок;

– направляющую площадку, выполненную также из металлического швеллера, к полкам которого с обеих сторон приварены косынки, в которых выполнены отверстия для сочленения ее посредством шпилек с шаблоном, а к торцам направляющей площадки с обеих сторон приварены пластины с полуотверстиями, обеспечивающими перпендикулярность бурения шпура.

Сотрудниками лаборатории «Горного давления и сдвижения горных пород» ОАО «ВИОГЕМ» было разработано устройство для выбуривания разгрузочной щели в горном массиве и в крепи подземных горных выработках (рис. 3).

Перечисленные признаки устройства существенно улучшают его жесткость, надежность, обеспечивают стабильность положения шаблона в горизонтальной и вертикальной плоскости, что важно для разделки разгрузочной щели в породном массиве и в крепи горных выработок методом щелевой разгрузки.

Полученная разгрузочная щель с применением предлагаемого устройства представляет собой правильную геометрическую форму без перегородок, что повышает точность измерений деформаций в горном массиве.

На рисунке 4 показано устройство до начала работ, на рисунке 5 после окончания работ по выбуриванию вертикальной разгрузочной щели.



**Рис. 4. Монтаж устройства на стенке горной выработки для выбуривания вертикальной разгрузочной щели до начала работ**

Устройство для выбуривания разгрузочной щели в крепи горной выработки, было многократно апробировано на предприятии АО «Комбинате КМАруда» шахта имени И.М.Губкина [8]. Апробация оборудования показала положительные результаты исследования.



**Рис. 5.** Разгрузочная вертикальная щель выполнена при помощи устройства

По результатам данного устройства, предлагаемые авторами, обретают практическую значимость и в дальнейшем успешно использовать его последователями и иными пользователями.

**Библиографический список:**

1. Влох Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках. Метод щелевой разгрузки. – М.: Изд-во «Недра», 1994. – С. 27 – 28.
2. ОДМ 218.2.044-2014 Рекомендации по выполнению приборных и инструментальных измерений при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах. Отраслевой дорожный методический документ.
3. Зубков А. В. / Геомеханика и геотехнология / Рос. акад. наук. Урал. отд-ние. Ин-т гор. дела. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2001. ил., табл.; 333 с.
4. Совершенствование метода щелевой разгрузки / Влох Н.П., Зубков А.В., Феклистов Ю.Г. // Диагностика состояния породных массивов: Сб. тр. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1980. – С.30 – 35.
5. Сергеев С.В., Синица И.В., Юрченко Г.Ю., Яцыняк С.Д. *Натурные исследования геодинамических процессов на рудниках КМА/ VI Международная научная конференция «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных странах» Белгород, 12-16 октября 2015 года: сборник трудов в конференции / Белгород: Изд-во Политехры, 2015. – С. 389 – 394.*
6. Синица И.В., Яцыняк С.Д., Лепетюха Д.С., Пономаренко К.Б. Оценка склонности массива пород к горным ударам. Сборник материалов четырнадцатого международного симпозиума «Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях», – г. Белгород, 2019. – С. 195 – 201.
7. Патент 2311534 РФ. Устройство для измерения деформаций на стенках горной выработки методом щелевой разгрузки. Оубл. 27.11.2007. Бюл. № 33
8. Сергеев, С. В., Синица И. В. Геомеханическое сопровождение подземной отработки железных руд на комбинате "КМАруда // Горный журнал. – 2019. – № 8. – С. 30 – 33.



## **СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**

УДК 624.151

### **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВОЗВЕДЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ С ЗАГЛУБЛЕННОЙ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТЬЮ В КНР**

**Прокопов А.Ю., Чжан Юань**

*Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

*В статье рассмотрены особенности проектирования и сооружения фундаментов, используемых в строительной отрасли Китая при возведении высотных и уникальных зданий с заглубленной подземной частью*

*Ключевые слова: грунтовые основания, высотные здания, уникальные здания, свайные фундаменты, фундаменты глубокого заложения*

По сравнению с другими типами проектов, высотные здания характеризуются высокой сложностью, длительным периодом строительства и высокими требованиями к качеству проекта. Независимо от этажности здания проектирование фундамента – это основной этап, во многом предопределяющий эксплуатационную надежность и долговечность здания. Требования к устройству фундамента для высотных зданий еще выше из-за их конструктивных особенностей и огромных нагрузок. Для современного Китая характерен бурный рост строительства высотных, уникальных зданий и сооружений в 100 и более этажей, высота которых превышает 300-400 м.

Самое высокое здание не только Китая, но и всей Азии находится в сердце Шанхая – деловом квартале Пудун. Шанхайскую башню, высота которой с учетом шпиля составляет 632 м, считают символом экономического и культурного процветания КНР. Вместе с расположенными рядом башней Цзинь Мао (421 м) и Шанхайским всемирным финансовым центром (492 м) они образуют «китайскую триаду» – за-

конченную сверхсовременную композицию, которая символизирует мощь, прогресс и процветание (рис. 1).

В настоящей статье выполнен анализ технологий сооружения фундаментов высотных зданий и конкретных технических решений, с целью возможного использования строительным персоналом современных технологий в реальном строительстве [1 – 6].



**Рис. 1. Панорама делового квартала Пудун (г. Шанхай, КНР)**

Территория Китая обширна, геология и геоморфология различных районов сильно различаются, поэтому технология сооружения фундамента имеет определенную степень сложности, строительный персонал должен уметь выбирать наилучшую конструкцию и технологию сооружения фундамента в соответствии с инженерно-геологическими, гидрогеологическими, климатическими условиями и геоморфологией региона.

По сравнению с другими строительными проектами, строительная структура высотных зданий более сложная, к технологии строительства предъявляются повышенные требования, и существует больше строительных звеньев и этапов, поэтому возникающие проблемы на стадии устройства оснований и фундаментов влияет на весь проект в целом.

Поскольку возведение фундамента уникальных зданий осуществляется в подземных условиях на глубинах до 15-20 м и более, а инженерно-геологические условия характеризуются сложностью и изменчивостью во времени, то на стадии проектирования необходимо провести детальные инженерные изыскания и выполнить научное



обоснование конструктивных и технологических решений в соответствии с фактическими результатами изысканий, чтобы избежать снижения общего качества строительства и надежности объекта из-за неверного выбора типа или конструкции фундамента.

Основными направлениями в проектировании фундаментов уникальных зданий в КНР в настоящее время являются:

1. Повышение предела прочности фундамента на сдвиг для повышения устойчивости высотных зданий. Так называемый предел прочности на сдвиг – это механическое напряжение, взаимосвязанное с пределом текучести или пределом прочности, в результате чего материал фундамента повреждается в результате сдвига. Например, когда бумага разрезается ножницами, бумага разрушается при сдвиге. Этот параметр влияет на качество всей конструкции здания, поэтому необходимо повысить прочность фундамента на сдвиг.

2. Уменьшение сжимаемости фундаментов помогает замедлить осадки фундаментов высотного здания. Сжимаемость фундаментов определяет в том числе величину осадки высотного здания. Поскольку этажность уникальных зданий, как правило, составляет 35-40 этажей и более, то возникающее давление на фундамент значительно больше, чем у обычных зданий, поэтому в процессе строительства и расчетного срока эксплуатации здания обязательно произойдет его осадка, что является проблемой. Однако скорость и величина оседания высотных зданий может быть уменьшена путем повышения сжимаемости фундаментов и грунтовых оснований, тем самым увеличится срок службы высотных зданий.

3. Улучшение динамических свойств грунтов основания фундамента для повышения сейсмостойкости высотных зданий. В связи с частыми землетрясениями в Китае необходимо повысить сейсмические характеристики высотных зданий для улучшения его динамики, дальнейшего повышения общей устойчивости высотных зданий, для защиты жизни людей и сохранности имущества.

К наиболее важным технологическим аспектам при проектировании и строительстве уникальных зданий с заглубленной подземной частью являются:

1. Предстроительная подготовка. Для того чтобы последующие работы прошли гладко, перед строительством фундамента необходимо провести подготовительные работы. Строительная компания должна направить специалистов по инженерным изысканиям и измерениям для проведения детального обследования участка, на котором будет расположен фундамент, и составления качественного технического отчета, а также составления плана строительства в соответствии с ре-

зультатами отчета. Поскольку свойства грунтов различаются в разных регионах и даже на разных площадках одного и того же региона, эти различия требуют применения различных строительных технологий фундаментостроения. Научная предстроительная подготовка, а также обязательное научное сопровождение может обеспечить гарантии качественного строительства, а также позволит своевременно вносить корректировки в проектную документацию в случае изменения условий строительства, тем самым обеспечивая бесперебойную работу по реализации проекта.

Кроме того, перед началом строительства фундамента необходимо проверить и ввести в эксплуатацию используемое строительное оборудование, а любое оборудование, которое окажется неработающим, должно быть своевременно заменено. Любые работы должны проводиться в соответствии с установленными правилами и требованиями безопасности.

Строительные предприятия должны разработать научно обоснованную систему управления в соответствии с фактической ситуацией при реализации проекта, определить обязанности каждого должностного лица.

2. Возведение подпорных стен. Для обеспечения устойчивости и безопасности при возведении фундаментов в глубоком котловане необходимо возведение подпорных стен для укрепления грунтов и усиления фундамента. Поскольку высотные здания имеют свои особенности, необходимо выбрать соответствующую технологию строительства подпорных стен в зависимости от конкретной строительной ситуации. Бетон, используемый для подпорной стены, должен соответствовать прочности бетона, используемого в проекте свайного фундамента, а высота подпорной стены должна быть выше уровня земли, чтобы избежать дополнительных водопритоков в котлован. В процессе строительства необходимо регулярно проверять геометрические и прочностные характеристики стены. На рис. 2 показано устройство подпорной стены при сооружении глубокого котлована с дополнительным нанесением слоя набрызгбетона на буронабивные сваи.

3. Изготовление бетона при точном соблюдении его рецептуры. Пропорции бетона напрямую связаны с качеством фундаментных работ, поэтому строительный персонал должен обращать внимание на их строгое соблюдение. Рецептура бетона должна подбираться в соответствии с инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, включая возможные виды агрессивного воздействия на различные виды бетона со стороны грунтов и подземных вод. В период бетонирования фундаментов должны обязательно заливаться контрольные об-

разцы бетонной смеси, которые затем испытывают в строительной лаборатории. Рецептура бетона должна быть научно обоснована и подбираться отдельно для различных конструкций здания, возводимых на разных этапах строительства с учетом климатических параметров окружающей среды.



**Рис. 2. Сооружение глубокого котлована под защитой подпорных стен из буронабивных свай, системы анкеров и набрызгбетона**

4. Бетонирование фундамента. После научного определения пропорций бетона необходимо правильно его залить. Для того чтобы обеспечить заливку бетона, площадка должна быть очищена и освобождена от воды и мусора. После обнаружения воды ее необходимо вовремя убрать, иначе это приведет к смешиванию бетона и воды, что, в свою очередь, изменит соотношение бетона и повлияет на его качество. Строители могут использовать абсорбирующее вещество, чтобы впитать воду и сохранить это место сухим во время процесса бетонирования.

Одним из наиболее распространенных методов устройства фундаментов под высотные и уникальные здания и сооружения является метод буронабивных свай (рис. 3), который может эффективно гарантировать качество фундамента. Качество первого утрамбованного слоя повлияет на качество последующих слоев, поэтому наибольшее влияние должно уделяться бетонированию нижних слоев. Это обеспечит хорошую основу для последующего бетонирования. Персонал по управлению строительством также должен контролировать каждый

этап процесса бетонирования, что также является гарантией высокого качества фундаментных работ.



**Рис. 3. Устройство глубоких буронабивных свай**

Среди множества технологий возведения фундамента в настоящее время широко используется эффективная технология предварительно напряженных трубчатых свайных фундаментов (рис. 4). Эта технология также называется технологией строительства свай из предварительно напряженного бетона, в основном она подразделяется на метод предварительного натяжения и метод постнатяжения.

В настоящее время в КНР более распространенным методом является метод предварительного натяжения, в процессе применения этого метода для достижения эффекта полых цилиндров часто используется вспомогательная технология центробежного формования. Кроме того, для дальнейшего развития технологии создания предварительно напряженных трубных свайных фундаментов, также необходимо выбрать режим работы стальной оболочки. Дренаж в котловане является обязательным условием.

В процессе проведения дренажных работ строителям необходимо оставлять боковые откосы в определенных местах, а также избегать навала вынутой земли на поверхности непосредственно рядом с ним, что приведет к обрушению при превышении давления, которое может выдержать котлован, создавая проблемы для последующего строительства. Наклон свай является одной из наиболее распространенных

технологических проблем в строительстве технологии обработки предварительно напряженных свайных фундаментов, которая влияет на качество всего проекта фундамента.



**Рис. 4.– Устройство свайного фундамента из предварительно напряженных трубчатых свай-оболочек**

Невертикальность свай, большой уклон и недостаточное выравнивание могут приводить к уменьшению их несущей способности, поэтому строительный персонал должен заранее разработать меры по борьбе с наклоном свай. Решением этой проблемы является выравнивание строительной площадки и установка сваебойной машины на относительно стабильном уровне. Поэтому строительный персонал должен уделять больше внимания процессу строительства, чтобы избежать упущений, и тщательно проверять каждое звено строительства, чтобы обеспечить успешное завершение работ по обработке фундамента.

*Заключение.* Высотные здания играют очень важную роль в развитии крупнейших городов мира, а также эффективно решают проблему загруженности городских земель. Технология возведения фундамента очень важна для всего строительства высотных зданий и выбирается с учетом большого количества природных, технических и организационных факторов.

Инженеры-строители должны уделять большое внимание процессу строительства фундамента и использовать различные методы и технологии его возведения в соответствии с конструктивными особенностями высотных зданий и сложного комплекса нагрузок на них. Пе-

ред началом строительства фундамента необходимо выполнять качественные инженерные изыскания, в соответствии с которыми разрабатывать научно обоснованные методы и технологии по устройству фундамента, строительный персонал должен выполнять ряд строительных требованиях для выполнения работ и обеспечения безопасности строительства.

Только научно обоснованные решения и применение современных методов и технологий возведения фундаментов позволит обеспечить высокое качество, надежность и долговечность высотного или уникального здания в целом.

**Библиографический список:**

1. Zhao Shengfeng. *Key points of technology for processing foundations in the construction of high-rise buildings // Environmentally friendly building materials*. 2019(05):190.
2. Sun Zhensheng. *Key points of technology for processing foundations in the construction of high-rise buildings // Residential industry*, 2019 (05): 26-27.
3. Chen Xuwei. *Investigation of the main points of foundation construction and foundation processing technology for high-rise buildings // Jiangxi building materials*. 2017 (16): 101, 105.
4. Shi Guochang. *Study of the main provisions of geotechnical research and technology for processing foundations for high-rise buildings Yushu*, 2017 (23): 74.
5. Shu Xiang. *Trial discussion of construction management and construction technology of the pile foundation project // Scientific and technological innovation and application/ Application*, 2018 (26): 25-26.
6. Yang Hongwei. *Research and analysis of foundation processing technology in the engineering construction of residential buildings smart city // City*, 2018 (13): 34-37.



УДК 624.012.45

## **ВАРИАНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Прохорова А.В., Сычева Т.Н.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

**Прохоров П.Д.**

*Московский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассмотрены некоторые способы учета коррозионного разрушения железобетонных конструкций, взаимодействующих с внешней агрессивной средой. Описаны варианты оценки долговечности элементов конструкций при совместном воздействии нагрузки и коррозионной среды.*

*Ключевые слова: железобетонные конструкции, коррозионные повреждения, агрессивная среда, долговечность конструкций.*

Бетон и железобетон долгое время остается одним из самых распространенных и востребованных конструкционных материалов. Большинство элементов конструкций подвергаются воздействию не только эксплуатационных нагрузок, но и агрессивных рабочих сред. Многие исследования подтверждают, что под действием агрессивных сред деформационно-прочностные свойства бетона и арматурных сталей изменяются. Эти процессы также оказывают существенное влияние на несущую способность и долговечность железобетонных элементов конструкций.

Достаточно часто конструкции зданий и сооружений контактируют с хлоридсодержащей и сульфатсодержащей средой. Для установления закономерностей коррозионного разрушения железобетонных конструкций, взаимодействующих с хлоридсодержащей средой, заводом-втузом при Норильском горно-металлургическом комбинате было обследовано 582 сборные и монолитные железобетонные конструкции со сроком эксплуатации до 45 лет. Структуру и минерально-фазовый состав бетона изучали с помощью физико-химических методов на контрольных образцах и образцах, отобранных из конструкций. Оценку микроструктуры, состава и марки арматурной стали проводили методами металлографического спектрального анализа [1].

Экспериментальные данные продвижения фронта опасных для арматуры концентраций хлоридов и разрушения бетона во времени предлагается аппроксимировать по формуле

$$h_{Cl} = 4,4 K t^{0,7},$$

где  $h_{Cl}$  - глубина проникновения ионов хлора;  $t$  – время эксплуатации конструкции;  $K$  - коэффициент, зависящий от технологии изготовления конструкций ( $K = 1$  – для конструкций из монолитного железобетона и  $K = 0,75$  – для конструкций заводского изготовления) [1].

Влияние коррозионного воздействия хлора можно учитывать с помощью функциональных зависимостей, определяющих глубину разрушения бетона и арматуры в зависимости от срока эксплуатации конструкций

$$h_p = q_1 t^{0,7} - q_2 \exp(-q_3 / t),$$

где  $h_p$  - глубина разрушения бетона (в мм);  $t$  - время эксплуатации конструкции (в годах);  $q_1, q_2, q_3, 0,7$  – эмпирические коэффициенты,

зависящие от параметров эксплуатационной среды, материала и способа изготовления конструкций [1]. Значения коэффициентов  $q_1, q_2, q_3$  для сборных и монолитных конструкций приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вид конструкций	Коэффициенты		
	$q_1$	$q_2$	$q_3$
Монолитные	4,4	33	33
Сборные	3,25	20	12

При сроке эксплуатации конструкций, равном или большем моменту времени образования коррозионных трещин в защитном слое, глубина разрушения бетона железобетонных конструкций определяется следующим выражением

$$h_p = (a_b + d) + q_1(t - t_b)^{0,7} - q_2 \exp(-q_3/(t - t_b)),$$

где  $a_b$  - толщина защитного слоя (в мм);  $d$  - диаметр рабочей арматуры (в мм);  $t_b$  - момент образования коррозионных трещин (в годах), для монолитных конструкций  $t_b = 0,055a_b^{1,7}$ , для сборных конструкций  $t_b = 0,1a_b^{1,7}$  [1].

При достижении фронтом опасных для арматуры концентраций хлоридов (0,3 % и более массы цемента) арматурная сталь начинает корродировать, глубину коррозии арматуры можно определить по формуле

$$d = 0,25 \frac{e}{e} (t - t_b) + (t_b - t_0) \exp\left(-\frac{t - t_0}{t_b - t_0} \frac{\ddot{u}}{\ddot{u}_0}\right),$$

где  $d$  - глубина коррозии (уменьшение диаметра) арматуры (в мм);  $t_0$  - время обработки защитного слоя опасными для арматуры концентрациями хлоридов (в годах),

$$t_0 = \exp\left(1,42 \ln \frac{a_b}{b} \frac{\ddot{u}}{\ddot{u}_0}\right),$$

$b = 4,4$  для монолитных конструкций;  $b = 3,3$  для конструкций заводского изготовления.



В работе [2] установлены зависимости между значениями параметров трещиностойкости бетона  $K_{IC}$  и  $K_{IIC}$  в нормальных условиях и их снижением в результате длительного воздействия сульфатов:

$$K_{IC}(t) = g_{S,1} K_{IC}, \quad K_{IIC}(t) = g_{S,2} K_{IIC}, \quad (1)$$

где  $g_{S,1}$ ,  $g_{S,2}$  - функции, учитывающие развитие коррозионных процессов в структуре бетона по величине содержания продуктов коррозии, выраженных через  $Q_{SO_3}$ :

$$\begin{aligned} g_{S,1} &= 1 + 0,049 Q_{SO_3} (1 - 0,17 Q_{SO_3}), \\ g_{S,2} &= 1 + 0,052 Q_{SO_3} (1 - 0,15 Q_{SO_3}), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $Q_{SO_3}$  - количество связанных цементным камнем сульфат-ионов в пересчете на  $Q_{SO_3}$  (в % по отношению к цементному камню).

Мамаев Т.Л., Гузев Е.А. и Пирадов К.А. рекомендуют использовать полученные ими зависимости (1)-(2) для определения долговечности железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в сульфатных средах, по предложенной модели [2,3].

В работе [4] описывается методика прогнозирования коррозионного состояния бетона при периодическом действии нагрева и увлажнения сульфатосодержащими растворами, когда коррозионные процессы характеризуются значительной сложностью и неоднозначностью [5]. Авторы предлагают определять прогнозируемый период времени от момента обследования до исчерпания бетоном ресурса по состоянию  $T_n$  из следующей зависимости:

$$T_n = T_э S_t / (S_0 - S_t),$$

где  $T_э$  - эксплуатационный период от начала воздействия среды до момента обследования;  $S_t$  - оценка коррозионного состояния на момент обследования;  $S_0$  - оценка состояния, принимаемая в качестве начальной. Для бетонов классов по прочности В15...В40 и марки по водонепроницаемости W4  $S_0 = 1,23...2,47$ , марки W6 -  $S_0 = 2,48...3,31$ , марки W8 -  $S_0 = 3,32...4,21$ .

Гусев Б.В., Степанова В.Ф. и Чернышук Г.В. в работе [6] формулируют уравнения физических и химических процессов углекислотной коррозии бетона с учетом того, что именно неравновесный и нестационарный характер определяют кинетику процессов коррозии. Ученые полагают, что кинетика коррозионного разрушения бетона в газовых средах определяется влажностью газовой среды.

Васильев А.И. в работе [7] предлагает аналитическую зависимость между раскрытием продольной трещины  $d$  и глубиной коррозии арматуры  $D$ :

$$D = d \times L / 8h, \quad (3)$$

где  $L$  – длина участка отслоения защитного слоя бетона по обе стороны от оси арматурного стержня;  $h = h_{з.с.} + 0,5 \text{ см}$  – толщина защитного слоя бетона при его отрыве. Здесь же установлен доверительный интервал  $J$  варьирования величины

$$D J = (0,75\bar{D}; 1,25\bar{D}), \quad (4)$$

где  $\bar{D}$  – математическое ожидание (среднее значение), принимается по формуле (3).

Обобщая рассмотренные исследования и математическое описание коррозионных повреждений железобетонных конструкций, можно предполагать, что невозможно использовать единый подход или единую физическую или математическую модель для описания взаимодействия конструкционных материалов с разными коррозионными средами в многообразных физико-химических условиях. Более приемлемым является путь создания частных физических и математических моделей, имеющих ограниченное и конкретное применение для расчета элементов конструкций и прогнозирования долговечности сооружений.

#### ***Библиографический список:***

1. Сетков В. Ю., Шибанова И. С., Рысева О. П. Разрушение железобетонных конструкций промышленных зданий при действии хлора // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1989. № 11. – С. 6 – 10.
2. Мамаев Т.Л., Гузев Е.А., Пирадов К.А. Трещиностойкость бетона в условиях развития процессов сульфатной коррозии // Бетон и железобетон. - № 2. - 1999. – С. 23.
3. Гузев Е.А., Леонович С.Н., Милованов А.Ф., Пирадов К.А., Сейланов Л.А. Разрушение бетона и его долговечность. – Минск, 1997. – 170 с.
4. Дубницкий В.Ю., Чернявский В.Л. Прогнозирование стойкости бетона при сложных агрессивных воздействиях на основе оценки величины коррозионного состояния // Изв. вузов. Строительство и архитектура.– 1990. - № 1. – С. 122-125.
5. Чернявский В.Л. Повышение антикоррозионных свойств бетона. – Киев: Будівельник, 1983. – 88 с.
6. Гусев Б.В., Степанова В.Ф., Чернышук Г.В. Модель расчета коррозионной стойкости бетона при воздействии агрессивной углекислоты воздуха // Бетон и железобетон. - № 1. - 1999. – С. 27-28.
7. Васильев А.И. Оценка коррозионного износа рабочей арматуры в балках пролетных строений автодорожных мостов // Бетон и железобетон. - № 2. - 2000. – С. 20-23.
8. Железобетон в XXI веке: Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России / Госстрой России; НИИЖБ. – М.: Готика, 2001. – 684 с.



УДК 539.32

## **К РЕШЕНИЮ СВЯЗАННОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ИЗГИБА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ИЗОТРОПНЫХ РАЗНОСОПРОТИВЛЯЮЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Чигинская И.А., Теличко В.Г.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

**Чигинский Д.С.**

*ООО «Строительное Проектирование», г. Тула, Россия*

*Выполнен краткий обзор методик решения задач термоупругости, позволяющих учесть эффект различного деформирования материалов при сложных видах напряжённых состояний. Предложено распространить верификацию имеющейся в программном комплексе ANSYS опции, позволяющей осуществить ввод диаграмм деформирования материала при растяжении и сжатии на различные типы конструкций.*

*Ключевые слова: связанная задача термоупругости, нестационарное температурное воздействие, метод конечных элементов, разносопротивляемость, ANSYS.*

В строительстве и машиностроительных отраслях промышленности достаточно часто встречаются конструкции, работающие в условиях термомеханических воздействий, выполненные из материалов, которые не подчиняются классическим законам деформирования, а именно бетонов, серых и ковких чугунов, керамики, конструкционных графитов, ряда полимеров и композитов. Указанные материалы являются чувствительными к виду напряженного состояния [1, 2], в них проявляются такие эффекты как дилатация и обнаруживается влияние температуры на механические характеристики материалов. Причём, зависимость деформационных характеристик от вида напряженного состояния для рассматриваемых материалов плавно меняется в широком диапазоне.

Важное значение для развития механики деформируемого твердого тела разносопротивляющихся материалов имеют разработанные в последние годы математические модели для решения связанных задач изгиба элементов конструкций из материалов, чувствительных к виду напряженного состояния, в условиях термомеханического нагружения [3, 4]. Данные модели дают возможность выявить ряд новых, недостаточно освещенных ранее эффектов напряженно-

деформированного состояния элементов конструкций при рассмотрении различных условий их загрузки.

В течение последних десятилетий активно исследуются вопросы связанной термоупругости, базирующиеся на численном моделировании в специализированных конечно-элементных пакетах, а их функционал непрерывно совершенствуется. Например, в программном комплексе ANSYS в настоящее время реализована возможность учёта нелинейной работы материалов посредством задания экспериментальных диаграмм деформирования, в том числе отличающихся при растяжении и сжатии [5].

Однако, применение новых программных инструментов требует оценки получаемых результатов (верификации) посредством проведения параллельных расчетов с использованием независимо разработанных программных средств и сравнительный анализ полученных результатов.

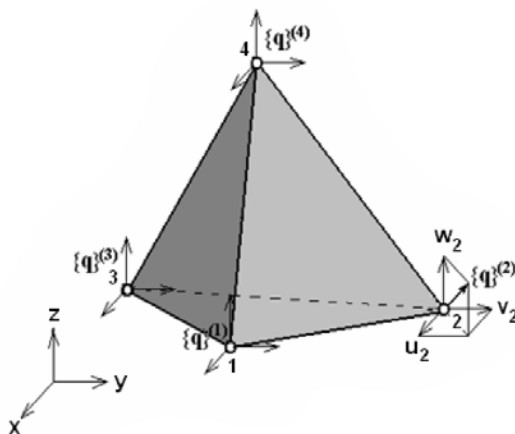
В работе [6] выполнена указанная верификация при решении связанной нестационарной задачи термомеханического изгиба тонкой прямоугольной пластины из изотропного разнсопротивляющегося материала методом конечных элементов, однако, автором рассмотрена одна конкретная задача, при этом учитывая разнообразие конструкций, могут быть рассчитаны и проанализированы и другие элементы конструкций с различной геометрией, из разных материалов с разными граничными условиями, как качественными, так и количественными.

Представляется необходимым продолжение работы над решением задач термомеханического изгиба конструкций из изотропных разнсопротивляющихся материалов методом конечных элементов в связанной постановке, при условии их загрузки в виде задания температуры окружающей среды и закона теплообмена, а также исследование дополнительных эффектов напряженно-деформированного состояния конструкций, возникающих при указанных условиях.

Предлагается используя разработанную в [3] программу, на основе теории [1, 2] на базе объемных конечных элементов (КЭ) в форме тетраэдра с учётом воздействия температуры и задания граничных условий третьего рода, выполнить верификацию опции ANSYS, позволяющей учесть эффект различной нелинейной работы материала при растяжении и сжатии в рамках решения связанной нестационарной задачи термомеханического изгиба различных элементов конструкций.

В работе [3] используется форма термодинамического потенциала Гиббса, состоящая из квазилинейной, нелинейной и термомеханической частей. Матрица деформаций в [3] является стандартной и определяется геометрией четырёхузлового конечного элемента

в виде тетраэдра, показанного на рисунке 1, с линейным распределением перемещений внутри элемента.



**Рис. 1.** Конечный элемент в форме тетраэдра

В качестве начальных условий в [3] задавалось отсутствие начальных напряжений и равномерная температура. При этом были использованы граничные условия для конвективного теплообмена.

В ПК ANSYS для решения нестационарных задач термоупругости для изотропных сред применяется вариационный принцип к уравнению движения и уравнению сохранения теплового потока в сочетании с определяющими уравнениями термоупругости, что дает матричное уравнение конечных элементов, компоненты которого вычисляются по аналогии с элементами в форме тетраэдра [3].

Для решения связанной нестационарной задачи термомеханического изгиба прямоугольной пластины в программном комплексе ANSYS, аналогично [6], планируется использовать конечный элемент SOLID226. Геометрия, расположение узлов и система координат данного элемента показаны на рисунке 2.

Для реализации эффекта различного деформирования материала при растяжении и сжатии в программном комплексе ANSYS в работе [6] использована опция TB,EXPE (таблицы экспериментальных данных) [5]. Данная опция позволяет осуществить ввод диаграмм деформирования материала ( $\varepsilon$ - $\sigma$ ) численно, задав значения деформаций и

соответствующих напряжений. Например, по экспериментальным данным для одноосного растяжения и одноосного сжатия материала.

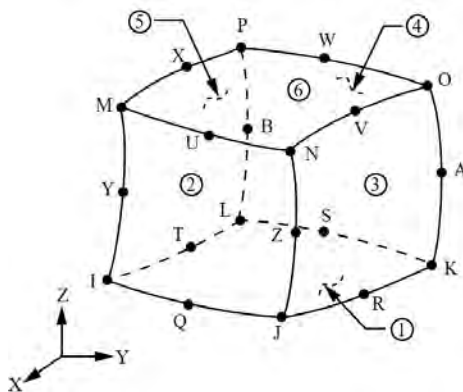


Рис. 2. КЭ в форме параллелепипеда с 20 узлами

Верификация опции ANSYS, позволяющей учесть эффект различной нелинейной работы материала при растяжении и сжатии, по программе на базе объемных конечных элементов в форме тетраэдра [3], разработанной на основе теории [1, 2], позволит распространить применение указанного программного комплекса и учёт усложнённых свойств материалов, чувствительных к виду напряжённого состояния, на другие элементы конструкций.

#### Библиографический список

1. Матченко, Н.М. Теория деформирования разнородных материалов. Определяющие соотношения / Н.М. Матченко, А.А. Трещев. – Тула: ТулГУ, 2000. – 149 с.
2. Матченко, Н.М. Теория деформирования разнородных материалов. Прикладные задачи теории упругости / Н.М. Матченко, А.А. Трещев // Прикладные задачи теории упругости. – М.; Тула: РААСН; ТулГУ, 2004. – 211 с.
3. Делягин М.Ю. Связанные термомеханические задачи для оболочечных конструкций из нелинейных материалов: дис. канд. техн. наук: 01.02.04. – ТулГУ, Тула, 2015 – 200 с.
4. Чигинский Д.С. Связанная задача термоупругости для тонких пластин из изотропных разнородных материалов: дис. канд. техн. наук: 01.02.04. – ТулГУ, Тула, 2012 – 182 с.
5. Ansys Inc. Documentation for Release 2021 R1.
6. Петровичев, Е. Е. Результаты решения связанной нестационарной задачи термомеханического изгиба тонкой прямоугольной пластины из изотропного разнородного материала методом конечных элементов / Е. Е. Петровичев, Д. С. Чигинский // Сборник материалов XXIII МНТК «Актуальные проблемы строительства и



УДК 624.154-428

## **СПЕЦИФИКА РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ВИНТОВЫХ СВАЙ ПЕРЕОДИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ**

**Прокопов А.Ю., Акопян В.Ф., Акопян А.Ф., Бергер И.А.**

*Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

*Сваи, в процессе устройства и эксплуатации воспринимают ряд внутренних силовых воздействий. Работа свай на действие срезающей поперечной силы вызывает особый интерес. В нормативной документации указано, что при расчете сложносоставных сечений необходимо учитывать только основную часть, окружающие же участки отбрасываются. Целью исследования является обоснование необходимости учета всей площади сечения посредством как численного моделирования методом конечных элементов, так и методами аналитических расчетов и натурных экспериментов.*

*Ключевые слова: Стержневая конструкция, свая, поперечное сечение, поперечное армирование, касательные напряжения, деформации.*

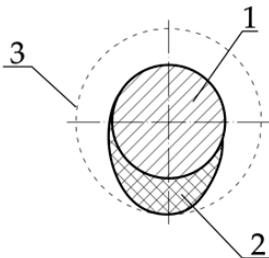
Активное развитие строительной отрасли приводит к появлению инженерных решений повышенной сложности. Конструкции работают на пределе своих возможностей. Инженеры-строители стараются наиболее полно использовать возможности материалов.

Конструкция сваи воспринимает как осевые нагрузки, так и изгибающие моменты и поперечные силы. Работа железобетонной сваи на осевое сжатие и изгиб происходит за счет поперечного сечения бетона и продольных арматурных стержней. Восприятие поперечной срезающей силы происходит за счет наклонных сечений бетона и поперечных арматурных стержней навивки или хомутов.

В действующих нормативных документах описан порядок расчета поперечной арматуры на действие поперечной срезающей нагрузки. Приведен алгоритм подбора поперечной арматуры для прямо-

угольного сечения. Однако нет четкого описания того, как определять требуемую площадь поперечного армирования для сечений, отличных от прямоугольных.

В настоящее время активно разрабатываются винтовые железобетонные сваи. Они обладают положительными свойствами как свай вытеснения (забивные и вдавливаемые), так и буровых свай. Исследуемые винтовые железобетонные сваи имеют достаточно сложное поперечное сечение её ствола (рис. 1).



**Рис.1. – Поперечное сечение винтовой железобетонной сваи,**

1 – ствол сваи; 2 – резьба, попадающая в плоскость сечения; 3 – контур наружной грани резьбы, не попавшей в плоскость сечения

Требуемое поперечное армирование выполняется в виде навивки различных видов стальной проволоки, а также каната. Продольное армирование – от 6-ти арматурных стержней стандартной стали А500С. Бетон, применяемый в данных конструкциях – классом не менее В25.

Было принято решение о необходимости провести детальное исследование влияния формы поперечного сечения на распределение внутренних силовых факторов. Подобные исследования проводились рядом авторов [1, 2]. В инженерной практике специалистам приходится выполнять расчеты с учетом только прямоугольного поперечного сечения. Недочет сложной формы сечения приводит к запасу прочности конструкций. На примере поперечного сечения винтовой железобетонной сваи видно, что сечение резьбы достаточно велико относительно сечения ствола сваи и его следует учитывать при расчете на поперечную сдвигающую силу. Однако с применением аппарата метода конечных элементов данной конфигурации чрезвычайно трудоемко, поэтому было принято решение упростить исследуемую модель до прямоугольного и таврового поперечного сечения. Полученные результаты аналитического расчета, численного моделирования и натурального эксперимента сопоставимы, что дает право экстраполировать их



на более сложные округлые сечения. Таким образом будут отброшены факторы, способствующие появлению случайных ошибок. Получение геометрических характеристик фигуры 2, показанной на рисунке 1 – достаточно сложный процесс интегральных вычислений. К указанным геометрическим характеристикам относятся площадь сечения, координаты центра тяжести, моменты инерции, статические моменты и прочие.

Основной целью работы является установление факта влияния формы поперечного сечения на распределение внутренних силовых факторов [3].

В процессе проведения эксперимента были созданы численные модели и изготовлены модели стержневых железобетонных элементов прямоугольного и таврового сечения. На них действуют поперечная сила и изгибающий момент. Материал балок – бетон класса В25. Армирование представлено только продольной арматурой для восприятия нормальных напряжений от изгибающих моментов. Для чистоты эксперимента по определению влияния формы бетонной конструкции на воспринимаемую поперечную силу принято решение поперечное армирование не использовать. В таком случае всю поперечную силу будет воспринимать наклонное сечение бетона.

Для численного моделирования используется математический аппарат метода конечных элементов в реализации лицензионного сертифицированного программного комплекса Лира софт 10.12 релиз 2. Прочность материалов, примененных в натурном эксперименте, определялась путем испытаний в лаборатории разрушающими методами.

Для аналитического расчета работы сечения на действие внутренних поперечных сил применен метод сечений. Рассчитываемый стержневой элемент отсекается на произвольном расстоянии от края. Остаток стержня отбрасывается, а его действие заменяется группой внутренних силовых факторов:

$N$  - продольная сила;  $Q$  — боковая сила;  $M$  – изгибающий момент.

Сумма всех внешних сил компенсируется суммой всех соответствующих внутренних сил. Таким образом, система остается сбалансированной (статичной).

Согласно [4] расчет изгибаемых элементов по наклонному сечению производят по уравнению:

$$Q < Q_b + Q_{sw},$$

где  $Q$  - поперечная сила в наклонном сечении с длиной проекции на продольную ось элемента, определяемая от всех внешних сил, расположенных по одну сторону рассматриваемого наклонного сече-

ния; при этом учитывается наиболее опасная нагрузка в пределах наклонного участка;

- поперечная сила  $Q_b$ , воспринимаемая бетоном в наклонном сечении;

- поперечная сила  $Q_{sw}$ , воспринимаемая поперечной арматурой в наклонном сечении.

Расчет проводится для ряда наклонных участков, расположенных по длине элемента с наиболее опасной длиной проекции наклонного участка. Как показано на рисунке 2, длину исследуемого участка принимают не менее  $1,0h_0$  и не более  $2,0h_0$ , где  $h_0$  - рабочая высота стержневого элемента [5-7].

Однако, для чистоты эксперимента, цель которого – уточнение влияния бетона сечения на восприятие поперечной силы принято решение не применять поперечное армирование. Таким образом,  $Q_{sw} = 0$ . Продольное армирование применено для восприятия изгибающего момента. Разрушение коротких стержней должно происходить по наклонным сечениям от действия поперечной силы.

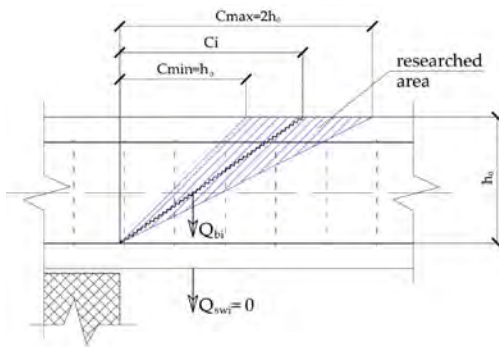


Рис.2. – Границы применения расчетной схемы

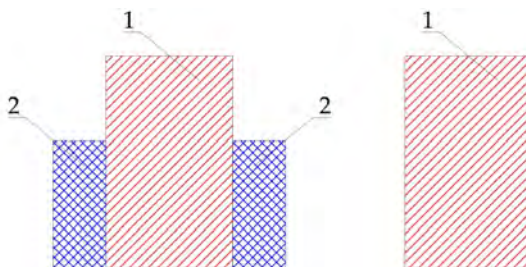
Сила , воспринимаемая бетоном сечения  $Q_b$  определяется по формуле:

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2} R_{br} b \cdot h_0^2}{s}$$

где  $\varphi_{b2}$  - коэффициент, принимаемый равный 1.5,  $R_{br}$  - расчетное сопротивление бетона растяжению.

Поскольку  $Q_{sw}$  зависит от количества арматурных стержней в сечении, определить его значение не представляется проблемным. Рассмотрим параметр  $Q_b$  подробнее. Исследуемый вопрос звучит так: ка-

ким образом влияет форма сечения на величину воспринимаемой им поперечной силы. Согласно СП 63.13330 [4] в тавровом сечении жесткость полок не учитывается. То есть нормативный документ «видит» это сечение прямоугольным. Поэтому оба сечения, изображенные на рисунке 3 эквивалентны между собой [8].



**Рис.3. – Области сечения, принимаемы в расчете, где:**

1 – участок, учитываемый в расчете, согласно [4], 2 - участок, не учитываемый в расчете

Эта неопределенность приводит к отсутствию четкого описания, при каких размерах полок (поз. 2 на рисунке 3) их следует учитывать, а при каких – нет. Размеры полок могут быть значительными и приближаться к размерам основного ребра сечения. Учет их жесткости приведет к уточнению значения поперечной силы, воспринимаемой бетоном сечения.

При сечении 300x500 мм, защитном слое бетона 50 мм, и классе бетона В25,  $Q_b$  равно:

$$Q_b = \frac{1,5 \cdot 1050 \cdot 0,30 \cdot 0,45^2}{0,45} = 213 \text{ кН}$$

Гипотеза, выдвигаемая в рамках данного исследования следующая:

Доля поперечной силы, воспринимаемой полками в поперечном сечении пропорциональна соотношению моментов инерции основного ребра к моментам инерции полок.

Таким образом соотношение поперечной силы, воспринимаемой бетоном таврового сечения, к прямоугольному сечению равно соотношению главных центральных моментов инерции. Для проверки данной гипотезы выполним расчет численными методами.

Схема конструкции представлена в виде трех элементов. Узлы этих стержней кинематически объединены по перемещениям по оси Oz. Опоры - шарнирно-подвижные и шарнирно-неподвижные.

Нагрузка на расчетную модель представлена в двух вариантах. Первая — это равномерно распределенная нагрузка, равная 0,5 кН/м, которая передается на полки. Второй вариант нагружения – передача нагрузки равной 1 кН/м на ребро.

Так как центры тяжести поперечного сечения полок находятся ниже центра тяжести основного ребра, добавлена абсолютно жесткая вставка – сдвиг сечения полок, что значительно сказывается на моменте инерции относительно центра тяжести общего сечения

Распределение внутренних поперечных усилий в зависимости от расчетной схемы. Результаты расчета сведены в таблицу 1. Подтверждение наиболее точного результата получено посредством натурального маломасштабного эксперимента.

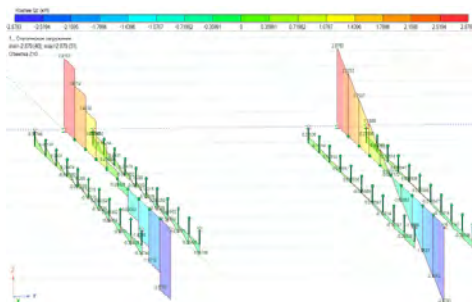


Рис.4 – Поперечная сила, возникающая в вертикальном ребре и полках

Таблица 1

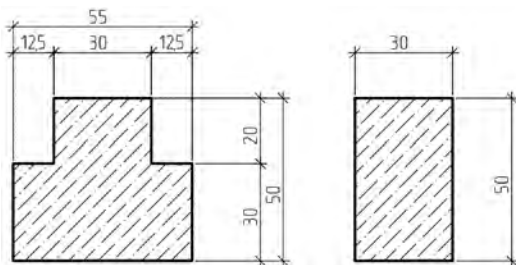
Сводная таблица результатов расчета

№ п/п	Элемент	Осевой момент инерции, см <sup>4</sup>	Доля в суммарном моменте инерции всего сечения	Поперечная сила согласно схеме нагружения №1, кН	Доля от суммарной поперечной силы, на всё сечение	Поперечная сила согласно схеме нагружения №2, кН	Доля от суммарной поперечной силы, на всё сечение
1	Ребро	312500	0.85	2.62	0.78	2.88	0.86
2	Полки	56250	0.15	0.74	0.22	0.48	0.14

Согласно результатам видно, что соотношение моментов инерции и воспринимаемых поперечных сил равно при загрузке на главное ребро. Соотношение сил равно 85 к 15 и 86 к 14 долей единицы.

Исходя из численного эксперимента выполнен маломасштабный натуральный эксперимент. Для этого были изготовлены модели балок (рис. 5). Длина балок – 200 мм. Класс бетона В25. Армирование у нижней грани - 2 стержня диаметром 4 мм. Армирование у нижней

границы - 2 стержня диаметром 2 мм. Армирование поперечное – отсутствует.



**Рис. 5. Исследуемые поперечные сечения стержневых элементов. Размеры указаны в мм.**

Испытания проведены в лаборатории ООО «Донская строительная лаборатория» на оборудовании Matest, позволяющем проводить тонкую регулировку наращивания нагрузки.

В результате испытаний представлены в таблице 3.

**Таблица 3**

**Сводная таблица результатов натуральных испытаний**

№ п/п	Вид элемента	Усилие разрушения, кН	Опорная реакция при разрушении, кН	Среднее значение опорной реакции при разрушении, кН	Доля от суммарной поперечной силы, на всё сечение
1	R1	-	-	3,469	0,83
2	R2	6.15	3.075		
3	R3	7.15	3.575		
4	R4	7.1	3.55		
5	R5	7.35	3.675		
6	T1	7.61	3.805	4.058	1,0
7	T2	9.41	4.705		
8	T3	7.45	3.725		
9	T4	8.58	4.29		
10	T5	7.53	3.765		

Как видно из результатов, между основным ребром и полками есть распределение поперечной силы, близкое к отношению осевых моментов инерции ребра и полок. Также можно увидеть изменение распределения усилий в зависимости от вида нагружения - на ребро или на полки [9,10].

Натурные эксперименты доказали влияние работы полков на восприятие поперечной силы всем сечением. Распределение произошло в соотношении 83 % - на ребро, 17% на полки. Эти значения показывают сходимость с результатами численного моделирования, при котором распределение было следующим: 86 % - на ребро, 14% на полки. Расхождение численного моделирования и натурального эксперимента составляет 3%.

Таким образом, при расчете винтовых железобетонных свай необходимо учитывать полное сечение бетона с учетом, попадающие в плоскость сечения участки резьбы. Данный факт позволяет более эффективно использовать такой ресурсоемкий элемент как бетон строительных конструкций.

**Библиографический список:**

1. Prokopov, A. *Foundation Deformations Modeling in Underworking and Hydroactivated Rocks* / A. Prokopov, P. Dolzhikov, V. Akopyan. // *Advances in Intelligent Systems and Computing*, EMMFT 2017. Vol. 692. Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1\\_69](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_69).

2. Dolzhikov, P. *Investigations of the regularity of the formation of a dip over the mine* / P. Dolzhikov, A. Prokopov, M. Prokopova, N. Hamidullina // *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 196. Article 03008. (XXVII R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering) URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819603008>

3. Meskhi, B.Ch., Pleshko, M.S., Voinov, I.V., Caixao, J.J.Z. *Safe operation of transportation tunnels based on predictive modeling of active geomechanical processes*. // *Mining Information and Analytical Bulletin* 2020. – Vol. 8. – Pp. 86-96 DOI: 10.25018/0236-1493-2020-8-0-86-96

4. SP 63.13330.2018 *Concrete and reinforced concrete structures. General provisions*. Available online: <https://docs.cntd.ru/document/554403082> (accessed on 16 May 2022).

5. P. Dolzhikov, N. Hamidullina *Investigations of the regularity of the formation of a dip over the mine (Исследования закономерностей формирования провала над горной выработкой)* // *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 196. Article 03008. (XXVII R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering) URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819603008>

6. Shapovalov, V.L., Morozov, A.V., Vasilchenko, A.A., Okost, M.V., Yavna, V.A. *GPR calibration for determining the electrophysical properties of soil structural layers* // *Engineering and Mining Geophysics* 2020 DOI: 10.3997/2214-4609.202051118

7. A.Y., Sychev, I.V., Revyakin, A.A., Soboleva, O.N. *Experimental studies of the reinforcement percentage effect on the modulus of soil deformation fixed by cementation. Экспериментальные исследования влияния процента армирования на модуль деформации грунта, фиксируемый цементацией* // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 2020/ DOI: 10.1088/1757-899X/913/2/022065

8. S.A. Solop, I.A. Kolobov *The design model of the electrical conductivity of a poroelastic thrust bearing* // *Materials Science and Engineering* 560 (2019) 012033 IOP Publishing doi: 10.1088/1757-899X/560/1/012033

9. Mukutadze, M.A., Opatskikh, A.N., Morozova, A.V., Zadorozhnaya, N.S. *Mathematical model of wedge-shaped sliding support with low melting metal coated guide for partially filled working gap*. // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* DOI: 10.1088/1757-899X/941/1/012064

10. Shapovalov, V.L., Morozov, A.V., Vasilchenko, A.A., Okost, M.V., Yavna, V.A. GPR calibration for determining the electrophysical properties of soil structural layers// *Engineering and Mining Geophysics* 2020  
DOI:10.3997/2214-4609.202051118



УДК 539.42, 539.375.5, 69.058.8

## **ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ РАЗРУШЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ЗДАНИЯ ОТ АВАРИЙНОГО ВЗРЫВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**Теличко В.Г., Куриен Н.С.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Значительный интерес для механики конструкций и их элементов представляет решение задачи об определении напряженно-деформированного состояния сооружений под действием кратковременных динамических воздействий в форме внешних взрывных воздействий и предотвращении их последствий в форме прогрессирующего разрушения. В работе рассмотрены основные параметры модели Karagozian & Case Concrete для высокоскоростного деформирования бетона.*

*Ключевые слова: железобетонный каркас, бетон, прогрессирующее разрушение, разрушение, метод конечных элементов, прочность, высокоскоростное деформирование, взрывное воздействие.*

В представленной работе рассматривается задача об определении напряженно-деформированного состояния пространственного каркаса железобетонного здания под действием кратковременного воздействия в форме взрыва в ближней зоне, проводится анализ предела стойкости здания к прогрессирующему разрушению.

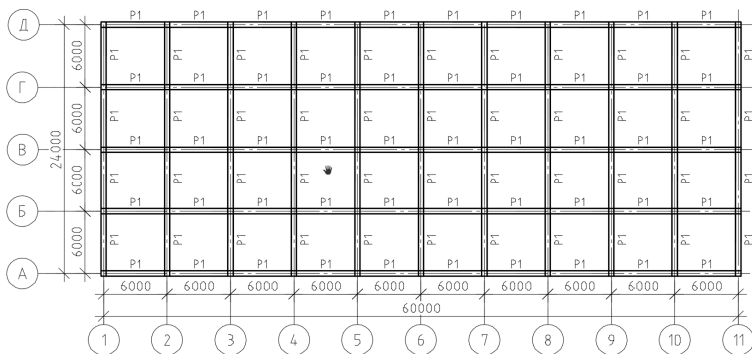
Компоновка модельного каркаса здания производится в соответствии с рекомендациями [1, 3]. Несущая система здания устраивается в виде рамного каркаса с ригелями, расположенными в двух направлениях и сборными перекрытиями (рис. 1). Материал конструкций: бетон В45, продольная арматура принимается класса А500, поперечная А240. Привязка средних колонн - центральная. Стеновые панели толщиной 300 мм. Колонны сечением 500х500 мм, ригели 400х600 мм.

Для учёта собственного веса конструкций в расчётной схеме задаются соответствующие сечения элементов и плотности материалов.

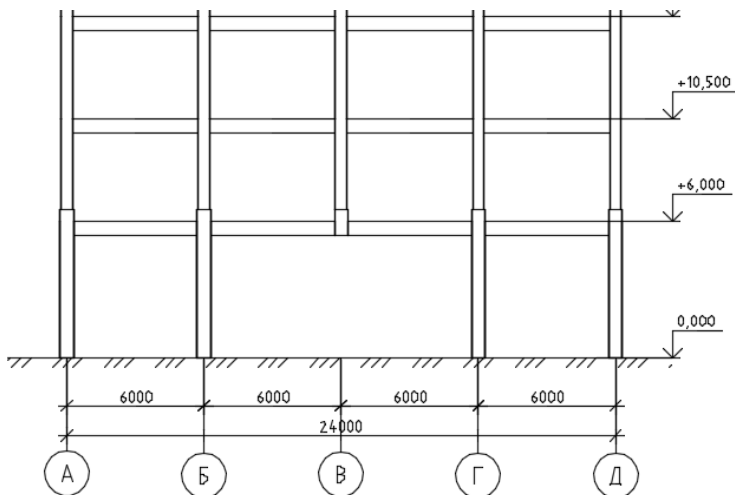
В соответствии с п. 6 СП 385.1325800.2018 расчет здания на прогрессирующее обрушение выполняется на сочетание длительных нормативных нагрузок :

- нагрузка на все этажи, кроме последнего, без учета собственного веса несущих конструкций:  $P_{п, \text{соб.вес. пер.}} + P_{п, \text{врем}} = 3,35 + 3,5 = 6,85$  кПа;

- нагрузка на последний этаж, без учета собственного веса несущих конструкций:  $P_{п, \text{соб.вес. пок.}} + P_{п, \text{снег}} = 4,2 + 0,75 = 4,95$  кПа.



**Рис. 1. План перекрытия**



**Рис. 2. Поперечный разрез**



Нагрузки прикладываются на ригели параллельные цифровым осям в соответствии с их грузовыми площадями.

В стержневых конечно-элементных моделях при линейном и нелинейном расчете процесс разрушения колонны взрывом заменяется удалением колонны.

В конечно-элементной модели в программном комплексе LS-DYNA процесс разрушения колонны моделируется непосредственно взрывным воздействием. Нагрузка от взрывного воздействия вычисляется по методике CONWEP, изложенной в работах [1].

Решение статической задачи в стержневой линейной постановке проводилось в соответствии с СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения». В п. 8.1 излагается методика расчета здания или сооружения на прогрессирующее обрушение в статической постановке. Расчетный анализ включает в себя следующие процедуры:

- по принятой на начальном этапе первичной расчетной схеме определяется напряженно-деформированное состояние в элементах конструктивной системы при условии нормальной эксплуатации;

- для перехода к вторичным расчетным схемам в первичной расчетной схеме поочередно выключается один из вертикальных или горизонтальных несущих элементов;

- проводят расчет вторичных расчетных схем и определяют напряженно-деформированное состояние в элементах, возникающее при локальном разрушении;

- проводят критериальную проверку несущей способности и деформативности элементов конструктивной системы для особого предельного состояния конструкций.

Основные физические параметры принятых материалов: материал стержней бетон В45, модуль упругости бетона  $E = 37474200$  кН/м<sup>2</sup>.

Решение статической задачи в стержневой физически нелинейной постановке. Методика расчета и сбор нагрузок такие же, как и для линейного расчета [1]. Для определения предельной несущей способности предельная нагрузка при статическом расчете увеличивается вплоть до разрушения (геометрической изменяемости). Доля приложения нагрузки показывает, какая часть от нагрузки, используемой при линейном расчете, приложена к схеме в текущем деформированном состоянии.

Армирование ригелей и колонн принимается по результатам линейного расчета. Для учета физической нелинейности работы мате-

риала поперечные сечения балок и колонн разбивается на отдельные элементы, фибры [6].

Физическая нелинейность бетона В45 учитывается с помощью диаграммы Прандтля [4] с пределом текучести, равным нормативному сопротивлению бетона на сжатие, и предельными пластическими деформациями  $\epsilon_{b2}$  согласно СП 385.1325800.2018.

Физическая нелинейность арматуры А500 учитывается с помощью диаграммы Прандтля с пределом текучести, равным нормативному сопротивлению стали на сжатие/растяжение, и предельными пластическими деформациями  $\epsilon_{s2}$ .

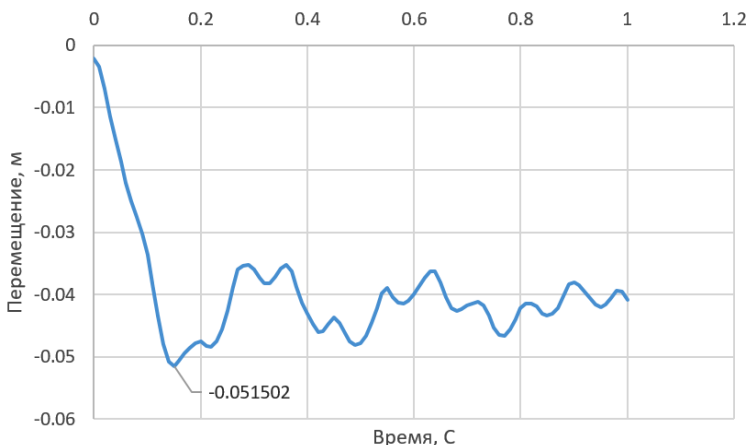


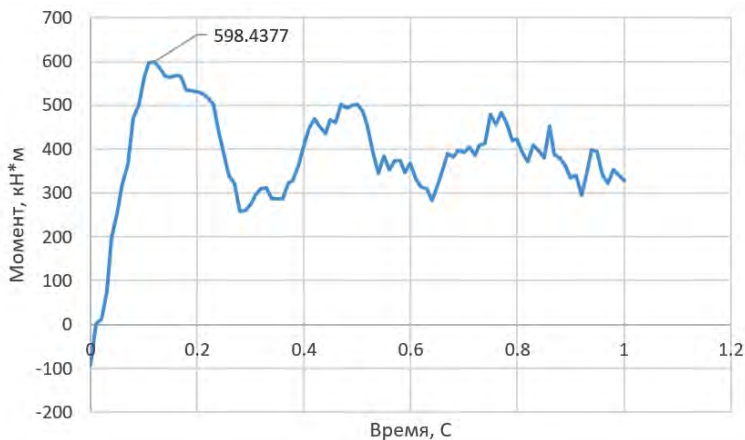
Рис. 3. Зависимость перемещения по вертикали от времени, м

Решение динамической задачи в стержневой физически нелинейной постановке. В СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения» в п. 8.3 излагается методика расчета здания или сооружения на прогрессирующее обрушение в динамической постановке.

Динамический расчет выполняется с учетом возможного проявления эффектов физической и геометрической нелинейности. Параметры демпфирования для материалов конструкций принимаются по логарифмическим декрементам колебаний, приведенным в СП 20.13330. Параметры материалов принимались как в предыдущих вариантах расчета, некоторые результаты расчета представлены на рис.3 и рис. 4.

Решение задачи в объемной конечно-элементной постановке в программе LS-DYNA. Каркас представлен в виде трехмерной модели из объемных (бетон) и стержневых (армирование) конечных элементов. Размер бетонного конечного элемента 100x100x100 мм. Размер конечных элементов принят из оптимальных условий сходимости и точности получаемых результатов. Физическая нелинейность деформирования арматуры типа А500 учитывается, как и ранее [4].

Для описания нелинейного поведения бетона в условиях больших скоростей деформации и давления существует множество моделей материала. При этом критериями выбора модели являются учет скорости деформации в условии динамического нагружения, наличие в модели механизма разрушения и минимальный набор входных параметров. Таким требованиям соответствуют модель Karagozian&Case (K&C).



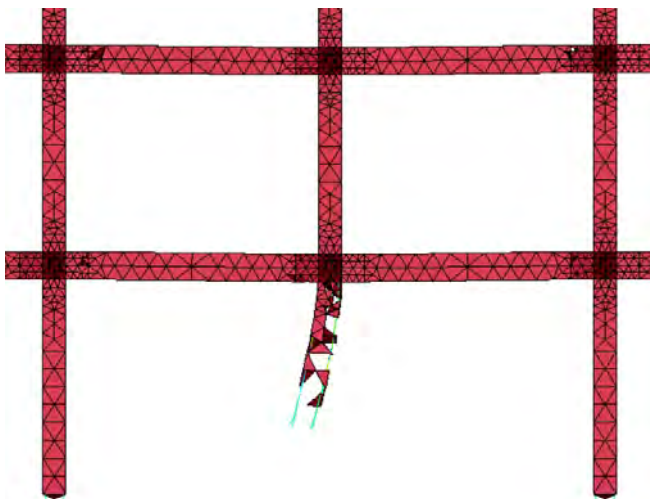
**Рис. 4.** Зависимость изгибающего момента от времени, кН\*м

Конечно-элементная модель в LS-DYNA аналогична рис. 1-2, где элементы каркаса разбиты на объемные конечные элементы [4, 5].

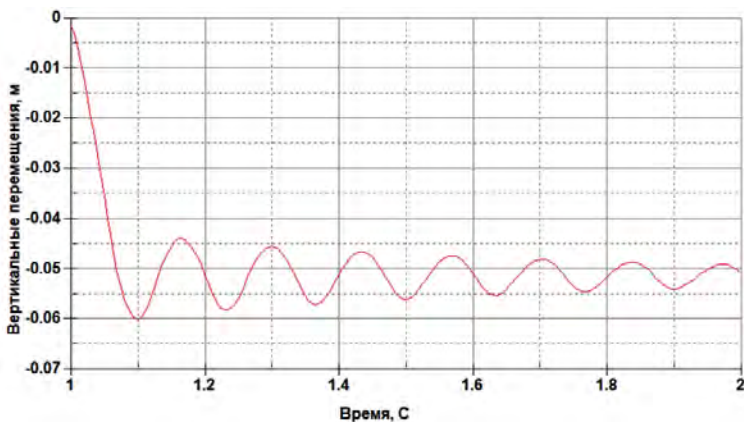
Инициатор процесса прогрессирующего обрушения – взрыв конденсированного взрывчатого вещества. Вес взрывчатого вещества в тротиловом эквиваленте – 50 кг. Математическая модель детонации взрывчатого вещества CONWEP.

В результате проведенного численного анализа был рассмотрен процесс разрушения колонны в динамической нелинейной постановке и проведен анализ процесса прогрессирующего разрушения всей конструкции. На рис. 5 показан фрагмент деформированного и повреж-

денного каркаса здания непосредственно в момент после взрыва, рядом с местом детонации взрывчатого вещества.. На рис. 6, по аналогии с рис. 4 и 5, показаны: зависимость перемещений по вертикали от времени.



**Рис. 5.** Общий вид конструкции узла каркаса и конструктивная схема



**Рис. 6.** Общий вид конструкции узла каркаса и конструктивная схема

Выводы. По результатам проведенного моделирования можно сделать следующие выводы: 1) статический линейный подход – самый

консервативный вариант решения, фактически несущая способность каркаса значительно выше, чем расчетное значение (результаты расчета по допустимой нагрузке значительно занижены [1, 7]); 2) статический нелинейный подход – игнорирование динамических эффектов дает неадекватно большое значение предельной нагрузки, что может привести к прогрессирующему разрушению при реальной работе здания; 3) динамический нелинейный подход – решение динамической задачи в стержневой постановке дает достаточно точные результаты, однако игнорирование динамических эффектов упрочнения материалов [2] не позволяет полностью реализовать потенциал несущей способности каркаса; 4) динамический нелинейный подход с использованием объемных элементов – решение динамической задачи с эффектами динамического упрочнения материалов с применением современной модели высокоскоростного деформирования бетона позволяет максимально эффективно учитывать работу материалов. В целом указанные выводы согласуются с уже проведенными.

Анализируя вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что решение задачи обеспечения безопасности многоэтажных монолитных железобетонных зданий наиболее эффективно проводить с использованием объемных конечных элементов и дискретной арматуры.

#### **Библиографический список**

1. *Динамическое разрушение железобетонных композиционных конструкций: монография / Г.М. Журавлев [и др.]*. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. – 180 с.
2. Федорова Н.В., Кореньков П.А., Ву Н.Т. Методика экспериментальных исследований деформирования монолитных железобетонных каркасов зданий при аварийных воздействиях // *Строительство и реконструкция*. – 2018. – Т. 4. – № 78. – С.42–52.
3. Ключева Н.В., Емельянов С.Г., Колчунов В.И. Концептуально-методологические подходы к оценке живучести железобетонных конструкций с учетом физических моделей сопротивления // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. Строительство и архитектура*. – 2013. – № 31–2. – С. 46–51.
4. *Применение высокоскоростных моделей деформирования для моделирования процесса разрушения композиционных конструкций / Г.М. Журавлев [и др.] // Алгебра, теория чисел и дискретная геометрия: современные проблемы, приложения и проблемы истории // Материалы XVIII Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессоров Б.М. Бредихина, В.И. Нечаева и С.Б. Стечкина*. – Тула, 2020. – С. 349–352.
5. *Математическое моделирование разрушения элементов строительных конструкций под действием динамической нагрузки / Г.М. Журавлев [и др.] // Чебышевский сборник*. – Тула, 2019. – №4(72). – С. 372–386.
6. Володин Г.Т., Новиков А.С. Гарантированное разрушение открытой цилиндрической оболочки взрывом неконтактных зарядов конденсированных ВВ // *Известия РАН*. – 2013. – Вып. 4. – С. 56–62.
7. Ключева Н.В., Колчунов В.И., Ветрова О.А. Экспериментально-теоретические исследования эволюционно и внезапно повреждаемых железобетонных рамных конструк-

*ций // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2006. – № 1. – С.42–52.*



УДК 624.138

## **ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Жур В.Н., Невмывака Т.П.**

*Донской государственный технический университет,  
г.Ростов-на-Дону, Россия*

*Описываются характерные свойства просадочных грунтов, специфичные для геологических условий Ростовской области. Приведены наиболее эффективные методы проведения земляных работ для обеспечения надежности просадочного основания.*

*Ключевые слова: лессовые грунты, просадочность, структуризация породы, просадочный грунт, замачивание грунтов.*

Просадочность – это локальные процессы вертикальной деформации грунтов, характеризующиеся резким нарушением структуры породы, что сопровождается полной или частичной потерей сопротивления нарушенных масс грунта, а при условии избыточного увлажнения происходит выдавливание грунта в стороны.

Классификационные критерии лессовых грунтов:

- содержание пылеватых частиц размером 0,05–0,005 мм более 50% по массе, при содержании частиц размером меньше 0,005 мм, как правило, не более 10–15%;

- число пластичности  $I_p$  не более 12%;

- плотность скелета грунта  $\gamma_d$  не более 1,50 г/см<sup>3</sup>;

- повышенная пористость  $n$  больше 45% и наличие вертикальных корнеходов;

- на поперечном срезе грунта наблюдаются макропоры размером до 1 мм;

- засоленность, обусловленная содержанием карбонатов в виде отдельных агрегатов размерами от 5 до 20 мм;

- природная влажность  $W$  не более 20%;

- цикличность строения структуры толщ;
- лёссовые породы в маловлажном состоянии (при  $Sr < 0,8$ ) способны держать вертикальные откосы.

При новом строительстве проблема просадочных грунтов, которые не могут служить надежным основанием зданий и сооружений, решается в трех основных направлениях:

- извлечением просадочных грунтов на полную мощность или большую часть слоя с заложением фундаментов ниже просадочных грунтов и устройством подземной части здания, используемой в качестве подземных парковок, технических этажей и др.;

- проектированием свайных фундаментов с «прорезкой» всей толщи просадочных грунтов и опиранием пяты свай на непросадочные слои;

- ликвидацией до начала строительства просадочных свойств грунтов методами замачивания, устройства грунтовых свай, закрепления инъектированием составов, армирования и др.

Такой подход в проектировании стал возможен благодаря достигнутым успехам в исследовании свойств просадочных грунтов, которые выполнялись в 60–80-х гг. XX в. известными отечественными учеными: Е.М. Сергеев, В.П. Ананьев, Ю.М. Абелев, В.И. Крутов, Е.А. Сорочан, З.Г. Тер-Мартirosян, Я.Д. Гильман, В.Т. Трофимов и др. [4]

По типу грунтовых условий просадочные грунты разделяются на 2 типа:

- грунты I типа просадочности, когда просадка происходит в основном в пределах деформируемой зоны основания от давления фундамента или другого вида внешней нагрузки, а просадка от собственного веса грунта отсутствует или не превышает 5 см;

- грунты II типа просадочности, когда просадка возникает от собственного веса грунта просадочной толщи (в основном в нижней ее части) и ее величина превышает 5 см.

В зависимости от типа просадочности, предусматривается устройство и различных типов фундаментов и мероприятий по предотвращению просадок на участках предполагаемого строительства.

На участках с типом I допускается использовать лёссовые породы, в качестве естественного основания с давлением от сооружения, не превышающем начальное просадочное давление. При сохранении природного строения и состояния лёссы представляют собой достаточно надежное естественное основание для большинства сооружений.

Для участков, сложенных грунтами II типа, при возможности замачивания грунтов и развития недопустимых просадок, часто прово-

дят защитные и предупредительные мероприятия, подразделяющиеся на три основные группы:

1. Водозащитные мероприятия, предусматривающие планировку строительных площадок для отвода поверхностных вод, предохранение зданий от утечек воды из водопроводов, гидроизоляцию поверхности земли, устройство водонепроницаемых полов, отмопок и т. п.

2. Конструктивные мероприятия, рассчитанные на приспособление конструкций к возможным неравномерным осадкам, как например повышение жесткости стен и прочности стыков, армирование зданий поясами, применение свайных, а также более широких фундаментов с целью уменьшения давления на грунт и т. д.

3. Мероприятия, устраняющие просадочность лёссов, предусматривают улучшение свойств грунтов: а) с применением механических методов (утрамбовка грунта, предварительное замачивание и т.п.); б) с использованием физических, физико-химических и химических способов улучшения и закрепления.

Механические методы включают в себя поверхностное и глубинное уплотнение. Поверхностное уплотнение производят замачиванием котлованов под действием собственного веса грунта или веса сооружения, либо трамбовкой. Глубинное уплотнение толщ производят при помощи грунтовых свай (известняковых и песчаных), взрывов в скважинах, замачиванием через скважины с последующим взрывом под водой и т.д. При улучшении и укреплении грунтов используют силикатизацию, электрообжиг, пропитку лёссов глинистыми и цементными растворами, обработку полимерами, а также укрепление грунта органическими веществами (битум, смолы и др.).

Выбор защитных мероприятий при строительстве на просадочных лёссовых грунтах должен производиться с учетом:

- вида возможного замачивания;
- типа грунтовых условий по просадочности;
- определения мощности просадочной толщи и расчетной величины просадки;
- конструктивных особенностей проектируемых зданий и сооружений;
- взаимосвязи проектируемых сооружений с соседними объектами и коммуникациями.

Так, при грунтовых условиях первого типа, мероприятия по устранению просадочности возможно проводить только в пределах верхней части просадочного слоя (не менее 2/3 его высоты), при усло-



вии, что возводимая конструкция рассчитана на возможные деформации.

Устранить влияние просадочности в таких условиях возможно правильным распределением на него нагрузки, при котором давление по подошве фундамента не будет превышать начального просадочного давления грунта на всех глубинах.

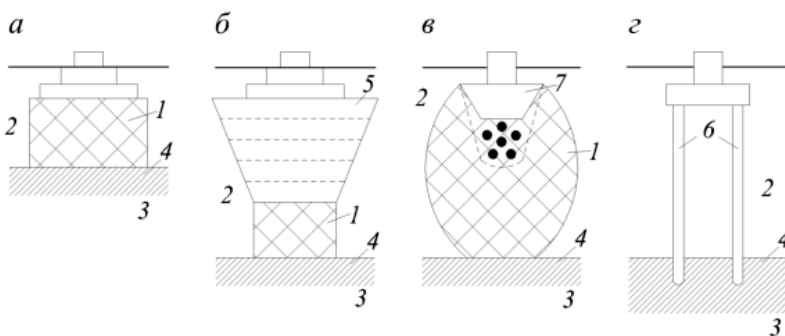
Из всего ряда мероприятий наиболее часто применяются следующие:

1) Уплотнение грунта тяжёлыми трамбовками, в результате которого в массиве грунта образуется уплотнённая зона толщиной от 1,5 до 6 м (рис. 1, а);

2) Устройство грунтовых подушек или сочетание уплотнения нижней части просадочной толщи с уплотненной грунтовой подушкой в верхней части (рис. 1, б);

3) Устройство набивных или забивных фундаментов в вытрамбованных котлованах, а также изготовление коротких набивных свай или забивка пирамидальных свай (рис. 1, в);

4) Прорезка просадочной толщи сваями и передача нагрузки на подстилающие грунты (рис. 1, г).



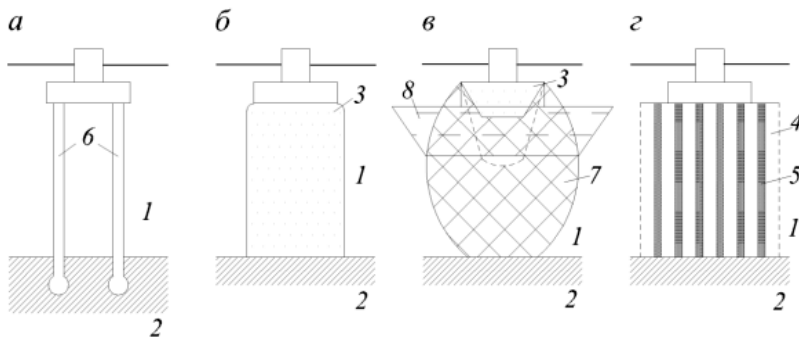
**Рис. 1.. Различные варианты устройства оснований и фундаментов в грунтовых условиях I типа просадочности:**

1 - уплотненный грунт; 2 - просадочный грунт; 3 - непросадочный грунт; 4 - нижняя граница просадочного грунта; 5 - грунтовая подушка, уплотненная послойно; 6 - сваи; 7 - набивной или забивной фундамент, пирамидальная короткая свая. [1]

В грунтовых условиях со вторым типом просадочности наиболее часто применяются следующие мероприятия:

1) Прорезка просадочной толщи сваями различного типа или глубокими фундаментами (рис. 2, а);

- 2) Закрепление грунтов химическими или термическими способами (рис.2, б);
- 3) Уплотнение грунтов предварительным замачиванием в сочетании с глубинными взрывами и уплотнение тяжелыми трамбовками (рис. 2, в);
- 4) Уплотнение грунтов грунтовыми сваями (рис. 2, г).



**Рис. 2. Различные варианты устройства оснований и фундаментов в грунтовых условиях II типа просадочности:**

- 1 - просадочный грунт; 2 - непросадочный грунт; 3 - закреплённый грунт; 4 – зона уплотнения грунта грунтовыми сваями; 5 – грунтовые сваи; 6 - сваи; 7 – уплотнённый грунт; 8 - грунт, уплотнённый тяжелыми трамбовками. [1]

В данной статье были охарактеризованы инженерно-геологические условия Ростовской области, сложенных лёссовыми грунтами. Приведены примеры наиболее распространенных и эффективных методов строительства земляных сооружений в условиях залегания просадочных грунтов в зависимости от типа грунтовых условий по просадочности, возможные для применения на рассматриваемой территории.

#### **Библиографический список:**

1. Инженерная геология России. Том 1. Грунты России: Под ред. В.Т. Трофимова, Е.А. Вознесенского, В.А. Королёва. М.: КДУ, 2011, 672 с.
2. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация.
3. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений: учеб. пособие. 3-е издание. Б. И. Далматов, В. Н. Бронин, А. В. Голли, В. Д. Карлов, Р. А. Мангушев, Н. Н. Морарескул, И. И. Сахаров, С. Н. Сотников, В. М. Улицкий, А. Б. Фадеев. СПб.: СПбГАСУ, 2006, 428 с.
4. Прокопова М.В., Прокопов А.Ю., Жур В.Н., Усиление просадочных грунтов под существующей застройкой г. Ростов-на-Дону // Труды Ростовского государственного унив



УДК 622.02

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ТИПОВОЙ АНКЕРНО-УГЛОВОЙ ОПОРЫ 110КВ С ПОМОЩЬЮ РОССИЙСКОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА STARK ES**

**Гордеев М.Н., Делягин М.Ю.***Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассматривается оптимизация и анализ напряженно-деформированного состояния анкерно-угловой двухцепной опоры воздушной линии электропередачи 110кВ с использованием российского программного комплекса Stark ES*

*Ключевые слова: опора ЛЭП, Stark ES, оптимизация, метод конечных элементов*

Действительная расчетная схема металлической решетчатой опоры башенного типа - это пространственная многостержневая многократно статически неопределимая сквозная система с жесткими узлами [11].

Расчет опоры ВЛ с учетом всех ее свойств, точных геометрических размеров, строгого взаимодействия элементов в узлах является нереализуемым на современном этапе из-за своей сложности. Поэтому при типовом проектировании пространственная конструкция опоры ВЛ, воспринимающая и передающая на фундаменты все нагрузки и воздействия, заменяется расчетными схемами и расчленяется на элементы - плоские фермы (рис. 1, а) [8-10].

Производится схематизация опоры, и отбрасываются второстепенные факторы, которые не влияют на достоверность и требуемую точность расчета. Данные операции приводят к погрешностям в определении усилий, которые при расчете стальных конструкций частично компенсируются приближенным учетом пространственной работы. Исследования действительной работы решетчатых опор башенного типа показали, что такое приближение приводит к очень небольшим погрешностям в величине нормальных сил, действующих в стержнях всей системы [9-11].

Расчетной схемой опоры башенного типа является упрощенная, идеализированная схема, которая отражает наиболее существенные особенности реальной опоры, определяющей ее поведение под нагрузкой. Так, общепринято пренебрегать жесткостью узлов при определении усилий, считая их шарнирными. В дальнейшем жесткость узлов учитывается при определении расчетных длин стержней опоры ВЛ. Подобное допущение значительно упрощает расчет [10, 11, 14-17, 19-

21]. Построение пространственной модели опоры ВЛ было выполнено в программном комплексе Stark ES (рис. 1, б).

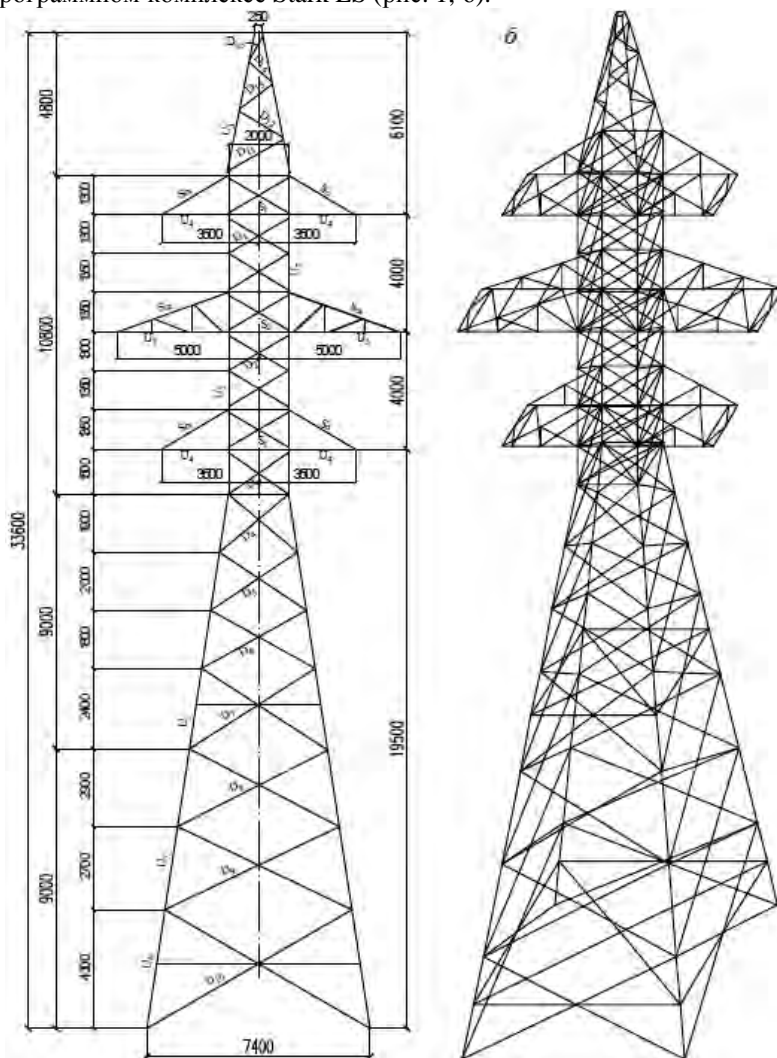


Рис. 1. Расчетная схема анкерно-угловой опоры ВЛ У110-2+9: а – геометрическая схема опоры; б – общий вид опоры

Для создания пространственной модели опоры были приняты следующие допущения: в расчетной схеме стержневой конструкции

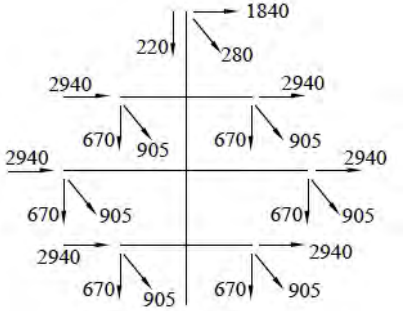
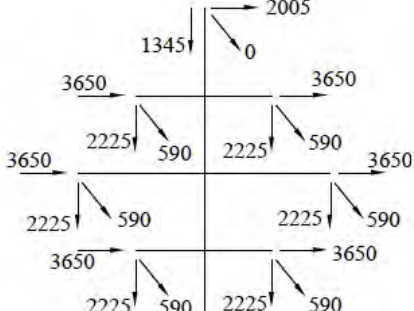
стержни заменялись их продольными осями, реальные опорные устройства заменялись идеальными опорными связями, собранные нагрузки с поверхности стержней переносились на оси [8, 15-18].

Расчет опоры У110-2+9 производится на нагрузки для 3-го ветрового района. Статическая составляющая, соответствующая установившемуся скоростному напору, принимается по [12, 13] равной  $q_0 = 0,5$  кПа. Суммарное давление ветра на конструкцию опоры  $P_{расч} = 6436$  кг.

Дальнейшая схематизация конструкции опоры состоит в определении ее расчетных размеров. По имеющимся генеральным размерам опоры в плоскости и из плоскости, габаритам сечений отдельных стержней опоры устанавливались все необходимые длины элементов, входящих в пространственную модель опоры.

**Таблица 1**

Схемы расчетных нагрузок на опору У110-2+9

№ п/п	Характеристика схем	Схема загрузки
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда Ветер направлен вдоль осей траверс $t = 5$ °С; $C = 0$ $q_{п}^H = 50$ кг/м <sup>2</sup> ; $q_{т}^H = 74$ кг/м <sup>2</sup> I район гололеда $a = 60$ ° Разность тяжений Провод АС-240/32, трос С-50	
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом Ветер направлен вдоль осей траверс $t = -5$ °С; $C = 20$ мм $q_{п}^H = 14$ кг/м <sup>2</sup> ; $q_{т}^H = 16,5$ кг/м <sup>2</sup> IV район гололеда $a = 50$ ° Разность тяжений Схема является расчетной для поясов ствола опоры	

<p>ПК</p>	<p>Опора концевая Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом Ветер направлен вдоль осей траверс <math>t = -5\text{ }^{\circ}\text{C}</math>; <math>C = 20\text{ мм}</math> <math>q_{\text{л}}^{\text{н}} = 14\text{ кг/м}^2</math>; <math>q_{\text{т}}^{\text{н}} = 16,5\text{ кг/м}^2</math> IV район гололеда <math>\alpha = 0^{\circ}</math> Схема является расчетной для тросостойки, поясов и раскосов траверс</p>	
<p>III</p>	<p>Оборван провод, дающий наибольший изгибающий и крутящий моменты на опору Трос не оборван <math>t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}</math>; <math>C = 0</math>; <math>q = 0</math> IV район гололеда <math>\alpha = 60^{\circ}</math>; <math>\alpha = 0^{\circ}</math> Схема является расчетной для раскосов ствола опоры, пояса траверсы</p>	

По результатам расчета выявляются максимальные усилия, возникающие в элементах опоры, производится их анализ и сравнение полученных результатов расчета с усилиями, определенными в типовой опоре У110-2+9.

Результатом оптимизации опоры У110-2+9 явилось снижение массы с 11,391 до 8,383 т, или на 35,9 %. Осуществлен переход с поясного уголка L180x11 на L 160x10 для 9-метровой подставки оптимальной опоры [6, 7].

Геометрические схемы разработанных оптимальных анкерно-угловых опор ВЛ 110 кВ представлены на рис. 2. Сравнение по массе типовых и оптимальных опор приведено в табл. 3.

**Таблица 2**

Сравнительный анализ усилий в типовой и оптимальной опорах У110-2+9

Часть опоры	Наименование элементов опоры	Обозначение элементов	Расчетные усилия сжатия $N$ , т		Изменение усилий		Сечения элементов опор	
			Тип.	Опт.	т	%	Тип.	Опт.
Нижняя секция	Пояс	V	53,4	54,78	+1,38	+2,5	└ 160x10	└ 60x10
	Раскос	D4	2,96	3,17	+0,21	+6,6	└ 70x6	└ 50x4
	Раскос	D5	2,25	2,11	-0,14	-6,2	└ 70x6	└ 50x4
	Раскос	D6	1,67	1,69	+0,02	+1,1	└ 70x6	└ 50x4
	Раскос	D7	1,46	1,32	-0,14	-9,5	└ 90x7	└ 50x4
	Раскос	D'4	3,21	3,53	+0,32	+9,1	└ 70x6	└ 50x4
	Раскос	D'5	2,40	2,55	+0,15	+5,9	└ 70x6	└ 50x4
	Раскос	D'6	1,80	1,81	+0,01	+0,5	└ 70x6	└ 50x4
Подставка ( $H = 9,0$ м)	Пояс	P	57,3	56,65	-0,65	-1,1	└ 180x11	└ 160x10
	Раскос	D8	1,06	1,09	+0,03	+2,8	└ 70x6	└ 60x5
	Раскос	D9	0,96	0,95	-0,01	-1,1	└ 70x6	└ 63x5
	Раскос	D10	0,88	0,79	-0,09	-10,2	└ 110x8	└ 70x5
	Раскос	D'8	1,13	1,05	-0,08	-7,1	└ 70x6	└ 60x5
	Раскос	D'9	1,03	0,98	-0,05	-4,8	└ 70x6	└ 63x5
	Раскос	D'10	0,97	0,69	-0,28	-28,8	└ 110x8	└ 70x5

**Таблица 3**

Сравнение масс типовых и оптимальных опор У110-2

№ п/п	Тип опоры	Масса опоры*		Экономия на 1 опору по сравнению с типовой	
		Типовая опора, КМ	Оптимальная опора, КМД	кг	%
1	У110-2	<u>7704</u>	<u>5676</u>	<u>2028</u>	<u>35,7</u>
		8002	5910	2092	35,4
2	У110-2+5	9717	7185	2532	35,2
		10095	7481	2614	34,9
3	У110-2+9	11391	8383	3008	35,9
		11834	8728	3106	35,6
4	У110-2+14	14643	10476	4176	39,8
		15212	10908	4304	39,5

\* В числителе - масса неокрашенной опоры, в знаменателе - масса опоры с цинковым покрытием.

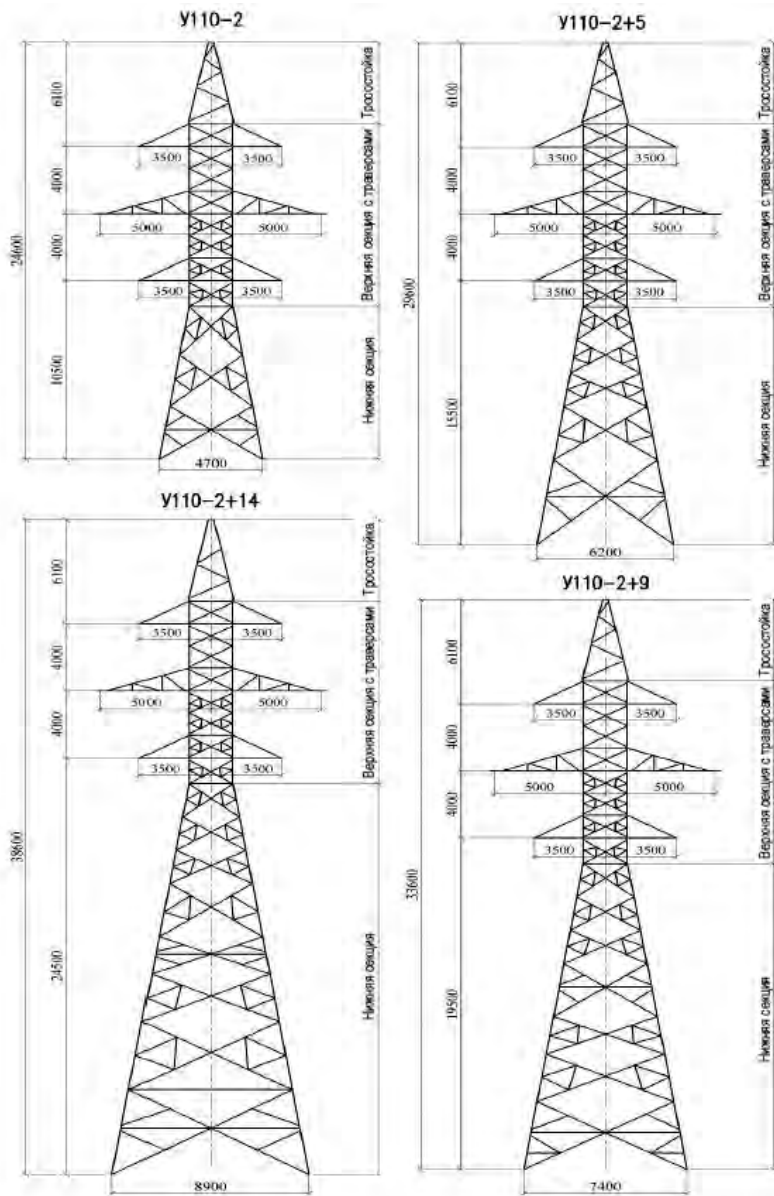


Рис. 2. Геометрические схемы оптимизированных анкерно-угловых опор Y110-2



**Библиографический список:**

1. Алмазов В.О. Проблемы прогрессирующего разрушения // *Строительство и реконструкция*. 2014. № 6 (56). 10 с.
2. Алмазов В.О., Климов А.Н. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния конструкций высотного здания // *Вестник МГСУ*. 2013. № 10. 107 с.
3. Алмазов В.О., Плотников А.И., Расторгуев Б.С. Проблемы сопротивления зданий прогрессирующему разрушению // *Вестник МГСУ*. 2011. № 2–1. 17 с.
4. Расторгуев Б.С. Методы расчета зданий на устойчивость против прогрессирующего разрушения // *Вестник Отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук*. Т. 1. № 13. 15 с.



УДК 624.138

## МОДИФИКАЦИЯ ДОРОЖНОГО ЦЕМЕНТОГРУНТА

**Кречко Н.А., Евсеева Е.А.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь*

Представлены результаты исследования физико-механических свойств цементогрунтов, модифицированных полимерной дисперсией, изучена возможность их использования для автодорог низких категорий.

Ключевые слова: дорожное покрытие, цементогрунт, водопоглощение, модифицирующие добавки, прочность

Эффективность устройства покрытий для дорог низких категорий из укрепленных неорганическими вяжущими материалами местных грунтов доказана многолетним их использованием. Однако в период эксплуатации проявляется их основной недостаток – появление трещин вследствие высокого водопоглощения материала и, следовательно, низкой его морозостойкости. Для улучшения эксплуатационных свойств цементогрунта и создания оптимальных условий его твердения вводятся различные добавки, а также разрабатываются технологические режимы его укладки. Для сокращения стоимости дорожного строительства предлагается использовать местные грунты а также промышленные отходы, если они имеют относительно стабильный гранулометрический и химический состав.

Нами исследовался состав цементогрунта, содержащий природный и техногенный грунт в равной пропорции. Размер частиц в ис-

пользуемом природном грунте, а также наличие глинистых и илистых составляющих определялось согласно ГОСТ 12536-2014 «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава». Гранулометрический состав используемого природного грунта представлен на рис.1. Как видно из рисунка, содержание частиц от 0,071 до 2 мм составило более 70 масс.%, при этом доля глинистых и илистых частиц – 10,3 масс.%. Техногенный грунт, добавляемый в состав – тонкодисперсный гранитный отсев (побочный продукт производства щебня ОАО «Гранит», г. Микашевичи) с размером частиц менее 20 мкм. В качестве вяжущего использовался портландцемент М500 (ГОСТ 33174), пластификатора – бетопласт LS (ТУ ВУ 191604636.004-2013). Изготовление образцов для исследования проводилось следующим образом: сухие компоненты предварительно перемешивались, растворимые добавки вводились с водой затворения, формование осуществлялось методом вибропрессования. Предел прочности при сжатии определялся на 28 сутки твердения.

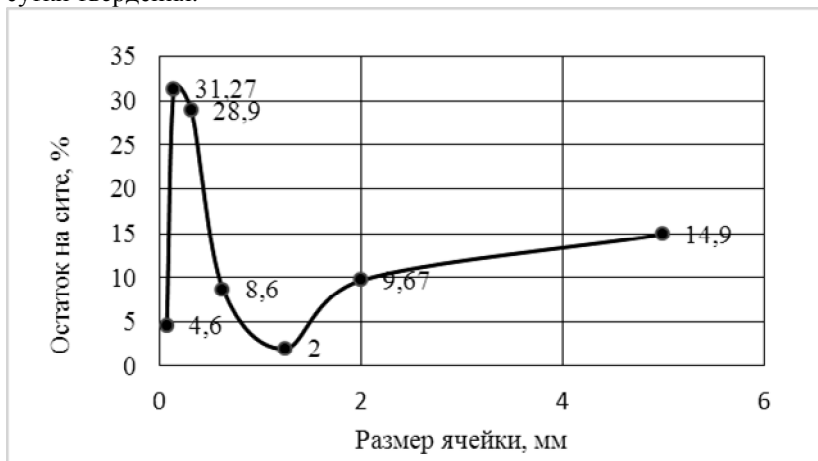
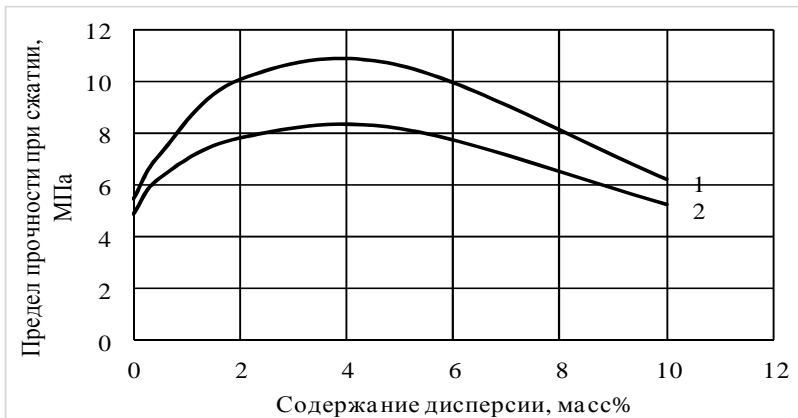


Рис. 1. Гранулометрический состав грунта

Испытания образцов на прочность при сжатии проводились в сухом и водонасыщенном состоянии. В качестве модифицирующей добавки нами исследовался стирол-акриловый дисперсия марки Sorgo HE. Исходный состав смеси содержал равное количество природного грунта и гранитного отсева, 10 масс.% портландцемента (от массы грунта и гранитного отсева), 1% пластификатора (от массы портландцемента) и 0,5 масс.% аморфного нанooksида кремния (от массы порт-

ландцемента). Содержание дисперсии варьировалось от 0,5 до 10 масс% (от содержания портландцемента. Водоцементное соотношение оставалось постоянным.



**Рис. 2.** Предел прочности при сжатии образцов в зависимости от содержания дисперсии (кривая 1 – в сухом состоянии, 2 – в водонасыщенном состоянии)



**Рис. 3.** Зависимость водопоглощения образцов от содержания дисперсии

Результаты определения предела прочности при сжатии представлены на рис. 2, из которого следует, что содержание дисперсии с 3 до 5 масс.% способствует росту прочности от 5,5 до 10,7 МПа в сухом состоянии и с 4,8 до 8,2 МПа в водонасыщенном состоянии. Однако исследование водопоглощения образцов показало, что введение дисперсии практически не изменяет данный показатель, что иллюстриру-

ется рис. 3. Предположительно это может свидетельствовать о невысоких водостойкости и морозостойкости полученного композиционного материала, что предполагает применения добавок, улучшающих его гидрофобные свойства. Для снижения водопоглощения в смесь вводился олеат натрия в количестве 0,4 масс% (от массы портландцемента). Его содержание снизило данный показатель на 26% (с 13,4% до 9,8%) но одновременно ухудшило прочностные показатели с 10,2 до 7,8 МПа.

В соответствии с ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства», полученный материал при данной прочности может быть использован также и в качестве основания для облегченного типа дорожной одежды.



УДК 721.021.23

## **ВМ-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ**

**Кастырина А.А., Чигинский Д.С.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*В работе рассматриваются ошибки, возникающие при возведении зданий, и способ создания информационной модели для их предотвращения. Приведены примеры выявления коллизий в программном комплексе Tekla Structures.*

*Ключевые слова: проектирование, BIM-технологии, информационное моделирование, коллизии, строительство, Tekla Structures.*

Каждый день в мире возводится огромное множество зданий и сооружений. Строительство – комплексный процесс, который направлен на их возведение. Из-за того, что в некоторых процессах применяется ручной труд, возникает риск влияния человеческого фактора на правильность выполнения какого-либо вида работ.

Рассмотрим ошибки рабочих на примере возведения кирпичной кладки, где используется ручной труд (рис.1). При возведении общего участка стены было допущено нарушение порядовой раскладки кирпича и, как следствие, совпадение вертикальных швов в нескольких

рядах. Это привело к повреждению конструктивной целостности кирпичной конструкции и в ней появились сквозные трещины.



**Рис. 1. Пример ошибки при возведении кирпичной кладки**

В качестве примера также можно привести дефект, возникший при монтаже железобетонных колонн (рис.2). Показанный на рисунке дефект заключается в том, что работники установили колонны в несоответствии с требованиями проекта. Из-за этого сильно снижается несущая способность колонн, что в дальнейшем может привести к разрушению всего сооружения, а также к невозможности проведения дальнейших работ по его возведению.

В данных случаях ошибки работников обусловлены влиянием человеческого фактора, который может быть обусловлен:

- ограниченностью материалов для исполнения принятого решения;
- недостаточностью знаний и практических умений в области выполнения данной работы.

Минимизировав влияние человеческого фактора, произойдет снижение вероятности возникновения ошибки. Одним из способов устранения человеческого фактора в строительстве может являться наглядное визуальное представление технологического процесса [1].



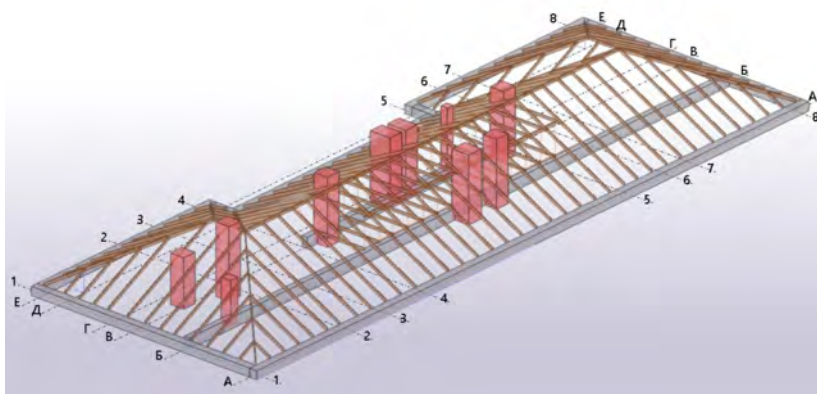
**Рис. 2. Дефект монтажа железобетонных колонн**

Осуществление визуального образа возможно при помощи BIM-технологий (от англ. Building Information Modeling, BIM). Для многих российских строительных организаций основная задача применения BIM-технологий состоит в повышении качества и сокращении ошибок в проектной документации, а также применение принципов моделирования в расчетах и при визуализации объекта [2].

Для создания надежной и обеспечивающей устойчивость модели необходимо исключить все коллизии, которые могут возникнуть на стадии проектирования. Рассмотрим выявление коллизий на примере программного комплекса Tekla Structures компании Trimble. В рамках работы выполним следующее:

- моделирование существующей стропильной системы здания;
- моделирование по габаритам коробов вентиляционного оборудования, выходящих на кровлю;
- поиск коллизий и предложение решений.

Запроектируем модель стропильной системы в программном комплексе и смоделируем короба под оборудования, выходящие на кровлю (рис.3).



**Рис. 3. Модель стропильной системы с коробами, выходящими на кровлю**

Далее необходимо выявить коллизии, а именно определить на какие элементы стропильной системы накладываются вентиляционные короба. Определить коллизии можно двумя способами:

- наглядно;
- с помощью специальной функции в программе.

На рис.4 наглядно представлено пересечение стропильной ноги и вентиляционного короба. Определение коллизий наглядным способом не всегда целесообразно и зачастую занимает большое количество времени.

В программном комплексе Tekla Structures существует функция «Проверка на коллизии» [3]. С помощью этой функции можно найти конфликты в модели и управлять ими. Конфликты автоматически классифицируются по типам. Результаты проверки на конфликты можно сортировать, показывать в модели конфликтующие объекты, а также изменять состояние и приоритет конфликтов. Для выявления ошибок выделяем модель и проверяем ее на коллизии. При выборе коллизии определенного типа на видовом экране подсвечиваются пересекающиеся элементы и выделяется область пересечения (рис.4).

Таким образом, с помощью программного комплекса Tekla Structures удалось смоделировать систему здания, вентиляционные короба и выявить коллизии. Это поможет проектировщикам устранить коллизии на данном этапе, принять другое конструктивное решение и избежать последующие ошибки.

При снабжении работника строительного производства визуальным образом, формируется эталонное представление, соответ-

венно исключается человеческий фактор, основанный на незнании и нехватки опыта.

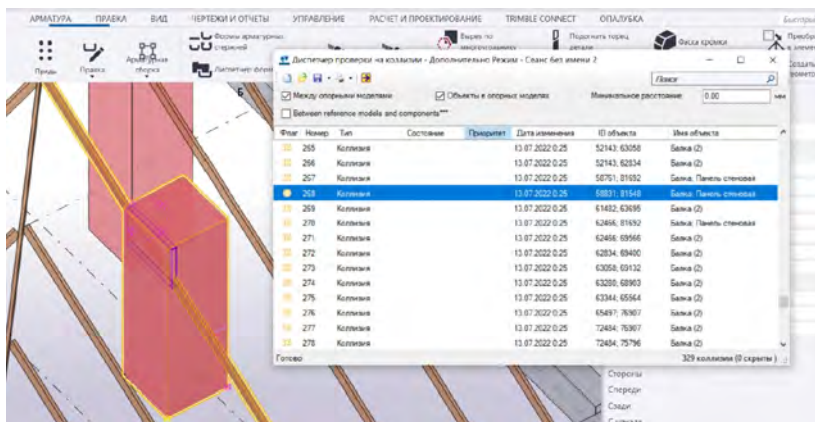


Рис. 4. Результаты проверки на коллизии одного из элементов

Подводя общую черту, можно сказать, что в процессе выполнения работ трудящихся на строительной площадке, существует вероятность отклонения от проекта в силу влияния человеческого фактора. Снизить эту вероятность можно путем представления работнику эталонного визуального образа, выполненного в виде информационной модели. Благодаря этому достигается сокращение трудозатрат на поиск верного выполнения работы и, как следствие, исключение влияния человеческого фактора при возведении зданий и сооружений.

#### Библиографический список

1. Гибсон, Дж. Экологический подход к зрительному восприятию. – М., 1988. – 286 с
2. Барабаш, М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства. М. –К.: Изд-во «Сталь», 2014. – 301 с
3. Tekla Structures. Руководство по моделированию. URL: <https://docplayer.com/258539-Tekla-structures-rukovodstvo-po-modelirovaniyu-versiyaprodukta-21-0-marta-2015-2015-tekla-corporation.html> ( дата обращения: 21.10.2022).
4. Талапов, В.В. BIM: что под этим понимают//Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий, 2010





УДК 539.3:620.193:669

## **УЧЕТ ВЛИЯНИЯ КИНЕТИКИ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕЙ СРЕДЫ НА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА**

**Кузнецова В.О.***Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*В статье рассматривается математическая модель напряженно-деформированного состояния круговой цилиндрической оболочки, выполненной из титанового сплава ВТ1-0, эксплуатирующейся в агрессивной водородосодержащей среде. Оболочка находится под действием внутреннего равномерно-распределенного давления. Для постановки задачи и проведения расчетов используется модель, обладающая тройной нелинейностью, сформулированная в рамках нормированных пространств напряжений.*

Титановые сплавы, изначально не проявляющие чувствительности к виду напряженного состояния, а в процессе насыщения водородом проявляют наведенную зависимость деформационных и прочностных характеристик от вида напряженного состояния с неоднородностью по направлениям градиентного воздействия среды. Эффект наведенной и изменяющейся во времени разносопротивляемости необходимо учитывать при расчете элементов конструкций из титановых сплавов, работающих в условиях агрессивной водородосодержащей среды.

В работах [1-2] Овчинниковым И.Г. рекомендовано представить модель конструкции, взаимодействующей с агрессивной средой, в виде совокупности следующих элементов: модели конструктивного элемента, модели материала, модели воздействия среды и предельного состояния. Используя данный подход, здесь исследуется напряженно-деформированное состояние круговой цилиндрической оболочки, выполненной из титанового сплава ВТ1-0, с учетом водородного охрупчивания.

Рассмотрим равновесие тонкостенной круговой цилиндрической оболочки, выполненной из сплава титана ВТ1-0, загруженной внутренним давлением, возрастающим до 5 МПа, жёстко защемленная по торцам цилиндра. Длина оболочки 4 м, радиус – 0,6 м, толщина – 0,05 м. Положение произвольной точки срединной поверхности ци-

линдрической оболочки определяется гауссовыми координатами  $a_1$  и  $a_2$ , при учете:  $u$  – осевых,  $J$  – окружных,  $w$  – радиальных перемещений (прогибов) под воздействием поперечной нагрузки  $q$ , в соответствии с рисунком 1.

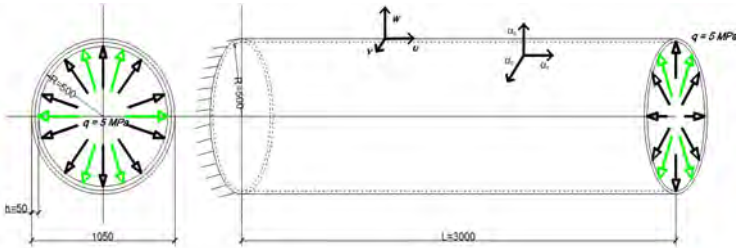


Рис. 1. Постановка задачи

Кинетический потенциал деформаций запишем в виде [6, 7]:

$$W_1 = (A_e(l) + B_e(l) \chi) s^2 + (C_e(l) + D_e(l) \chi + E_e(l) h \cos 3j) t^2 + [(A_p(l) + B_p(l) \chi) s^2 + (C_p(l) + D_p(l) \chi + E_p(l) h \cos 3j) t^2]^n, \quad (1)$$

где  $A_e(l)$ ,  $B_e(l)$ , ...,  $A_p(l)$ ,  $B_p(l)$ , ... – это функции квазилинейной и нелинейной частей кинетического потенциала, зависящие от концентрации водорода и описывающие механические свойства сплава, которые определяются интерполяцией коэффициентов при фиксированном уровне водородонасыщения  $l$  ( $l$  – процент содержания водорода в среде).

Для титанового сплава ВТ1-0 материальные функции можно определить следующим образом [3, 4]:

$$V_{ek}(l) = e_{0k} + e_{1k} \chi + e_{2k} \chi^2; \quad V_{pk}(l) = p_{0k} + p_{1k} \chi (p_{2k})^l; \quad (2)$$

где  $e_{ik}$ ,  $p_{ik}$  – коэффициенты полиномов  $i = 0 \dots 2$ ;  $k = 1 \dots 5$ .

Связь между напряжениями и деформациями можно получить, применив к потенциалу деформаций (1), согласно работам [4, 5], формулы Кастильяно:

$$g_{ij} = \frac{\partial W_1}{\partial t_{ij}}; \quad e_{kk} = \frac{\partial W_1}{\partial s_{kk}}; \quad (i, j, k = 1, 2, 3, i^1 j) \quad (3)$$

В соответствии с гипотезами Кирхгофа для цилиндрических оболочек [5] в условиях больших прогибов получим следующие геометрические соотношения:

а) компоненты деформации в срединной поверхности:

$$\epsilon_1 = u_{,1} + 0,5q_1^2; \quad \epsilon_2 = J_{,2} + k_2 w + 0,5q_2^2; \quad g_{12} = J_{,1} + u_{,2} q_1 q_2; \quad (4)$$

где  $\epsilon_1, \epsilon_2$  – осевые относительные деформации в срединной поверхности;  $g_{12}$  – сдвиговые деформации в этой поверхности;  $u$  – осевые перемещения вдоль образующей поверхности;  $J$  – окружные перемещения;  $w$  – радиальные перемещения при действии нагрузки  $q$ ;  $q_1, q_2$  – углы поворота нормали к средней поверхности, рассчитанные следующим образом:

$$q_1 = -w_{,1}; \quad q_2 = -w_{,2} + k_2 J \quad (5)$$

б) составляющая изгибной деформации срединной поверхности зависит от перемещений следующим образом:

$$c_1 = -w_{,11}; \quad c_2 = -w_{,22}; \quad c_{12} = -w_{,12} = -w_{,21}, \quad (6)$$

где  $c_1, c_2$  – кривизны,  $c_{12}$  – кручение.

Величины деформаций в произвольной точке оболочки, отстоящей на расстоянии  $a_3$  от срединной поверхности, представим в виде суммы деформаций срединной поверхности и изгибных деформаций:

$$\epsilon_{11} = \epsilon_1 + a_3 c_1; \quad \epsilon_{22} = \epsilon_2 + a_3 c_2; \quad g_{12} = g + 2a_3 c_{12}, \quad (7)$$

где  $a_3$  – координата по толщине оболочки, отсчитываемая от срединной поверхности.

В силу осевой симметрии задачи и с учетом того, что оболочка находится под внутренним равномерно распределенным давлением  $q$ , геометрические соотношения упрощаются и принимают вид:

$$\epsilon_1 = u_{,1} - 0,5(w_{,11})^2; \quad \epsilon_2 = k_2 w; \quad c_1 = -w_{,11}; \quad \epsilon_{11} = \epsilon_1 + a_3 c_1; \quad \epsilon_{22} = \epsilon_2. \quad (8)$$

Применив формулы Кастильяно (4) к потенциалу деформаций  $W_1$  (2), получим зависимость деформаций от напряжений в следующей форме:

$$\begin{pmatrix} \dot{\epsilon}_{11} \\ \dot{\epsilon}_{22} \end{pmatrix} \dot{u} = [A] \begin{pmatrix} \dot{s}_{11} \\ \dot{s}_{22} \end{pmatrix} \dot{u}; \quad [A] = \begin{pmatrix} \dot{\epsilon} A_{11}(l) & A_{12}(l) \\ \dot{\epsilon} A_{21}(l) & A_{22}(l) \end{pmatrix} \dot{u} \quad (9)$$

Обратив соотношения (9), получаем корреляцию напряжений от деформаций:

$$\begin{pmatrix} \dot{s}_{11} \\ \dot{s}_{22} \end{pmatrix} \ddot{y} = [B] \begin{pmatrix} \dot{e}_{11} \\ \dot{e}_{22} \end{pmatrix} \ddot{y}; \quad [B] = \begin{pmatrix} \dot{e}B_{11}(l) & B_{12}(l) \\ \dot{e}B_{21}(l) & B_{22}(l) \end{pmatrix} \ddot{y} \quad (10)$$

где  $[B] = [A]^{-1}$ . Здесь  $A_{11}, A_{12}, \dots$  – компоненты симметричной матрицы податливостей  $[A]$ , являющиеся функциями степени газонасыщения  $l$ .

Интегрируя напряжения (10) по толщине, можно определить усилия и моменты по стандартным формулам:

$$N_1 = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{11} da_3; \quad N_2 = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{22} da_3; \quad (11)$$

$$M_1 = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{11} a_3 da_3; \quad M_2 = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{22} a_3 da_3; \quad (12)$$

Расписав силовые факторы через деформации, получим следующие выражения:

$$N_1 = K_{11}(l) e_1 + K_{12}(l) e_2 + P_{11}(l) c_1;$$

$$N_2 = K_{12}(l) e_1 + K_{22}(l) e_2 + P_{21}(l) c_1; \quad (13)$$

$$M_1 = P_{11}(l) e_1 + P_{12}(l) e_2 + D_{11}(l) c_1;$$

$$M_2 = P_{12}(l) e_1 + P_{22}(l) e_2 + D_{21}(l) c_1, \quad (14)$$

где:

$$D_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{ij}(l) da_3; \quad P_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{ij}(l) a_3 da_3;$$

$$K_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{ij}(l) a_3^2 da_3. \quad (15)$$

В силу наличия в задаче тройной нелинейности, разрешающие уравнения запишем в линеаризованной форме с использованием двухшагового метода последовательных возмущений параметров В.В. Петрова [7]. Физические зависимости в линеаризованной форме будут представлены в следующем виде:

$$de_{11} = \frac{\int e_{11}}{\int s_{11}} ds_{11} + \frac{\int e_{11}}{\int s_{22}} ds_{22}; \quad de_{22} = \frac{\int e_{22}}{\int s_{11}} ds_{11} + \frac{\int e_{22}}{\int s_{22}} ds_{22}; \quad (16)$$

Обращая соотношения (16), получим связь напряжений с деформациями в приращениях:

$$ds_{11} = B_{11} de_{11} + B_{12} de_{22}; \quad ds_{22} = B_{21} de_{11} + B_{22} de_{22},$$

$$\text{где } B_{11} = \frac{D_{22}}{D}; \quad B_{12} = B_{21} = -\frac{D_{21}}{D} = -\frac{D_{12}}{D}; \quad B_{22} = \frac{D_{11}}{D};$$

$$D_{11} = \frac{\int e_{11}}{\int s_{11}}; \quad D_{22} = \frac{\int e_{22}}{\int s_{22}}; \quad D_{12} = D_{21} = \frac{\int e_{11}}{\int s_{22}} = \frac{\int e_{22}}{\int s_{11}};$$

$$D = D_{11}D_{22} - D_{12}D_{21};$$

$$de_1 = du_{,1+w,1} dw_{,1}; \quad de_2 = k_2 dw; \quad dc_1 = -dw_{,11};$$

$$de_{11} = du_{,1+w,1} dw_{,1} - a_3 dw_{,11}; \quad de_{22} = k_2 dw$$

Рассмотрим задачу, в которой процесс воздействия агрессивной внешней водородной среды на оболочку завершён. Уравнения связи усилий с деформациями срединной поверхности в приращениях преобразуются к виду:

$$dN_1 = K_{11}(l) de_1 + K_{12}(l) de_2 + P_{11}(l) dc_1;$$

$$dN_2 = K_{12}(l) de_1 + K_{22}(l) de_2 + P_{21}(l) dc_1; \quad (17)$$

$$dM_1 = P_{11}(l) de_1 + P_{12}(l) de_2 + D_{11}(l) dc_1;$$

$$dM_2 = P_{12}(l) de_1 + P_{22}(l) de_2 + D_{21}(l) dc_1, \quad (18)$$

Осевая симметрия рассматриваемой задачи, очевидно, позволяет упростить уравнения равновесия в приращениях, которые в данном случае запишутся так:

$$dN_{,1} = 0; \quad dM_{,1} - dQ_1 + w_{,1} dN_1 + N_1 dw_{,1} = 0;$$

$$dQ_{,1} - k_2 dN_2 + dq = 0 \quad (19)$$

Проинтегрировав выражения (17) для напряжений по толщине оболочки по формулам (11), (12) и подставив результат в уравнения равновесия, получаем систему двух дифференциальных разрешающих уравнений в линеаризованной форме:

$$K_{11}(l)_{,1} (du_{,1+w,1} dw_{,1}) + K_{11}(l) (du_{,11+w,11} dw_{,1+w,1} dw_{,11}) + K_{12}(l)_{,1} k_2 dw + K_{12}(l) k_2 dw_{,1} - P_{11}(l)_{,1} dw_{,11} - P_{11}(l) dw_{,111} = 0, \quad (20)$$

$$P_{11}(l)_{,11} (du_{,1+w,1} dw_{,1}) + 2P_{11}(l)_{,1} (du_{,11+w,11} dw_{,1+w,1} dw_{,11}) + P_{11}(l) (du_{,111+w,111} dw_{,1+2w,11} dw_{,11+w,1} dw_{,111}) + P_{12}(l)_{,11} k_2 dw + 2P_{12}(l)_{,1} k_2 dw_{,1} + P_{12} k_2 dw_{,11} - D_{11}(l)_{,11} dw_{,11} - 2D_{11}(l)_{,1} dw_{,111} - D_{11}(l) dw_{,1111} - k_2 [K_{12}(l) (du_{,1+w,1} dw_{,1}) + K_{22}(l) k_2 dw - P_{12}(l) dw_{,11}] + dq = 0. \quad (21)$$

Полученную градиентную систему уравнений (20-21) дополним граничными условиями в приращениях, в частности, условиями защемления цилиндра по торцам:

- на торце цилиндра с координатой  $L=0$   
 $m: dw = 0; \quad dw_{,1} = 0, \quad du = 0;$

- на торце цилиндра с координатой  $L=4$  м:  
 $dw = 0$ ;  $dw_{,1} = 0$ ,  $du = 0$ .

Для химической адсорбции характерен распад водорода на атомы, которые затем проникают в толщу материала [3]. В соответствии с экспериментами, результаты которых, приведены в работе [8], сделан вывод, что для малых перепадов концентрации водорода в среде возможно применение первого закона Фика, записанного в следующем виде:

$$J = - D \text{grad}(l) = - D \frac{\partial l}{\partial a_3}, \quad (22)$$

где  $D$  – константа диффузии,  $a_3$  – координата в направлении диффузии.

В рассматриваемой задаче физически активная среда контактирует с оболочкой только по верхней или нижней поверхности, что приводит к одномерности процесса диффузии. Для титановых сплавов концентрация не влияет на коэффициент диффузии, поэтому из первого закона Фика (22) вытекает второй закон [5] в виде:

$$\frac{\partial l(a_3, t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 l(a_3, t)}{\partial a_3^2}, \quad (23)$$

где  $t$  – текущее время.

Как видно из выражения (23), скорость протекания процесса диффузии во времени зависит только от константы  $D$ . При односторонней диффузии решение уравнения (23) известно и имеет вид:

$$l(a_3, t) = l_1 + (l_2 - l_1) a_3 / h + (2/\rho) \sum_{i=1}^{\infty} \sin(i \pi a_3 / h) \exp(-F_0 \rho^2 i^2) \cdot [l_2 \cos(i \pi) - l_1] / i, \quad (24)$$

где  $F_0 = Dt/h^2$  – число Фурье;  $i$  – число членов ряда;  $l_1$  и  $l_2$  – краевые значения концентрации среды на противоположных поверхностях оболочки;  $h$  – толщина оболочки.

Граничные условия представлены следующим образом:  
 под воздействием среды со стороны приложения поперечной силовой нагрузки:

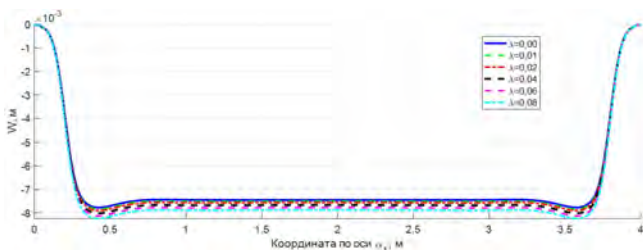
$$l(-h/2, t) = l_{\infty} = l_1, \quad l(+h/2, t) = 0 = l_2, \quad (25)$$

где  $l_{\infty}$  – равновесная концентрация водородсодержащей среды.

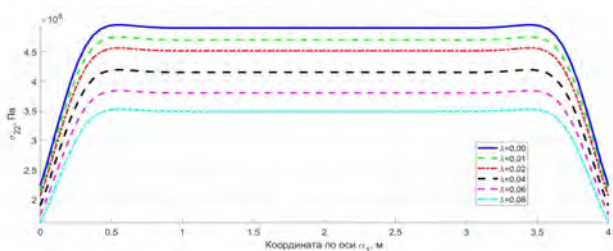
Начальные условия принимают вид:

$$l(z, 0) = 0 \quad (26)$$

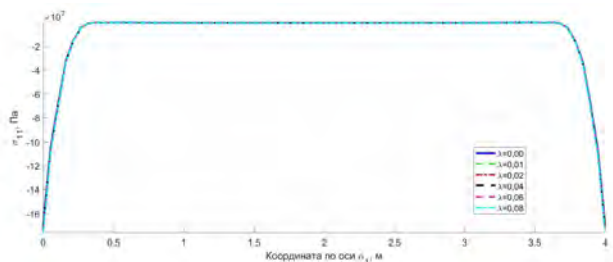
Расчёты производились посредством применения специально разработанных вычислительных процедур, построенных с использованием универсальных математических пакетов Maple и MATLAB. На рисунках ниже представлены результаты расчёта цилиндрической оболочки, работающей в агрессивной водородной среде при разной концентрации от 0 до 0,08%, с использованием предложенной авторами модели.



**Рис. 2.** Прогобы вдоль образующей цилиндра



**Рис. 3.** Напряжения  $\sigma_{zz}$  вдоль образующей цилиндра по внутренней поверхности оболочки



**Рис. 4.** Напряжения  $\sigma_{11}$  вдоль образующей цилиндра по внешней поверхности оболочки

В результате решения поставленной задачи достоверно установлено, что воздействие водорода приводит к существенному изменению механизма поведения материала и, следовательно, к значительному изменению параметров, характеризующих напряженное состояние в оболочке, в связи с чем, по сравнению с исходным состоянием без воздействия водородосодержащей среды, в сжатых волокнах напряжения меняются на величину до 7%, а в растянутых – до 85%. Этот подход использует достаточно гибкий механизм учета разнообразия напряженных состояний и демонстрирует высокую точность согласования полученных результатов с экспериментальными данными о деформации широкого спектра материалов при сложных видах напряженного состояния.

Большинство фундаментальных исследований подтверждают тот факт, что воздействие водородной среды на конструкционные материалы способствует появлению в них неоднородности и наведенной разносопротивляемости, изменяющейся в течение времени. Это обуславливает потребность создания новых моделей, которые будут определять НДС тел с учетом восприимчивости механических свойств материалов к наводороживанию в широком диапазоне изменения количественных характеристик напряжённого состояния.

#### ***Библиографический список***

1. Овчинников И.Г. О деформировании гибкой круглой пластины из материала, чувствительного к водородному воздействию / И.Г. Овчинников, Л.А. Кириллова. – Саратов, 1989. – 15 с. Рукопись деп. в ВИНИТИ 7 февраля 1990, № 698 – В90.
2. Овчинников И.Г. Модифицированная модель деформирования и разрушения материала, подвергающегося облучению / И.Г. Овчинников // *Строительная механика и расчёт сооружений*, 2014. – №1. – С. 29-35.
3. Трецев А.А. Теория деформирования и прочности материалов с изначальной или наведенной чувствительностью к виду напряженного состояния. Определяющие соотношения: монография. – М.; Тула: РААСН; ТулГУ, 2016. – 328 с.
4. Корнеев А.В. Учет влияния водородосодержащей среды на напряженно-деформированное состояние материалов на основе титановых сплавов / А.В. Корнеев, А.А. Трецев // *Изв. вузов. Строительство*. – 2009. – №3-4 (603-604). – С. 23–29.
5. Трецев А.А. Изотропные пластины и оболочки, выполненные из материалов, чувствительных к виду напряженного состояния: монография. М.: Тула: РААСН; Изд-во ТулГУ, 2013. – 249 с.
6. Трецев А.А. Моделирование процесса влияния наводороживания на НДС пологой сферической оболочки из титанового сплава / А.А. Трецев, В.О. Кузнецова // *Строительство и реконструкция*. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2019. №5 (85). – С. 48-62.
7. Петров В.В. Двухшаговый метод последовательных возмущений параметров и его применение к решению нелинейных задач механики твердого деформируемого тела [Текст] / В.В.Петров, И.Г.Овчинников, В.К.Иноземцев // *Проблемы прочности элементов конструкций под действием нагрузок и рабочих сред*. – Саратов: СГТУ, 2001. – С. 6-12.



8. Гервиц Г.Я. Влияние газонасыщения на статическую прочность титановых сплавов / Г.Я.Гервиц // ФХММ. 1981. № 2. С. 45-48.

9. Трецев А.А. Анализ процесса влияния наводороживания на напряжённо деформированное состояние сферической оболочки из титанового сплава / А.А. Трецев, В.О. Кузнецова // Строительная механика и конструкции. – Воронеж: ВГТУ, 2019. №3 (22). – С. 1-20.



**УДК 691.32**

## **ВЛИЯНИЕ МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА**

**Барковская С.В., Хрунов Е.Е.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*В работе выбиралось на первоначальном этапе оптимальное содержание песка (мелкого заполнителя) в составе мелкозернистого бетона, затем, на оптимальном составе проводились исследования ряда добавок – ПАВ на физико-механические свойства мелкозернистого бетона.*

*Ключевые слова: мелкозернистый бетон, песок, мелкий заполнитель, портландцемент, поверхностно-активные вещества.*

Строительная отрасль со временем меняется, изменяются не только технологические предпосылки использования бетонов, но и экономические. Такие факторы, как качество, так и скорость возведения объектов, стоимость материала, расширение архитектурных решений, определяют получение композиционных вяжущих веществ, а модификаторы структуры - получение улучшенных бетонов. Применение мелкозернистых бетонов в строительстве ограничивалось тем, что в таких видах бетонов заполнитель – песок – дает существенный прирост прочности и увеличение пустотности. Однако, проработка этого вида строительного материала имеет и ряд преимуществ: высокая технологичность (возможность применения метода литья, прессования и штампования), легкость перевозки, возможность изготовления тонкостенных и слоистых конструкций, многофункциональность (при применении определенного вида песка за счет варьирования состава и до-

бавок возможно получить бетоны, как конструкционные бетоны, так и теплоизоляционные, декоративные) [1].

Состав и свойства мелкозернистой бетонной смеси определяют ее технологические свойства. Цементное тесто придает бетонной смеси связность, т.е. определяет ее способность растекаться и заполнять форму. Чем выше будет содержание цементного теста в составе бетонной смеси, тем больше будет подвижность, малые же расходы портландцемента, в свою очередь, снижают удобоукладываемость, что приводит к снижению плотности и затруднению укладки [2].

Мелкий заполнитель (песок) и его свойства так же влияют на свойства мелкозернистых бетонных смесей и бетона. Заполнитель с меньшей крупностью, соответственно с большей удельной поверхностью, в составе мелкозернистой бетонной смеси будет увеличивать ее водопотребность, а при уплотнении на виброплощадке способствовать вовлечению в бетонную смесь воздуха. Водопотребность цементно-песчанной смеси определяется не только требуемой консистенцией, как в случае с обычным бетоном на крупном заполнителе, но и ее составом. Так, например, при применении песка одной и той же крупности в составах бетонных смесей равной подвижности, но различными цементно-песчаным отношением (Ц:П), расход воды на приготовление будет больше в смеси с меньшим расходом песка. Иначе, при сравнении с обычным бетоном, для мелкозернистого бетона характерен больший расход цемента. Поэтому для таких бетонов активно применяются различные добавки поверхностно-активных веществ для снижения расхода цемента, в качестве заполнителя применяются крупные пески с оптимальным зерновым составом, а также производится эффективное уплотнение мелкозернистых бетонных смесей.

На первоначальном этапе исследовали мелкозернистые бетонные смеси, не содержащие поверхностно-активных веществ. Смеси всех составов имели одинаковый диаметр расплыва стандартного конуса на встряхивающем столике, рекомендованный для мелкозернистых бетонов [2], равный  $170 \pm 5$  мм. Изучался процесс влияния двух видов песка группы средний (модуль крупности песка  $M_k = 2,2$ ) и группы мелкий (модуль крупности песка  $M_k = 1,7$ ) на водопотребность бетонной смеси, а также на свойства полученного мелкозернистого бетона, такие, как средняя плотность, предел прочности при сжатии и предел прочности при изгибе. В составах использовался портландцемент класса ЦЕМ I 42,5Н производства АО «Липецкцемент» (ГОСТ 31108 – 2020) с активностью цемента 43,4 МПа. В ходе работы рассматривался мелкозернистый бетон с соотношением цемент : песок 1:1; 1:2; 1:3; 1:4. Изготавливались образцы-балочки размером  $4 \times 4 \times$

16см. Определение свойств мелкозернистого бетона производилось на образцах после 28-ми суток условий нормального твердения.

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

**Таблица 1**

Результаты определения свойств мелкозернистых бетонов и смесей

Свойство	Ед. изм.	Используемый песок группы							
		средний				мелкий			
		соотношение Ц:П							
		1:1	1:2	1:3	1:4	1:1	1:2	1:3	1:4
Водоцементное отношение В/Ц		0,15	0,25	0,25	0,25	0,17	0,29	0,33	0,34
Средняя плотность бетона	кг/м <sup>3</sup>	1880	1950	1990	1980	1870	1920	1950	1930
Предел прочности на растяжение при изгибе	МПа	4,85	4,28	5,20	5,72	4,85	5,60	5,78	5,54
Предел прочности при сжатии	МПа	42,2	42,0	41,1	37,2	42,0	42,5	42,8	36,5

Анализ полученных результатов показывает, что водоцементное отношение в обеих группах песка увеличивалось с уменьшением Ц:П. Во всех составах из воды затворения заполнителем в каждой из групп отвлекалось одно и тоже количество воды, а цементов удерживалось одинаковое количество воды. С возрастанием количества песка в смеси цементное тесто находится в более тонких слоях между зернами заполнителя и на подвижность оказывает влияние эффект трения между частицами, а также на свойства влияет воздушная фаза, увеличивающаяся от состава к составу при уменьшении Ц:П, за счет нехватки цементного теста для заполнения пустот между зернами заполнителя. Поэтому для снижения этих эффектов приходится в смесь добавлять больше воды для достижения заданной подвижности.

Следует отметить, что меньшая крупность заполнителя, следовательно, повышенная удельная поверхность песка увеличивали водопотребность бетонной смеси, а также способствовало вовлечению в бетонную смесь воздуха при вибрировании. Использование песка группы мелкий потребует в дальнейшем производить более эффективное уплотнение.

Наиболее экономичными с точки зрения наибольшей плотности и наименьшего расхода песка являются составы на песке средней крупности с соотношениями Ц:П = 1:2...1:3. На основе полученных данных приняли для дальнейших исследований соотношение Ц:П равное 1:3, при условии использования песка группы средний.

Затем проводилась оценка влияния ряда ПАВ на физико-механические свойства мелкозернистых бетонов и определение порога эффективности действия добавок. Для работы были выбраны следующие добавки: Basf MasterGlenium 305 – суперпластификатор, представляющий собой раствор смеси эфиров поликарбоксилатов и модифицированных лигносульфонатов, SikaPlast – 2067LF – суперпластификатор – водная композиция модифицированных поликарбоксилатных эфиров.

**Таблица 2**

Результаты определения физико-механических свойств мелкозернистого бетона с введением ПАВ

№ состава	Количество добавки, % от массы цемента	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пределы прочности, МПа	
			на растяжение при изгибе	при сжатии
BASF MasterGlenium 305				
1B	0	1980	5,2	41,1
2B	0,4	2025	5,6	42,6
3B	0,8	2162	5,6	43,8
4B	1,2	2222	6,0	44,5
5B	1,6	2240	5,7	46,4
6B	1,9	2217	5,5	41,3
SikaPlast – 2067LF				
1S	0	1970	5,2	41,1
2S	0,2	1990	5,5	45,8
3S	0,5	2036	5,7	46,1
4S	0,8	2050	5,9	46,4
5S	1,3	2057	5,6	42,7
6S	1,6	2004	5,0	40,3

В ходе исследований отформовывались равноподвижные составы, с подвижностью, рекомендуемой для мелкозернистых бетонов [2]. Изготавливались образцы-балочки размером 4 × 4 × 16см. Для сравнительного исследования определялись следующие свойства: средняя плотность мелкозернистого бетона, прочность на растяжение при изгибе, а также прочность при сжатии. Определение прочностных пока-

зателей производилось на образцах после 28-ми суток нормального твердения. Результаты исследований приведены в таблице 2.

По результатам, приведенным в таблице 2, оптимальным количеством добавки BASF MasterGlenium 305 по прочностным показателям является 1,6 % от массы цемента. При введении данного расхода добавки в бетонную смесь, по сравнению с контрольным бездобавочным составом, прочность на растяжение при изгибе увеличилась на 9,6%, прочность на сжатие увеличилась на 13%. Оптимальным диапазоном введения добавки SikaPlast – 2067LF для дальнейшего исследования в составах мелкозернистых бетонов по прочностным показателям является 0,5 – 0,8 % от массы цемента. Содержание таких количеств добавки в мелкозернистую бетонную смесь дает следующие показатели: прирост прочности на растяжение при изгибе 9,5 – 13,5 %, прирост прочности на сжатие 12 – 13 %, по сравнению с контрольным бездобавочным составом.

**Библиографический список:**

1. Баженов Ю.М. Современная технология бетона / Ю.М. Баженов // *Строительное материаловедение-теория и практика*. – М.: изд-во СИПРИА, 2006. – С.13 – 16.
2. Баженов Ю.М. Технология и свойства мелкозернистых бетонов: учеб.пособие // Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, Р.Б. Ергашев. – Алматы: КазГосИНТИ, 2000. – 195с.

*Барковская Светлана Владимировна; к.т.н., доцент кафедры «Строительство, строительные материалы и конструкции»; [ksv.0804@yandex.ru](mailto:ksv.0804@yandex.ru); ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Хрунов Евгений Евгеньевич; магистрант группы 340821/08; ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*



**УДК 691.5**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЯ СТЕКЛА В СОСТАВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО**

**Барковская С.В., Терехова Л.О.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*В работе рассматривается возможность использования боя стекла в качестве микронаполнителя – добавки в композиционное гипсовое вяжущее с целью замены части портландце-*

*мента. Выполнена оценка влияния введения боя стекла в портландцемент на его нормальную густоту. А также, рассмотрено влияние боя стекла на прочностные характеристики композиционного гипсового вяжущего.*

*Ключевые слова: композиционное гипсовое вяжущее, бой стекла, портландцемент.*

В России достаточно месторождений с природным гипсом, который является сырьем для получения строительного гипса – воздушного вяжущего вещества. Технология получения строительного гипса достаточно малоэнергоёмкая, по сравнению с портландцементом, однако недостатки, присущие данному вяжущему, не позволяют ему конкурировать с портландцементом. Среди недостатков гипса можно отметить низкая водостойкость изделий на основе строительного гипса, а также низкие, по сравнению с портландцементом, прочностные показатели.

Два из наиболее известных и эффективных способа модификации свойств строительного гипса: первый – введение минеральных компонентов в состав гипсового вяжущего и получение композиционного гипсосодержащего вяжущего вещества; второй – введение ПАВ (поверхностно-активных веществ). В данной работе рассматривается этап разработки композиционного гипсового вяжущего (КГВ), состоящего из строительного гипса, портландцемента и боя стекла, которая выступает в роли слабо пуццолановой добавки.

В качестве решения такой задачи рядом авторов: А.В. Волженским, Р.В. Иванниковой, В.И. Стамбулко разрабатывались гипсоцементнопуццолановые вяжущие вещества (ГЦПВ), где композиционное вяжущее вещество, состоящее из смеси пуццолановой добавки, самого гипсового вяжущего и портландцемента, обладало устойчивостью при длительном твердении [1]. Бесклинкерные аналоги водостойких гипсовых вяжущих включали активный тонкодисперсный оксид магния и тонкомолотую обожженную глину, а затворялись растворами солей магния, т.е. происходила замена портландцемента.

В процессе твердения гипсоцементных вяжущих кремнеземистая добавка дает активный кремнезем, способствующий снижению концентрации гидроксида кальция в растворе. Избыток активного кремнезема предотвращает образование высокоосновного гидросульфатоалюмината кальция (этtringита) из минерала портландцемента  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $\text{C}_4\text{AF}$  – алюмоферритная фаза), сокращая связывание дигидрата сульфата кальция минералом  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{C}_3\text{A}$ ), что способствует образованию низкоосновного гидросульфатоалюмината кальция вместо этtringита. Новые образующиеся соединения ха-

рактируются значительно меньшими размерами молекул, по сравнению с этрингитом, что обеспечивает твердение гипсоцементных систем, содержащих активный кремнезем, без нарушения структуры и прочности [2, 3].

Утилизации боя стекла является достаточно актуальной в нашей стране, учитывая тот факт, что каждый год в нашей стране образуется около 1,2 млн. тонн отходов стекла, а доля стеклобоя в общем количестве твердых бытовых отходов составляет 4 – 7% [4].

При проведении исследований применялись следующие сырьевые материалы: гипсовое вяжущее марки Г-5 В II ЗАО «Самарского гипсового комбината» (ГОСТ 125 – 2018), портландцемент класса ЦЕМ I 32,5 Н производства АО «Липецкцемент» (ГОСТ 31108 – 2020), утильный стеклобой.

Для получения микронаполнителя из боя стекла применялась механическая обработка отхода – помол в лабораторной шаровой мельнице. Подобные исследования уже проводились: авторы стремились использовать бой стекла не только, как наполнитель композитов, но и в качестве основного компонента связующего в составе бетонов [6]. В данной работе переход тонкодисперсного порошка связующего на основе боя стекла в камневидное состояние происходит в результате взаимодействия компонентов с водными растворами щелочей.

При проведении испытаний композиционного гипсового вяжущего и исследовании физико-механических свойств использовались стандартные методы испытаний, которые приняты для соответствующих вяжущих.

Определялись следующие свойства: нормальная плотность портландцемента с замещением части его микронаполнителем из боя стекла, прочностные характеристики композиционного гипсового вяжущего, коэффициент размягчения для оценки водостойкости. Испытания проводились на образцах-балочках размером  $4 \times 4 \times 16$  см. Прочностные показатели образцов КГВ определялись в возрасте 7 суток для возможности оценки влияния введения добавки на прочность композиционного гипсового вяжущего во времени. Следует отметить, что на данном этапе исследования КГВ проводились без введения в его состав поверхностно-активных веществ. Результаты влияния введения микронаполнителя на нормальную плотность (водопотребность) портландцемента приведены в таблице 1.

Используя полученные данные о водопотребности смеси портландцемента и боя стекла были заформованы образцы КГВ, состоящего из строительного гипса, портландцемента в количестве 30 % [5], а количество микронаполнителя из боя стекла принималось в диапазоне

5 – 40% от массы портландцемента, как и при определении нормальной густоты (таблица 1). Результаты определения физико-механических характеристик, разрабатываемого композиционного гипсового вяжущего, приведены, в таблице 2. Сравнение в таблице приводится с составом из 100% строительного гипса.

**Таблица 1**

Результаты определения нормальной густоты составов портландцемент +стеклобой

№ состава	Количество микро-наполнителя из стеклобоя, % от массы цемента	Нормальная густота (НГ) (водопотребность смеси), %	Изменение НГ по сравнению с бездобавочным составом, %
НГ-1	0	29	0
НГ-2	5	30	+ 1
НГ-3	10	32	+ 3
НГ-4	20	35	+ 5
НГ-5	30	37	+ 7
НГ-5	40	38	+8

Следует отметить, что при формовке КГВ без введения в состав поверхностно-активных веществ полученный раствор быстро терял подвижность и удобоукладываемость, однако, целью исследования было проверка свойств композиционного гипсового вяжущего без влияния на химические реакции добавок-ПАВ. В дальнейшем рекомендуется проводить определения свойств КГВ с введением таких добавок-ПАВ, которые увеличат сроки схватывания гипса для возможности увеличения времени работы с раствором. Но, при этом, необходимо учитывать, что добавки – ПАВ, влияющие на сроки схватывания строительного гипса, изменяя расход воды затворения, оказывают влияние и на прочностные показатели материала, а также водостойкость материала. Таким образом, подбор эффективной добавки в КГВ, которая будет сочетаться в необходимых направлениях со всеми компонентами вяжущего – это задачи следующих этапов работы на данной темой.

В рассматриваемых ниже составах композиционного гипсового вяжущего количество вводимой воды затворения рассчитывалось как средневзвешенное значение водопотребностей строительного гипса и смеси (портландцемент + микронаполнитель из боя стекла), входящих в состав композиционного гипсового вяжущего.

Из результатов, приведенных в таблице 2, видно, что оптимальным является содержание микронаполнителя из боя стекла в количестве 10% от массы портландцемента, что дало возможность увеличения



прочности при сжатии на 62% по сравнению с образцами, изготовленными из одного строительного гипса. Однако, прочность на растяжение при изгибе ни одного из рассмотренных составов существенно не увеличилась, что, вероятно, может быть скорректировано введением поверхностно-активных веществ в состав композиционного гипсового вяжущего. Состав с содержанием микронаполнителя из боя стекла в количестве 40% показал результаты ниже, чем у строительного гипса, используемого для его изготовления, в следствие малого количество вяжущего, способного вступить с ним в реакцию.

**Таблица 2**

Результаты определения свойств композиционного гипсового вяжущего с микронаполнителем из боя стекла (возраст твердения 7 суток)

№ состава	Количество микронаполнителя из стеклобоя, % от массы цемента	Средняя плотность образцов, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа	Предел прочности при сжатии в насыщенном водой состоянии, МПа	Коэффициент размягчения, K <sub>p</sub>
К-1	0	1328	2,5	5,1	3,2	0,62
К-2	5	1340	2,5	6,9	4,8	0,70
К-3	10	1484	2,6	8,3	6,9	0,83
К-4	20	1490	2,6	8,1	5,8	0,72
К-5	30	1510	2,4	6,0	3,9	0,65
К-6	40	1500	1,5	3,5	1,8	0,50

**Библиографический список:**

1. Коровяков В.Ф. Перспективы применения водостойких гипсовых вяжущих в современном строительстве // В сборнике «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий»: материалы семинара. – 2002. М.: – С. 34 – 37.
2. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные минеральные вяжущие материалы. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. 544 с.
3. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1979. 476 с.
4. Соков В. Н. Отходы стеклобоя и полистирола в качестве сырья при производстве строительных материалов / В. Н. Соков, А. Ю. Логунин, А. А. Егорова // Инновационная наука в глобализующемся мире. – 2015. № 1(2). С. 112 – 114.

5. Пчельникова В.А. Композиционное гипсовое вяжущее вещество // 58-я студенческая научно-техническая конференция: сборник тезисов докладов / Тульский государственный университет. – Тула: изд-во ТулГУ, 2022. – С. 201 – 205.

6. Ерофеев В.Т., Богатов А.Д., Богатова С.Н., Казначеев С.В. Строительные материалы на основе отходов стекла // Вестник Мордовского университета. 2008. № 4. С. 70 – 79.



УДК 539.3: 624.073

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НДС ТОЛСТОСТЕННОЙ БЕСКОНЕЧНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБЫ, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА**

**Трещев А.А. Савичев В.А.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассматривается построение математической модели для замкнутой цилиндрической трубы большой протяженности, которую можно считать бесконечной. Подобные конструкции распространены в строительстве магистральных трубопроводов бытового и промышленного назначения. Внимание к таким трубопроводам особо привлекается при их изготовлении из материалов, которые могут обладать как структурной, так и деформационной анизотропией. Нормативные документы по проектированию подобных сооружений в настоящее время отсутствуют. Здесь рассмотрено построение расчетных моделей подобных сооружений в двух вариантах: в перемещениях и в напряжениях. При этом в качестве определяющих соотношений были приняты, сформулированные ранее одним из авторов и построенные в тензорных пространствах нормированных напряжений. Преимущества этих соотношений широко обсуждались в научной литературе. Полученная математическая модель может быть рекомендована для внесения в своды правил по расчету и проектированию магистральных трубопроводов.*

*Ключевые слова: толстостенная труба, структурная ортотропия, деформационная анизотропия, тензорное пространство нормированных напряжений, внутренне и внешнее давление.*

### **Введение**

В современном строительстве и ЖКХ при прокладке и ремонте магистральных городских сетей широкое распространение получили

трубопроводы, выполняемые из синтетических, полимерных и композитных материалов, обладающих повышенной жесткостью и прочностью. Многие из них разрабатываются на основе использования полимерных матриц с хаотическим или направленным армированием базальтовыми или стекловолокнами. Подобные материалы обладают особенными механическими свойствами, серьезно отличающимися от традиционных, которые имеют однородные изотропные конструкции [1 – 11]. Подобные материалы являются структурно ортотропными, а при нагружении проявляют зависимость жесткостных и прочностных характеристик от вида реализуемого напряженного состояния. Подобные проявления принято характеризовать анизотропию двоякого рода. Общепринятые теории деформирования указанного класса материалов, внесенные в современные нормы проектирования конструкций, непосредственно оперируют с обобщенным законом Гука или его нелинейными интерпретациями, которые создают заметные погрешности и даже ошибки при определении количественной и качественной картин НДС магистральных трубопроводов. Поэтому деформационно-прочностные расчеты труб из рассматриваемых материалов, следовало бы проводить с использованием более точных расчетных методик, адекватных экспериментальным данным по их нагружению. В настоящее время известные модели уравнений состояния, специально сформулированные для материалов, имеющих двойную анизотропию, обладают недостатками [12 – 20]. Поэтому здесь для расчета НДС цилиндрической трубы большой протяженности (модель трубы бесконечной протяженности) будем использовать авторскую модель уравнений состояния ортотропных материалов с учетом зависимости деформационных свойств от вида напряженного состояния.

В представленной работе рассматривается вариант толстостенной цилиндрической трубы, загружаемой осесимметричной нагрузкой внутренним или внешним давлением. Материал трубы принят структурно ортотропный, проявляющий в процессе нагружения деформационную анизотропию и неоднородность.

### **1. Постановка задачи**

Равновесие ортотропной трубы, выполненной из материала с приобретаемой деформационной анизотропией [1, 2], рассмотрим в цилиндрической системе координат. Координаты точек тела трубы определим переменными  $r$ ,  $\varphi$ ,  $z$ . Направим орты системы координат вдоль главных осей ортотропии материала, обозначая геометрические характеристики следующим образом: длина  $L=\infty$ ; радиус внутренней

поверхности трубы  $R_1$ ; наружный радиус –  $R_2$ . Параметры внутреннего давления обозначим через  $P_1$ , а внешнего – через  $P_2$ .

Учитывая, что при указанных условиях загрузки краевая задача является осесимметричной, то все параметры напряженно-деформированного состояния и перемещения будут зависеть только от радиальной координаты  $r$ . Кроме того, вектор перемещений имеет только одну основную ненулевую составляющую – радиальное перемещение  $u_r = u$ . Тогда для компонентов деформаций в точках тела трубы, связанной с цилиндрической системой координат и с учетом геометрически линейной теории имеем:

$$e_r = u_{,r}; \quad e_q = u / r; \quad e_z = g_{rq} = g_{rz} = g_{qz} = 0. \quad (1)$$

Для построения уравнений связи компонентов деформаций и напряжений для ортотропных материалов, проявляющих деформационную анизотропию и неоднородность, в работах [21, 22] был предложен потенциал деформаций, сформулированный в тензорном пространстве нормированных напряжений, определенных в главных осях ортотропии материала. Этот вариант соотношений наиболее обоснован экспериментально и теоретически непротиворечив и представлен в виде:

$$W = 0,5(A_{1111} + B_{1111}a_{11})s_{11}^2 + 0,5(A_{2222} + B_{2222}a_{22})s_{22}^2 + +0,5(A_{3333} + B_{3333}a_{33})s_{33}^2 + [A_{1122} + B_{1122}(a_{11} + a_{22})]s_{11}s_{22} + +[A_{2233} + B_{2233}(a_{22} + a_{33})]s_{22}s_{33} + [A_{3311} + B_{3311}(a_{33} + a_{11})]s_{33}s_{11} + +0,5(A_{1212}t_{12}^2 + A_{2323}t_{23}^2 + A_{3131}t_{31}^2), \quad (2)$$

где  $A_{ijkm}$ ,  $B_{ijkm}$  – константы потенциала, определяемые по результатам традиционных для ортотропных материалов механических экспериментов;  $a_{ij} = s_{ij} / S$  – компоненты тензора нормированных напряжений, ( $i, j, k, m = 1, 2, 3$ );  $S = \sqrt{s_{ij}s_{ij}}$  – норма тензорного пространства;  $a_{ij}a_{ij} = 1$  – условие нормировки пространства.

Нелинейные зависимости между деформациями и напряжениями для материалов с двойной анизотропией определяются путем дифференцирования потенциала (2) по правилам Кастильяно:

$$e_{ij} = \frac{\partial W}{\partial s_{ij}}; \quad (i, j, k = 1, 2, 3), \quad (3)$$

В результате применения указанной процедуры приходим к общему виду связи двух тензоров второго ранга в традиционной для ортотропных материалов форме:

$$e_{ij} = C_{ijkl}\sigma_{km}, \quad (4)$$

где

$$\begin{aligned} C_{1111} &= (A_{1111} + B_{1111}a_{11}) + 0, 5[B_{1111}a_{11}(1 - a_{11}^2) - B_{2222}a_{22}^3 - \\ &- B_{3333}a_{33}^3 - B_{1212}a_{12}^3 - B_{2323}a_{23}^3 - B_{1313}a_{13}^3] + \\ &+ B_{1122}a_{22}(1 - a_{11}^2 - a_{11}a_{22}) + \\ &B_{1133}a_{33}(1 - a_{11}^2 - a_{11}a_{33}) - B_{2233}a_{22}a_{33}(a_{22} + a_{33}), \\ C_{1122} &= A_{1122} + B_{1122}(a_{11} + a_{22}), \\ C_{1133} &= A_{1133} + B_{1133}(a_{11} + a_{33}), \\ C_{2222} &= (A_{2222} + B_{2222}a_{22}) + \\ &+ 0, 5[B_{2222}a_{22}(1 - a_{22}^2) - B_{1111}a_{11}^3 - B_{3333}a_{33}^3 - B_{1212}a_{12}^3 - \\ &- B_{1212}a_{12}^3 - B_{2323}a_{23}^3 - B_{1313}a_{13}^3] + \\ &+ B_{1122}a_{11}(1 - a_{22}^2 - a_{11}a_{22}) + \\ &+ B_{2233}a_{33}(1 - a_{22}^2 - a_{22}a_{33}) - B_{1133}a_{11}a_{33}(a_{11} + a_{33}), \\ C_{2233} &= A_{2233} + B_{2233}(a_{22} + a_{33}), \\ C_{3333} &= (A_{3333} + B_{3333}a_{33}) + 0, 5[B_{3333}a_{33}(1 - a_{33}^2) - B_{1111}a_{11}^3 - \\ &- B_{2222}a_{22}^3 - B_{1212}a_{12}^3 - B_{2323}a_{23}^3 - B_{1313}a_{13}^3] + \\ &+ B_{1133}a_{11}(1 - a_{33}^2 - a_{11}a_{33}) + \\ &+ B_{2233}a_{22}(1 - a_{33}^2 - a_{22}a_{33}) - B_{1122}a_{11}a_{22}(a_{11} + a_{22}), \\ (5) \\ C_{1212} &= A_{1212} - (B_{1111}a_{11}^3 + B_{2222}a_{22}^3 + B_{3333}a_{33}^3) - \\ &- 2[B_{1122}a_{11}a_{22}(a_{11} + a_{22}) + B_{2233}a_{22}a_{33}(a_{22} + a_{33}) + \\ &+ B_{1133}a_{11}a_{33}(a_{11} + a_{33})], \end{aligned}$$

$$C_{2323} = A_{2323} - (B_{1111}a_{11}^3 + B_{2222}a_{22}^3 + B_{3333}a_{33}^3) - 2[B_{1122}a_{11}a_{22}(a_{11} + a_{22}) + B_{2233}a_{22}a_{33}(a_{22} + a_{33}) + B_{1133}a_{11}a_{33}(a_{11} + a_{33})],$$

$$C_{1313} = A_{1313} - (B_{1111}a_{11}^3 + B_{2222}a_{22}^3 + B_{3333}a_{33}^3) - 2[B_{1122}a_{11}a_{22}(a_{11} + a_{22}) + B_{2233}a_{22}a_{33}(a_{22} + a_{33}) + B_{1133}a_{11}a_{33}(a_{11} + a_{33})].$$

Вид уравнений связи тензоров деформаций и напряжений (4) имеет каноническую форму, традиционную для классических соотношений [11] при следующих ненулевых компонентах податливостей

$$C_{ijkl} \text{ для материала класса ортотропных: } C_{1111}; C_{2222}; C_{3333}; C_{1313}; C_{2323}; C_{1212}; C_{1122} = C_{2211}; C_{1133} = C_{3311}; C_{2233} = C_{3322}.$$

При осевой симметрии задачи в цилиндрической системе координат уравнения состояния (4) и компоненты тензора податливостей четвертого ранга (5) значительно упрощаются с учетом того, что  $t_{13} = t_{23} = 0$  ( $t_{rz} = t_{qz} = 0$ ), а в наборе компонентов тензора напряжений ненулевые значения сохраняют только три:  $S_{11}$ ,  $S_{22}$ ,  $S_{33}$  ( $S_r$ ,  $S_q$ ,  $S_z$ ). Тогда, принимая во внимание указанные особенности, вместо зависимостей (4) имеем:

$$e_r = C_{rr}^0 S_r + C_{rq}^0 S_q;$$

$$e_q = C_{rq}^0 S_r + C_{qq}^0 S_q;$$

$$e_z = 0 \quad \text{и} \quad S_z = C_{rz}^0 S_r + C_{qz}^0 S_q, \quad (4)$$

где

$$C_{rr}^0 = (C_{1111}C_{3333} - C_{1133}^2) / C_{3333};$$

$$C_{qq}^0 = (C_{2222}C_{3333} - C_{2233}^2) / C_{3333};$$

$$C_{rq}^0 = C_{qr}^0 = (C_{1122}C_{3333} - C_{1133}C_{2233}) / C_{3333};$$

$$C_{rz}^0 = -C_{1133} / C_{3333}, \quad C_{qz}^0 = -C_{2233} / C_{3333}.$$

Испытания эталонных образцов, вырезанных вдоль главных осей ортотропии на осевое растяжение и сжатие, а также на сдвиг в соответствующих плоскостях [18, 19], позволяют установить параметры уравнений (4):

$$\begin{aligned} A_{kkkk} &= (1 / E_k^+ + 1 / E_k^-) / 2; \\ B_{kkkk} &= (1 / E_k^+ - 1 / E_k^-) / 2; \quad A_{ijij} = 1 / G_{ij}; \\ A_{ijij} &= -(v_{ij}^+ / E_j^+ + v_{ij}^- / E_j^-) / 2; \\ B_{ijij} &= -(v_{ij}^+ / E_k^+ - v_{ij}^- / E_j^-) / 2, \\ \text{где} \quad v_{ij}^+ / E_j^+ &= v_{ji}^+ / E_i^+; \quad v_{ij}^- / E_j^- = v_{ji}^- / E_i^-; \\ E_k^\pm, v_{ij}^\pm &\text{ – упругие модули и коэффициенты поперечных деформаций} \\ &\text{при осевом растяжении и сжатии вдоль соответствующих осей орто-} \\ &\text{тропии; } G_{ij} \text{ – модуль сдвига в соответствующих плоскостях ортотро-} \\ &\text{пии; } i, j, k = r, q, z. \end{aligned}$$

## 2. Разрешающее дифференциальное уравнение задачи

Для построения дифференциального разрешающего уравнения осесимметричного деформирования толстостенной трубы уравнения связи деформаций с напряжениями (4) необходимо на обратные и представить в форме:

$$s_r = D_{rr}e_r + D_{rq}e_q; \quad s_q = D_{rq}e_r + D_{qq}e_q, \quad (5)$$

$$\text{где} \quad D_{rr} = C_{qq}^0 / \Delta; \quad D_{rq} = -C_{rq}^0 / \Delta;$$

$$D_{\theta\theta} = C_{rr}^0 / \Delta;$$

$$\Delta = C_{rr}^0 C_{qq}^0 - C_{rq}^0{}^2.$$

Независимо от сложности постулируемых физических зависимостей неизбежными остаются фундаментальные законы механики и вытекающие из них статические уравнения и связи деформаций с перемещениями, а также условия неразрывности деформаций. Ввиду этого для ортотропных цилиндрических толстостенных труб, выполненных из материалов с наводимой деформационной неоднородно-

стью, указанные уравнения сохраняют свою справедливость, как и в общей теории деформирования нелинейных анизотропных материалов [23]. Тогда при осесимметричной плоской деформации толстостенной трубы система уравнений равновесия в цилиндрических координатах упрощается и сводится к одному:

$$\sigma_{r,r} + (\sigma_r - \sigma_\theta) / r = 0 \quad (6)$$

Граничные условия задаются традиционным образом, сопоставляя нормальные радиальные напряжения на внутренней и внешней поверхностях:

$$\sigma_{r=R_1} = -P_1; \quad \sigma_{r=R_2} = -P_2 \quad (7)$$

Из шести уравнений неразрывности для рассматриваемой задачи в цилиндрической системе координат нетривиальным сохраняется только одно, которое имеет вид:

$$e_{r,r} - (e_r - e_\theta) / r = 0 \quad (8)$$

При постановке задачи в перемещениях необходимо использовать зависимости (1), (5) и (6), рассмотрев их совместно, совокупность которых будет сведена к одному дифференциальному уравнению:

$$D_{rr}u_{,rr} + D_{rr}u_{,r} / r - D_{\theta\theta}u / r^2 + D_{r\theta}u_{,r} + D_{r\theta}u / r = 0 \quad (9)$$

Таким образом, сформулировано разрешающее дифференциальное уравнение, описывающая исследуемую осесимметричную задачу, которую можно решить численно с учетом граничных условий (7). Однако граничные условия при этом необходимо выразить через перемещения и привести к виду:

$$u_{,r} + k_1u = \bar{P}_1; \quad u_{,r} + k_2u = \bar{P}_2 \quad (10)$$

$$\text{где } \bar{P}_m = P_m / D_{rr}, \quad k_m = D_{r\theta} / D_{rr}r_m; \quad m = 1, 2$$

При постановке задачи в напряжениях необходимо использовать уравнение неразрывности деформаций (8), в котором деформации вводятся через напряжения (4), а также напряжения  $S^q$  заменяются на  $S_r$ , определяемые из статических условий (6). Прделав подобную математическую процедуру приходим к следующему уравнению рассматриваемой задачи:

$$C_{\theta\theta}^0 \sigma_{r,rr} + (3C_{\theta\theta}^0 + rC_{\theta\theta,r}^0) \sigma_{r,r} / r - [(C_{rr}^0 - C_{\theta\theta}^0) - r(C_{r\theta}^0 + C_{\theta\theta,r}^0)] \sigma_r / r^2 = 0 \quad (11)$$



Граничные условия (7) остаются без изменения.

### **3. Методы решения полученных дифференциальных уравнений**

Очевидно, что уравнения (9) и (11) являются нелинейными и решить их что называется «в лоб» не удастся. Поэтому для их решения предлагается использовать приближенные методы: конечно-разностный или метод малого параметра. В частности, получить решение уравнения (9) удастся только численно, а для решения уравнения (11) можно прибегнуть к методу возмущения по параметру. Однако это будет изложено в последующих работах.

#### **Библиографический список:**

1. Розе А.В., Жигулин И.Г., Душин М.Н. Трехармированные тканые материалы // *Механика полимеров*. 1970. № 3. С. 471–476.
2. Каргин В.А. Энциклопедия полимеров. М.: Советская энциклопедия, 1972. Т. 1. 1224 с.
3. О нелинейном деформировании углепластиков: эксперимент, модель, расчет / Е.В. Амелина др. // *ИВТ СО РАН: Вычислительные технологии*. 2015. Т. 20. №5. С. 27–52.
4. Идентификация механических характеристик армированных волокнами композитов / Р.А. Каюмов, С.А. Луканкин, В.Н. Паймушин, С.А. Холмогоров // *Ученые записки Казанского университета. Физико-математические науки*. 2015. Т. 157. Кн. 4. С. 112–132.
5. Калинин Ю.А., Боровикова С.М. Исследование физико-механических свойств хаотически наполненных стеклопластиков // *Механика полимеров*. 1971. №3. С. 411–415.
6. Development of the recommendations on selection of glass-fiber reinforced polyurethanes for vehicle parts / L.N. Shafigullin, A.A. Bobrishev, V.T. Erofeev, A.A. Treshchev, A.N. Shafigullina // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. Vol. 10. №23. P. 43758-43762.
7. Sulfur composite technology from oil refinery waste / A.A. Yusupova, R.T. Akhmetova, A.A. Treshchev, L.N. Shafigullin, A.V. Lakhno, A.A. Bobrishev // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2016. Vol. 11. Issue 5. №1. P. 3057-3061.
8. Production of Sulfur Composite Materials from Sulfur Containing Waste for Construction Applications / A.A. Yusupova, R.T. Akhmetova, A.A. Treshchev, A.A. Bobrishev, L.N. Shafigullin, G.R. Shayakhmetova // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. July-August. RJPBCS 7(4). P. 1411-1419.
9. Hart P.E. The effect of pre-stressing on the thermal expansion and Young's modulus of graphite // *Carbon*. 1972. Vol. 10. P. 233-236.
10. Hsu Y.S., Bert C.W., Reddy J.N. Thermoelasticity of Circular Cylindrical Shells Laminated of Bimodulus Composite Materials // *Journal of Thermal Stresses*. 1981. Vol. 4. № 2. P. 155-177.
11. Thermal bending of thin rectangular plates of bimodulus composite materials / J.N. Reddy, C.W. Bert, Y.S. Hsu, V.C. Reddy // *Journal Mach. eng. sci.* 1980. Vol. 22. № 6. P. 297-304.
12. Амбарцумян С.А. Основные уравнения и соотношения разномодульной теории упругости анизотропного тела // *Изв. АН СССР. МТТ*. 1969. №3. С. 51–61.
13. Tabaddor F. Two-Dimensional Bi-Linear Orthotropic Elastic Materials // *Journal of Composite Materials*. 1969. Vol. 3. P. 725–727.

14. Мкртчян Р.Е. Закон упругости для слоистого материала, разнородно сопротивляющегося деформациям растяжения и сжатия // *Механика полимеров*. 1978. №2. С. 199–203
15. Jones R.M. Modeling Nonlinear Deformation of Carbon-Carbon Composite Materials // *AIAA Journal*. 1980. Vol. 18. №8. P. 995–1001.
16. Bert C.W. Reddy J.N., Chao W.C. Bending of Thick Rectangular Plates Laminated of Bimodulus Composite Materials // *AIAA Journal*. 1981. Vol. 19. №10. P. 1342–1349.
17. Bert C.W., Gordaninejad F. Deflection of Thick Beams of Multimodular Materials // *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 1984. Vol. 20. P. 479–503.
18. Ломакин Е.В. Соотношения теории упругости для анизотропного тела, деформационные характеристики которых зависят от вида напряженного состояния // *Изв. АН СССР. МТТ*. 1983. №3. С. 63–69.
19. Ramana Murthy P.V., Rao K.P. Finite Element Analysis of Laminated Anisotropic Beams of Bimodulus Materials // *Computers and Structures*. 1984. Vol. 18. №5. P. 779–787.
20. Золочевский А.А. Напряженно-деформированное состояние в анизотропных оболочках из разномодульных композитных материалов // *Механика композитных материалов*. 1986. №1. С. 166–168.
21. Трещев А.А., Теличко В.Г., Ходорович П.Ю. Моделирование напряженно-деформированного состояния толстых цилиндрических оболочек из материалов с усложненными свойствами // *Materials Physics and Mechanics*. 2014. Vol 21. № 1. P. 38-50.
22. The Stress-Strain State Of Layered Orthotropic Conditional Half-Space Taking Into Account Different Resistance / L.N. Shafiqullin, A.A. Treschev, P.Y. Hodorovich, V.T. Erofeev // *Revista Publicando*. 2017. Vol. 4. № 13 (2). P. 109-127.
23. Амбарцумян С.А. *Общая теория анизотропных оболочек*. М.: Наука, 1974. 446 с.



УДК 504.064.45+691.5

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RDF-ТОПЛИВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА**

**Хрипович А.А., Благовещенская Т.С.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь*

*В работе рассмотрены перспективы использования топлива из твердых коммунальных отходов при производстве цемента на предприятиях Республики Беларусь, а также воздействие таких технологий на окружающую среду на примере ОАО «Красносельскстройматериалы».*

*Ключевые слова: RDF-топливо, твердые коммунальные отходы, выбросы в атмосферный воздух, санитарно-защитная зона объекта, воздействие на окружающую среду.*

Проблема утилизации отходов является одной из актуальнейшей проблем в развитии современной промышленности и общества в целом. Переработка отходов, как один из способов по уменьшению объемов образовавшихся отходов, непосредственно связана с задачей сортировки и раздельного сбора отходов во всех сферах жизнедеятельности человека, так как только решение этой задачи делает возможным вторичное или многократное использование значительной части отходов. По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в стране ежегодно образуется около 4 млн. т твердых коммунальных отходов (ТКО), из них 800 тыс. т приходится на долю Минска [1]. За счет раздельного сбора и работы сортировочных предприятий в 2021 году в республике 790,6 тыс. т ТКО передано на переработку, в том числе 384,5 тыс. т бумажно-картонные отходы, 192,1 – стекло, 106 – полимерные материалы, 60 – автомобильные шины и 24 – отработанные масла. Одним из перспективных направлений переработки ТКО является получение энергоносителей или альтернативного топлива.

Альтернативное, или RDF (refuse derived fuel), топливо – это топливо, полученное из отходов. В состав RDF-топлива входят высококалорийные компоненты отходов, обладающие энергетической ценностью. RDF-топливо можно использовать в качестве основного или дополнительного топлива в теплоэнергетике, металлургии, при производстве цемента. Вопросы производства RDF-топлива в Республике Беларусь закреплены в Концепции создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов и его использования, где определены условия и направления использования твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного RDF-топлива. За счет применения RDF-топлива в цементной промышленности и коммунальной теплоэнергетике предполагается заместить импортируемые виды топлива, в том числе: каменный уголь — на 36,6%, или на 152,3 тыс. тонн в год; природный газ — на 43,9%, или на 28,9 млн куб. м [2]. В Республике Беларусь проведена модернизация предприятия по сортировке мусора в г. Гродно с целью получения топлива из ТКО с его дальнейшим использованием на ОАО «Красносельскстройматериалы» в производстве цемента. В настоящее время предприятие производит цемент сухим способом с использованием в качестве топлива каменного угля и торфа. В рамках замены импортного топлива создана и используется установка по переработке и сжиганию использованных шин. Генеральным планом развития предприятия предусмотрена модернизация технологической линии получения цемента и замена части топлива на RDF-топливо [3].

RDF-топливо представляет собой частицы неправильной формы с ограниченными размерами «стружка» или «хлопья», которые по-ставляются россыпью. Для производства топлива из отходов после сортировки могут использоваться следующие виды отходов производ-ства в соответствии с классификатором отходов:

- древесина, в т.ч. кора, опилки, стружка;
- бумага и картон, в т.ч. макулатура;
- отходы пластмасс: полиэтилен, полистирол и пенопласт на его основе, ПЭТ-бутылки, полиэтилентерефталат (лавсан)-пленки, пласт-массовая упаковка и тара из-под парфюмерно-косметических средств;
- отходы резиносодержащие;
- отходы текстильные, отходы производства химических воло-кон и нитей, в т.ч. капрон, полиэфир, вискоза и натуральные волокна.

Должны быть изъяты из сырья и запрещены к использованию для получения RDF-топлива: иные отходы с неустановленной степе-нью опасности и классом опасности, отходы 1 и 2 класса опасности, включая галогеносодержащие, а также отходы поливинилхлорида (ПВХ), фторопласта, ртутьсодержащие отходы, аккумуляторы и др.

**Таблица 1**

Морфологический состав ТКО для получения RDF-топлива.

№	Наименование	Удельный вес в общем объеме, %
1	Отходы бумаги, картона	2,0
2	Отходы стекла	2,4
3	ПЭТ-бутылка	2,2
4	Пленка цветная, бесцветная	1,2
5	Выдувная тара	0,5
6	Жестяная банка	0,1
7	Алюминиевая банка	0,02
8	Пищевые отходы	22,2
9	Зеленые отходы	20,3
10	Строительные отходы, камни, керамика	2,5
11	Ветошь, обувь	1,9
12	Древесные отходы	1,2
13	Бытовая техника	0,04
14	Непригодные к переработке отходы пласт-масс	1,2
15	Непригодные к переработке отходы	19,4
16	Песок, земля	11,0
17	Жидкость	11,9
	ВСЕГО	100,0

Согласно фактическим данным морфологический состав ТКО, поступающих на Гродненский завод по утилизации и механической сортировке отходов (КПУП «ГЗУМСО»), приведен в таблице 1. Предполагается, что состав отходов на вновь созданных предприятиях по механической сортировке и переработке отходов будет аналогичен составу отходов КПУП «ГЗУМСО» и значительная корректировка параметров из-за состава топлива не потребуется. Требования к составу RDF-топлива отражены в технических условиях ТУ ВУ 590118065.076 -2018 «Топливо из отходов», разработанных ОАО «Красносельскстройматериалы».

Первоначально предполагается замена более 50 % каменного угля в общем топливном балансе исходя из теплотворной способности RDF-топлива 20,0 МДж/кг (марка А) и 15,0 МДж/кг (марка В). В технологическом процессе получения цемента сухим способом предполагается использование RDF-топлива марки А в горелке печи и марки В в горелке декарбонизатора. Планируется снижение себестоимости 1 т цемента на 4,9 %.

Как следует из данных таблицы 2, использование RDF-топлива позволит уменьшить количество импортного угля в топливном балансе, а в перспективе возможно дальнейшее увеличение доли RDF-топлива за счет снижения потребления угля или торфа. Как показывает европейский опыт доля RDF-топлива в балансе цементных заводов Германии доходит до 95 %.

С этой точки зрения особую важность приобретают экологические аспекты сжигания RDF-топлива, т.к. необходимо знать как изменится состав выбросов в атмосферный воздух и воздействие предприятия на окружающую среду.

Для более детальной оценки состояния воздушного бассейна территории, прилегающей к предприятию, был выполнен расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с использованием программы УПРЗА «Эколог» (версия 3.00). В результате расчета были определены концентрации загрязняющих веществ в расчетных точках на границе ближайшей жилой застройки и границе санитарно-защитной зоны ОАО «Красносельскстройматериалы». Ближайшая к основной производственной площадке, включающей филиалы №№ 1–3, существующая жилая застройка расположена в 300 м к северо-востоку от границы филиала №1 «Цементный завод» – застройка усадебного типа д. Карповцы, Ближайшие к предприятию дома в д. Карповцы (д. 54) в настоящее время выселены.

В расчете были приняты следующие данные:

1. Акт инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух ОАО «Красносельскстройматериалы» (филиалы №№ 1,2,3,4);

**Таблица 2**

Потребление топлива при производстве цементного клинкера сухим способом

Вид топлива	Существующая технология		Технология с использованием RDF-топлива	
	тыс. т	%	тыс. т	%
Уголь	127,51	43,9	60,67	18,0
Торф	148,68	51,1	148,68	44,1
Шины	14,1	5,0	14,4	4,2
RDF-топливо	–	–	113,7	33,7

2. Проект «Строительство линии для использования твердого топлива на филиале №3 «Известковый завод» ОАО «Красносельскстройматериалы»;

3. Проект «Установка по утилизации изношенных шин во вращающейся печи технологической линии по производству клинкера "сухим способом" на филиале №1 «Цементный завод».

Проектируемая ситуация учитывает уменьшение объема выбросов загрязняющих веществ за счет сокращения объема сжигания каменного угля и увеличение объема выбросов поллютантов за счет сжигания RDF-топлива. В ходе реализации проектного решения изменяются выбросы одного источника, появляется 6 новых организованных стационарных источников и один неорганизованный стационарный.

Расчет приземных концентраций выполнен с учетом фоновых концентраций и данных об окружающей застройке для расчетной площадки прямоугольной формы с размером сторон 5000x5000 метров и шагом сетки 100 метров. При этом учтено совместное воздействие всех стационарных источников выбросов, расположенных на территории завода и выбрасывающих идентичные загрязняющие вещества.

Расчет рассеивания выполнялся для загрязняющих веществ и групп суммаций, присутствующих в выбросах от источников выбросов, задействованных в проектных решениях и претерпевающих изменения. При расчете учитывались выбросы существующего производства. Расчет рассеивания вредных веществ в атмосфере был выполнен для наихудшего периода года - летнего. Высота площадки принята 2 м. Для обеспечения наихудших условий выполнения расчетов заложена одновременность работы проектируемых и изменяемого источников

выбросов загрязняющих веществ. Результаты расчета рассеивания представлены в таблице 3.

**Таблица 3**  
Результаты расчета приземных концентраций загрязняющих веществ

№ п/п	Код	Наименование загрязняющего вещества	Значение максимальной концентрации в долях ПДК (с учетом фона/без учета фона)			
			существующая технология		технология с RDF-топливом	
			на границе СЗЗ	в жилой зоне	на границе СЗЗ	в жилой зоне
1	301	Азота оксид	0,30/0,15	0,32/0,17	0,31/0,16	0,32/0,17
2	330	Серы диоксид	0,09/0,08	0,09/0,08	0,09/0,08	0,09/0,08
3	337	Углерода оксид	0,16/0,01	0,16/0,01	0,16/0,01	0,16/0,01
4	2902	Твердые частицы	0,56/0,29	0,45/0,18	0,57/0,30	0,45/0,18
5	6009	Группа суммации	0,39/0,15	0,41/0,17	0,39/0,15	0,41/0,17
6	0316	Гидрохлорид	–	–	н/о	н/о
7	0342	Гидрофторид в пересчете на фтор	–	–	н/о	н/о

н/о – ниже предела обнаружения, расчет нецелесообразен

Анализ расчета рассеивания показал, что превышения предельно-допустимых концентраций во всех расчетных точках по всем ингредиентам, которые претерпевают изменения в результате реализации проекта, отсутствуют при реализации предусмотренных проектом решений.

Таким образом, при реализации проектного решения не произойдет ухудшение состояния атмосферного воздуха в районе ОАО «Красносельскстройматериалы». Значения расчетных концентраций на границе санитарно-защитной и жилой зоны практически не претерпели изменений. Зона воздействия проектируемого объекта, фиксируемая по показателю 0,2 ПДК наихудше рассеивающегося загрязняющего вещества (без учета фоновых концентраций загрязняющих веществ), проходит на расстоянии более 2 км от производственной площадки завода по румбам СЗ, С, ЮВ, Ю. По румбам СВ, В, ЮЗ, З - не более 1 км относительно границ промплощадки. Ввиду вышеизложенного и ис-

пользования оборотной системы водоснабжения с отсутствием стоков в водные объекты, ОАО «Красносельскстройматериалы» не оказывает значимого трансграничного воздействия на окружающую среду. Зона значимого вредного воздействия локализована в границах промплощадки за исключением южного румба (до 200 м от границы промплощадки).

Таким образом, воздействие на атмосферный воздух от проектируемой технологической линии для использования RDF-топлива при производстве клинкера «сухим способом» на филиале №1 «Цементный завод» ОАО «Красносельскстройматериалы» будет в пределах установленных в Республике Беларусь нормативов качества атмосферного воздуха. При этом необходимо проведение корректировки проекта расчетной санитарно-защитной зоны ОАО «Красносельскстройматериалы».

#### **Библиографический список**

1. <https://www.belta.by/interview/view/kak-menjaetsja-klimat-cto-s-ekologiej-i-dobychej-poleznyh-iskopaemyh-8207/> (дата обращения 14.10.2022).
2. Об утверждении Концепции создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов и его использования: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22 августа 2016 г. № 664 [Электронный ресурс] // Совет Министров Республики Беларусь. URL: <http://government.by/ru/solutions/2598> (дата обращения: 06.10.2022).
3. <https://cement.ru/content/news/beloruskie-krasnoselskstroymaterialy-sozdayut-tehnologicheskuyu-liniyu-dlya-rdf-topliva/> (дата обращения 14.10.2022/)



УДК 564.48.01

## **ВЛИЯНИЕ СТРОЕНИЯ И СТРУКТУРНОЙ ТОПОЛОГИИ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОГНЕЗАЩИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

**Абдукадиров Ф.Б., Мирисаев А.У., Саггаров З.М.**  
*Ташкентский архитектурно-строительный институт,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

*В статье показано, что целлюлозе, как и другим волокнистым материалам свойственны некоторые недостатки, основным из которых является повышенная горючесть и низкая огнестойкость. Приоритетным направлением в области химии*



*и технологии хлопковой целлюлозы в настоящее время является разработка огнестойких целлюлозных материалов на основе безотходной, экологически чистой и ресурсосберегающей технологии, позволяющей получить импортозамещающих продуктов.*

*Ключевые слова: целлюлоза, горение, огнестойкость, модификация, хлорирование, щелочь, фосфорилирование.*

Целлюлозе, как и другим волокнистым материалам свойственны некоторые недостатки, основным из которых является повышенная горючесть и низкая огнестойкость. Приоритетным направлением в области химии и технологии хлопковой целлюлозы в настоящее время является разработка огнестойких целлюлозных материалов на основе безотходной, экологически чистой и ресурсосберегающей технологии, позволяющей получить импортозамещающих продуктов [1].

Известно, что в Узбекистане в настоящее время функционируют два крупных химических предприятия по производству ацетатов целлюлозы и волокон на их основе с мощностью 15 тыс. тонн в год каждый. Основным сырьём для этих предприятий является древесная целлюлоза, завозимая из стран СНГ за валюту. С приобретением независимости Республики Узбекистан и разрывом экономических связей между республиками бывшего Союза завоз древесной целлюлозы резко сократился, и эти предприятия работают в неполную силу [2].

В этом аспекте, разработка огнестойких целлюлозных материалов на основе безотходной, экологически чистой и ресурсосберегающей технологии на базе местного сырья и промышленных отходов, с целью получения хлопковой целлюлозы для дальнейшей химической переработки, в частности для ацетилирования, является весьма актуальной задачей.

Настоящая проблема актуальна также и тем, что в настоящее время в Республике функционирует завод по производству хлопковой целлюлозы, где можно промышленно освоить разработанные технологии по получению огнестойких целлюлозных волокон [3].

Как известно, такие характеристики целлюлозы как степень полимеризации (СП), молекулярно-массовое распределение (ММР), плотность, сорбция и другие связаны с ее надмолекулярной и морфологической структур. В производстве искусственных волокон присутствие гель-частиц в прядильных растворах и их количество оказывают отрицательное влияние на процессы фильтрования прядильного раствора и формирования волокна. В свою очередь, наличие гель-частиц, их количества и форма непосредственно связаны с надмолекулярной структурой целлюлозы. В связи этим, является необходимым исследо-

вание особенностей надмолекулярной структуры и молекулярных характеристик целлюлозы, предназначенной для химической переработки для оценки ее реакционной способности к эфирированию, а также для получения прядильного раствора с меньшим содержанием гель-частиц, предназначенных для формирования волокон и пленок [4].

Целью данного исследования является установление количественной зависимости СП, ММР, содержание гель частиц в растворах некоторых технических целлюлозы от их надмолекулярной и морфологической структур. Объектами исследования служили: хлопковая целлюлоза, целлюлоза фирмы “Бакай” для вискозообразования, древесная целлюлоза (хвойная) полученная сульфатным способом варки и предназначенная для производства кордных волокон.

Образцы целлюлозы были изучены методами электронной микроскопии, рентгенографии, вискозиметрии, турбодиметрии и сорбции паров воды. Количества гель частиц в прядильных растворах были определены на оптическом приборе, созданном для отчета макро гель частиц в растворах ацетилцеллюлозы.

В качестве растворителя был использован кадоксен. При турбидиметрическом титровании, использованном для количественной оценки молекулярной неоднородности и ММР образцов целлюлозы, применялась система: растворитель- кадоксен, осадитель- *n*-пропиловый спирт +50% этилендиамин (9:1). Величины сорбции паров воды измеряли гравиметрическим методом на весах Мак-Бена при 250°C.

Электронно-микроскопические фотографии поверхностной структуры, внутренних фибриллярных участков и гидролизованных препаратов исследуемых образцов целлюлозы существенно отличаются между собой. Из микрофотографии видно, что поверхность целлюлозных волокон полностью очищена от не целлюлозных спутников. У значительной части волокна удалена первичная стенка и четко выявляется  $\dot{S}_1$ -слой вторичной стенки. Наблюдаются участки волокна, где обрывки *P*-слоя, слабо связаны с вторичной стенкой. Поверхность волокон целлюлозы фирмы” Бакай” полностью очищена от *P*-слоя и видны в основном разрыхленные микрофибриллы  $\dot{S}_1$ -слоя.

Для древесной целлюлозы характерно сохранение первичной стенки на большей части поверхности волокон, что связано с защитным действием лигнина и других не целлюлозных веществ, содержащихся в волокнах древесины в значительном количестве.

В структуре фрагментов вторичной стенки исследованных целлюлоз обнаруживаются определенные различия. Хлопковая целлюлоза имеет плотную упаковку фибриллярной структуры. При диспергировании целлюлозы фирмы “Бакай” образуются широкие фрагменты

вторичной стенки с разрыхленной структурой. Фрагменты внутренней структуры древесной целлюлозы более разупорядочены, чем у хлопковой целлюлозы. Наблюдается нарушение взаимной ориентации фибриллярных агрегатов за счет сдвигов и разрывов микрофибрилл при удалении лигнина между ними. Кристаллиты хлопковой целлюлозы, полученные кислотным гидролизом, существенно не различаются между собой, однако по своим размерам, они несколько длиннее и толще, чем у древесной целлюлозы. Электронно-микроскопические исследования позволяют предполагать, что целлюлоза фирмы “Бакай” была получена в более жестких технологических условиях, чем хлопковая целлюлоза.

В соответствии с заключениями, сделанными выше, на основании электронно-микроскопических наблюдений, находятся также и данные СП указанных препаратов целлюлозы; хлопковая целлюлоза имеет СП порядка 1500, целлюлоза “Бакай” –1100, древесная целлюлоза-1000. Отсюда можно заключить, что в том случае, когда процесс варки протекает сравнительно глубоко, СП целлюлозы соответственно будет меньше. Анализ дифференциальных кривых ММР показывает, что препараты хлопковой целлюлозы резко отличаются друг от друга (рис.2). Так, если кривая ММР хлопковой целлюлозы имеет сравнительно узкое распределение в области СП 600-2200 и содержит один большой максимум при значениях СП 2000-2200, то целлюлоза “Бакай”, характеризуется более широким распределением и имеет 3 максимума при СП 600-1000, 1400-2200 и 2400-2800 соответственно. Отсюда следует, что целлюлоза “Бакай” является более полидисперсной, которая обусловлена, очевидно, глубоким протеканием процесса варки. В случае древесной целлюлозы, наблюдается два максимума на кривой ММР в области СП 500-1000 и 2200-2800.

Изучение сорбции паров воды различными целлюлозными препаратами показало, что изотермы сорбции по своему характеру близки между собой.

Определение количества сорбированной воды показало, что равновесное содержание влаги в древесной целлюлозе, как при низком относительном давлении (0,05-0,03), когда пары воды связываются в основном внутренней поверхностью целлюлозы в виде мономолекулярного слоя, так и в области высоких значений (0,75-0,95), где в основном имеет место капиллярная конденсация, количество сорбированной воды в древесной целлюлозе больше, чем в хлопковой целлюлозе. Сравнение сорбционных способностей хлопковых целлюлоз показывает, что гидрофильность целлюлозы фирмы “Бакай” больше, чем хлопковой целлюлозы. На основании изотермы сорбции были

определены значения удельной поверхности ( $\dot{S}$ ), объема ( $-W$ ), радиуса  $-r$  пор субмикроскопических капилляров и количества сорбированных паров воды у различных образцов целлюлозы.

Значения удельной поверхности ( $\dot{S}_{уд}$ ), рассчитаны в начальной стадии сорбций по уравнению БЭТ [5]. Анализ полученных величин показал, что для древесной целлюлозы  $\dot{S}_{уд}$  по воде может служить характеристикой гидрофильности целлюлозных препаратов [6], что подтверждается и данными по СП целлюлозных препаратов. Когда, процесс варки протекает сравнительно глубоко, то СП целлюлозы соответственно будет меньше, а ее сорбционная способность - больше.

Для получения огнезащищенной хлопковой целлюлозы, которая имеет небольшое количество лигнина, достаточно 0,5-1,0 % хлора от всей массы целлюлозы. Процесс хлорирования происходит очень быстро и в зависимости от глубины хлорирования её продолжительность может колебаться от 15 мин. до 1 часа. Процесс хлорирования проводят с целью разрушения лигнина, путём перевода его в растворимую форму в воде или щелочи, в процессах отбелки и облагораживания.

Нами также изучено влияние различных вариантов совместного применения хлора и элементного фосфора при отбелке целлюлозы на их белизну, жёсткость, степень полимеризации и др. важные показатели. Установлено, что применение смеси хлора и фосфора, а также последовательное применение каждого из них в любом порядке даёт возможность получения целлюлозы лучшего качества по сравнению с применением одного хлора. Здесь сказывается по-видимому, фосфоргалоидный синергизм. Эта способность фосфора и хлора используется на заключительной ступени отбелки, для придания огнезащитных характеристик целевому продукту. Таким образом, можно повышать огнестойкость целлюлозных материалов.

#### **Библиографический список**

- 1.Цоколаев Р. Б., Никольский К. С. Химия и технология эфиров целлюлозы. - Владимир, ВНИИСС, 1994- С- 28-30.
2. Сидиков А.С. Изменение надмолекулярной структуры целлюлозы при активационных обработках фосфорорганическими соединениями/ Сидиков А.С./журнал ХПС, № 6. 2000-С-497-499.
- 3.Леонович А.А.Горения древесных материалов. -М.:Химия.2012 г. -с.340.
- 4.Роговина У.З. Химия и технология целлюлозы. -М.:Химия. 2015 г.-с.267.
- 5.Хардин А.П.,Зельцер И.В. Горение древесины и фанеры. -М.:Строиздат.2014 г.-с.421.
- 6.Мирзоитов М.М., Мухамедгалиев Б.А. Горение древесины. -Т.:ТГТУ, 2013 г. -с.175.



УДК 624.042.42

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК, ПРИЛОЖЕННЫХ К ПОКРЫТИЯМ С УНИКАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМОЙ**

**Ванян М.Р., Теличко В.Г.***Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*В работе рассматривается понятие приложения снеговых нагрузок на покрытия уникальных архитектурных форм. Приведены три уравнения турбулентности, подпроцессы снеготранспорта, суть решения поставленной задачи в программе ANSYS Fluent.*

*Ключевые слова: снеговые нагрузки, снеготранспорт, снеготранспортирование, массообмен, седименты, ANSYS Fluent, аэродинамические трубы.*

Процесс формирования снеговых покровов на большепролетных покрытиях или оболочках является серьезной проблемой в последние годы, особенно в сочетании с глобальным потеплением, провоцирующим реальные возможности изменения в снеговых и ветровых районах.

Отсутствие схемы для определения характера распределения снеговой нагрузки с учетом ссыпания и снеготранспорта (СНИПе, еврокоде и в актуализированной редакции этих документов) усугубляет ситуацию, особенно для большого класса формы оболочки, в частности гиперболических покрытий, что является причиной случайных повреждений и разрушений эксплуатируемых конструкций.

В настоящее время прогнозирование снеговых нагрузок в значительной степени зависит от измерений в аэродинамической трубе. С развитием вычислительной механики в области вычислительной гидродинамики (CFD), все большее число исследователей начинают изучать снеговые нагрузки путем численного моделирования. Между тем численное моделирование имеет преимущества по низкой стоимости, сжатоому сроку и может быть легко использовано для проведения параметрического анализа.

Задача нормирования снеговых нагрузок на покрытия сооружений стала весьма актуальной из-за неоднократного обрушения покрытий зданий. Эта задача является трудной и обширной, ее решение по ряду причин оказывается недостаточным и еще далеким от исчерпания. Формирование «снеговых мешков» на покрытии зависит от гео-

метрических характеристик здания и его положения относительно направления ветра. Учет влияния ветра на образование снежного покрова особенно актуален, когда речь идет о снеговых нагрузках, играющих значительную роль в расчете прочности покрытий, особенно легких. Натурные эксперименты в силу очевидных ограничений не всегда могут дать точные прогнозы, а результаты, получаемые на этих моделях, нельзя в полной мере экстраполировать на полноразмерные объекты, так как требования критериев подобия противоречили бы друг другу.

Первые попытки использовать технологии численного моделирования для расчета снеговых нагрузок были предприняты еще в начале 90-х годов прошлого века. В этот период началось активное строительство гражданских и промышленных объектов в высокогорных районах Франции и Норвегии, для которых была характерна повышенная вероятность схода лавин с соответствующими катастрофическими последствиями. В связи с этими обстоятельствами появилась идея использовать методы вычислительной гидродинамики для моделирования процессов снегоотложения и снеготранспорта [1].

В 1998 году французский ученый Naaim опубликовал работу [4], которая стала основой для разработки современных моделей снеготранспорта и снегоотложения. Для моделирования массообмена между воздухом и снегом Naaim предложил «эрозивную» модель, в которой процесс массообмена зависит от характеристик турбулентности основного потока, от критической скорости потока (скорость потока, соответствующая началу переноса частиц снега) и локальной концентрации снега [1].

В предыдущих исследованиях, где моделировали снеговые нагрузки, использовалось множество различных моделей турбулентности. В [3] применили стандартную модель  $k-\epsilon$  и указали, что необходимо критически изучить влияние неточности в отношении изотропной турбулентности при накоплении снега и эрозии.

Однако [7] использовали исправные модели  $k-\epsilon$  в моделировании снеготранспорта и снегоотложений и сравнили результаты со стандартным  $k-\epsilon$ .

Сравнительный анализ был проведен в [5], где исследуется обтекание забора двухфазным потоком с применением различных моделей турбулентности (включая модель RSM, модель SST  $k-\omega$ ,  $k-\epsilon$  модель и  $k-k1-\omega$ ). Здесь авторы пришли к выводу, что модель  $k-k1-\omega$  лучше согласуется с экспериментом. Эта модель представляет собой три уравнения турбулентной кинетической вязкости на основании усреднения по Рейнольдсу. Они включают уравнения переноса для турбулентных кинетических энергий  $k_T$ , ламинарная кинетическая энергия

$k_L$  и обратный масштаб турбулентности ( $\omega$ ). Уравнения турбулентности представлены ниже:

$$\frac{\partial k_T}{\partial t} = P_{k_T} + R + R_{NAT} - wk_T - D_T + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( v + \frac{\sigma_T}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k_T}{\partial x_j} \right] \quad (1)$$

$$\frac{\partial k_L}{\partial t} = P_{k_L} - R - R_{NAT} - D_L + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( v \frac{\partial k_L}{\partial x_j} \right) \right] \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \omega}{\partial t} = & C_{\omega 1} \frac{\omega}{k_T} P_{k_T} + \left( \frac{C_{\omega R}}{f_{IR}} - 1 \right) (R + R_{NAT}) \frac{\omega}{k_T} - C_{\omega 2} \omega^2 + \\ & + C_{\omega 3} f_{\omega} \sigma_T f_{IR}^2 \frac{\sqrt{k_T}}{d^3} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( v + \frac{\sigma_T}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k_T}{\partial x_j} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

где  $P_{k_T}$  и  $P_{k_L}$  - генерации турбулентной и ламинарной кинетической энергии,  $R$  представляет собой усредненный эффект пробой турбулентной флуктуации в переходной поток,  $R_{NAT}$  - это естественный переход генерации,  $D_T$  и  $D_L$  – пристеночным диссипации.

Ввиду налипания частиц снегоперенос включает в себя три подпроцесса – ползучесть, сальтацию и взвешивание [6].

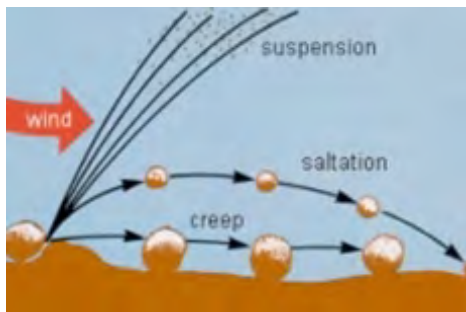
1) Ползучесть седимента (крип) – перекатывание по поверхности крупных наносов (диаметр  $>500 \mu\text{m}$ ), когезия которых с поверхностью сильнее силы ветра/жидкости.

2) Сальтацией называется скачкообразное перемещение средних частиц ( $70\text{-}500 \mu\text{m}$ ) со скоростью в 2-3 раза ниже, чем скорость потока. Частицы диаметром до  $100 \mu\text{m}$  подвержены модифицированной сальтации, которая возникает под действием турбулентных вихрей над поверхностью.

3) Взвешенный слой образуется из мелких наносов и включает краткосрочные ( $20\text{-}70 \mu\text{m}$ , частицы возвращаются в слой сальтации), и долгосрочные ( $<20 \mu\text{m}$ , материал полностью уносится потоком) взвеси.

Отметим, что седименты, участвующие во всех трёх подпроцессах, сталкиваясь между собой, могут либо налепляться, либо разбиваться или разбивать другие частицы, соответствующим образом изменяя протекание переноса, а макрообъекты, формируемые ими (например, сугробы), влияют и на движение всего потока в целом. Комплексность, большое число степеней свободы такой системы, естественная случайность процесса – лишь некоторые из факторов, которые вынуждают исследователей прибегать к статистическим и приближенным методам расчёта.

Задачу снегопереноса предлагается рассматривать в программе Ansys Fluent, поскольку она обладает гибкой системой пользовательских функций UDF-Fluent, для написания которых используется язык программирования С.



**Рис.1. Механика эолового процесса. Источник: NASA (в общем доступе)**

Для решения поставленной задачи необходимо для начала сформировать компьютерную геометрическую модель, произвести ее разбиение на отдельные малые ячейки, то есть создать сеточную модель. После определения набора решаемых уравнений указываются граничные условия. Кроме граничных условий требуется ещё и задание начальных условий в каждой ячейке внутри расчётной области. Затем, итерационными методами программа находит для каждого контрольного объёма такие значения параметров потока, при которых все уравнения выполняются с достаточной точностью. Такой набор значений по всей расчётной зоне называется сошедшимся решением [2].

Проведенный численный эксперимент по решению задачи снегопереноса даёт результат в виде смещения узлов сетки, вызванного наносом или уносом снега, по которому затем строится новая геометрия и булево вычитается из исходной с помощью ANSYS Workbench (модули DesignModeler и Meshing), что позволяет легко получить формы ожидаемых снегоотложений.

**Библиографический список:**

1. Стоянов В.В. Численное моделирование снеговых нагрузок на покрытиях уникальных и современных архитектурных форм. УДК 624.011. С.24
2. Шаблий Л.С., Кривоцов А.В., Колмакова Д.А. Компьютерное моделирование типовых гидравлических и газодинамических процессов двигателей и энергетических установок в Ansys Fluent. Издательство Самарского университета. 2017 С. 108



3. Beyers, J.H.M., Sundsbø, P.A. and Harms, T.M., 2004. Numerical simulation of three-dimensional, transient snow drifting around a cube. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 92(9): 725-747.
4. Naaim, M., Naaim-Bouvet, F., Martinez, H., 1998. Numerical simulation of drifting snow: erosion and deposition models. *Ann. Glaciol.* T. 26, C. 191–196.
5. Sun X., Hon C., Wu Y., 2014. Numerical simulation of snow drifting around building model. *Engineering Mechanics*, 31(4): 141-146 (in Chinese).
6. Tominaga, Y., 2017. Computational fluid dynamics simulation of snowdrift around buildings: Past achievements and future perspectives. *Cold Reg. Sci. Technol.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.coldregions.2017.05.004>
7. Tominaga, Y. and Mochida, A., 1999. CFD prediction of flow field and snowdrift around a building complex in a snowy region. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 81(1–3): 273-282.



УДК 564.48.01

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОГНЕЗАЩИТЫ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Жуманова С.Г., Рахимбабаева М.Ш., Саттаров З.М. Б.А.Мухамедгалиев**  
*Ташкентский архитектурно строительный институт,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

*В статье рассматриваются некоторые вопросы снижения горючести синтетических полимерных материалов. Показано, что горючесть полимеров и композиции на их основе обуславливается не только природой полимера, но и составом образующегося газа, а также наличием негорючих продуктов в газовой фазе.*

*Ключевые слова: горение, термодеструкция, огнезащита, режим горения, модификация.*

Большинство полимеров - органические вещества, которые при температурах выше 500°C воспламеняются и горят. На горючесть полимеров большое влияние оказывают сгораемые наполнители и различные добавки, обычно используемые в пластмассах, присутствие которых в материале может привести к изменению группы возгораемости [1]. Горение полимеров зависит от кинетических параметров химических процессов, протекающих при горении, а также от коэффициента диффузии горючих летучих веществ из материала в газовую фазу; в которой собственно и развивается горение. Во многих исследованиях гетерогенного

горения полимеров и полимерных материалов указывается на существенную роль диффузии. Среди всех выпускаемых промышленностью полимеров трудносгораемых насчитывается не так уж много. К трудносгораемым полимерам можно отнести - политетрафторэтилен, поливинилхлорид, фенольные и карбамидоформальдегидные смолы. Пониженная горючесть этих и подобно им по горючести полимеров обусловлена либо обильным выделением при деструкции негорючих летучих продуктов в газовую фазу, либо ускоренным протеканием коксования. При этом в твердой фазе протекают процессы отщепления, сшивания, циклизации и другие способствующие структурированию материала. Как считают некоторые авторы [2], горение полимеров начинается эндотермической стадией деструкции с образованной остатка и горючих газов, затем происходит экзотермическое сгорание этих газов. Выделяющееся тепло частично уносится, а в основном расходуется на термическую деструкцию новой порции полимера. При таком взгляде на горение полимеров ясно видно связь между термическим разложением и горением, термостабильностью и огнестойкостью. Это подтверждается рядом примеров. Так, в работе [2] было установлено, что в ходе высокотемпературного пиролиза макрокинетика процесса хорошо описывается изотермической кинетикой разложения при 290-370°C. В некоторых работах изучалась связь термостабильности полимеров на воздухе с их горючестью.

В общем случае связь между термостойкостью и огнестойкостью нелинейна. Вследствие того, что горючесть полимеров и композиции на их основе обуславливается не только природой полимера, но и составом образующегося газа, а также наличием негорючих продуктов в газовой фазе, линейная зависимость между горючестью и термостойкостью возможна только для полимера близкого строения. Действительно, с увеличением содержания галогена в полимере термостойкость последнего снижается за счет легкости разрыва связей C-X, а горючесть снижается из-за уменьшения концентрации горючих летучих продуктов в газовой фазе. При самовоспламенении тепловой природы (тепловой взрыв) подводимое извне тепло быстро распределяется по всему объему системы, которая прогревается до температуры окружающей среды. Начальная разность температур определяет лишь период термической индукции, т.е. время прогрева всей системы до температуры окружающей среды. Однако внешний источник тепла не обязателен, в то же время реакция будет протекать по всему объему системы. Скорость реакции экспоненциально зависит от температуры. Если тепло, выделяемое в результате химической реакции, не успевает отводиться во внешнюю среду, происходит самопроизвольное повышение температуры и самоуско-

рение реакции. Воспламенение начинается в центре системы, где реализуется наихудшие условия теплоотвода. Размер системы, определяющий скорость теплоотвода, имеет существенное значение для режима самовоспламенения. Поскольку реакция протекает во всем объеме, самовоспламенение иногда называют объемным воспламенением. При вынужденном воспламенении размер системы незначителен. Подводимое извне тепло не успевает распределиться по всему объему системы. На участке локального подвода тепла возникает самоускоряющаяся химическая реакция, приводящая к воспламенению. Для возникновения вынужденного воспламенения обязательно наличие внешнего источника воздействия. Воспламенение системы осуществляется только в том случае, когда достигаются условия, при которых возможен стационарный процесс горения. Если такие условия не обеспечены, воспламенение не наблюдается или возникшее пламя не распространяется и гаснет. Последнее условие характерно для вспышки. Специфика физико-химических процессов, обуславливающих возникновение горения различных синтетических полимеров, находит отражение в развитых теориях воспламенения твердых топлив. Важной проблемой является выявление точных количественных критериев воспламенения и определение критических условий возникновения устойчивого горения. Изучение околопредельных явлений формирования и гашения пламени, по-видимому, особенно перспективно для выяснения механизма появления пределов [3]. Возникновение горения синтетических полимеров чаще всего обусловлено их вынужденным воспламенением. В этом случае критические условия воспламенения зависят во многом от свойств источника зажигания. Самовоспламенение и воспламенение цепной природы, т. е. возникновение самоускорения реакции под влиянием активных частиц или атомов, в чистом виде обнаружены только при низких давлениях в некоторых газообразных системах. В этом случае практически отсутствует разогрев системы за счет химической реакции. Взрывной характер реакции в изотермических условиях представляет редкое явление. Зарождение и возникновение горения обычных синтетических полимеров в тривиальных условиях эксплуатации осуществляется чаще всего в результате газофазного воспламенения горючих продуктов термической и термоокислительной деструкции полимеров. В этом случае особенно важен учет диффузионных явлений, анализ их влияния на развитие самоускорения экзотермических реакций окисления. Для большинства синтетических полимеров нет соответствия между температурами самовоспламенения полимеров и продуктов их пиролиза. Такое соответствие найдено только между температурами самовоспламенения некоторых полимеров таких как полиэтилен, поли-

стирол, полихлоропрен, поливинилхлорид, полиамид и продуктов их термоокислительной деструкции. Следовательно, воспламенение полимеров начинается с интенсивного термического разложения, а само воспламенение обусловлено процессами термической деструкции полимеров и термоокислительной деструкции продуктов термического разложения и поверхностного слоя полимера, поскольку при высоких температурах, особенно на первых стадиях горения, не происходит диффузии окислителя в глубь материала. Обычно поток частично разрушенных, пиролизованных частиц из внутренних слоев материала к поверхности превалирует над потоком активных частиц из пламени и окислителя к свежим, не разрушенным слоям полимерного материала.

Деление на пространственные зоны целесообразно проводить с учетом особенностей процессов, протекающих в той или иной зоне и значительно различающихся по механизму. По этому принципу можно выделить процессы, протекающие в твердой фазе, где осуществляется «подготовка» материала к горению, и процессы, протекающие в газовой фазе, где распространяется пламя. Поскольку при воздействии источника тепла или пламени на полимерный материал нагревание и деструкция во внутренних и поверхностных слоях полимера происходят по-разному, имеет смысл выделить эти две зоны. Таким образом, для более полного исследования всех процессов целесообразно рассматривать пять пространственных зон горения. Первая зона включает в себя слои полимерного материала, прилежащие к поверхностному слою. В ней протекает пиролиз при довольно незначительной доле процессов окисления. Вторая зона - поверхностный слой полимера, который подвергается термоокислительной деструкции. В процессе взаимодействия активных частиц пламени с поверхностью полимерного материала возможны "активация" поверхностных слоев и "коррозия" материала.

В третьей зоне (газообразной, предпламенной) низкомолекулярные продукты, образующиеся в первых двух зонах, смешиваются с нагретым воздухом, разлагаясь и окисляясь под воздействием кислорода или свободных радикалов, диффундирующих из пламени. Четвертая зона (зона пламени) начинается в месте, где имеется достаточная для распространения пламени концентрация продуктов разложения, где выделяется основная часть тепловой энергии и наблюдается максимальная температура и световая эмиссия. Пятая зона - зона продуктов сгорания или догорания, где завершается большинство окислительных реакций, продукты реакции смешиваются с холодным, окружающим воздухом, а выделяющаяся тепловая энергия вместе с соответствующей энергией из зоны пламени поступает к еще неповрежденным участкам полимера за счет конвекции и излучения. Горение полимеров и композиции на их

основе можно разделить на четыре или пять временных стадий, относящихся к нагреву, деструкции, воспламенению и горению. На первой стадии происходит взаимодействие источника горения с материалом, вырождающееся в большинстве случаев в нагревании материала, степень и скорость которого зависят от теплопроводности материала, скрытой теплоты его плавления или испарения, теплоемкости примесных добавок, от характера источника горения. При этом нагревание сопровождается воздействием на материалы светового импульса, активных частиц пламени или ионизированного газа. Если "активация" поверхности сопровождается экзотермическими эффектами, возрастает вероятность самовоспламенения материала. Вследствие дальнейшего развития первичных и химических процессов полимер деструктурирует (вторая временная стадия). Скорость этой стадии зависит от многих причин, например, от числа слабых связей, наличия веществ, которые могут служить катализаторами или ингибиторами процесса деструкции и т.д. Некоторые авторы [2] делят вторую временную стадию на две: деструкцию и разложение, - хотя физический смысл такого деления не ясен, так как разложение уже включает процессы, относящиеся к деструкции полимеров и композиции. Иногда делается оговорка, что процесс деструкции, относится только к полимеру, процесс же разложения - к полимеру и к продуктам деструкции в третьей зоне, причем разложению свойственно разрушение главных связей, а деструкции - в основном слабых связей. Скорость деструкции, или разложения, зависит от температуры, скорости подвода энергии от источника горения, суммарной теплоты и условий горения. В процессе разрушения полимера на стадии деструкции образуются продукты, которые представляют собой в последних трех зонах горючие и негорючие газы, дым, а в первой и второй зонах - жидкости и твердое тело (кокс). Стадия воспламенения (третья стадия) характеризуется температурой воспламенения образовавшихся при деструкции соединений, температурой отходящих газов, концентрациями горючих газов и окислителя, необходимыми для воспламенения и горения. При наличии этих условий на границе предпламенной зоны и зоны пламени возникает пламя. Пламя распространяется в определенной области, называемой фронтом пламени или волной горения. Стадия горения (четвёртая стадия) может развиваться в том случае, если выделяется избыток тепловой энергии и достаточное количество ее поступает в зону деструкции и предпламенную зону, кроме того, если в зоне горения существует достаточная концентрация горючих веществ и окислителя. В большинстве случаев при горении синтетических полимеров и композиции на их основа горючие продукты деструкции и

разложении разбавляются негорючими продуктами, а также частицами, ингибирующими горение.

**Библиографический список:**

1. Миркамилов Т.М., Мухамедгалиев Б.А. Полимерные антипирены. Т.ГТУ, 1996 г. с.278.
2. Асеева Р.М., Заиков Г.Е. Горение полимерных материалов. М.Химия. 1982 г.с.175.
3. Берлин Ал.Ал., Халтуринский Н.А. Горючесть полимеров. М.Химия. 1998 г.с.234.



УДК 549.01.48

## **НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РЕАГЕНТОВ ДЛЯ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ И ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ**

**Муродов Б.З., Саттаров З.М.**

*Ташкентский архитектурно-строительный институт,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

*В статье отмечено, что буровые растворы имеют важное значение для успешного бурения, для повышения производительности и снижения количества времени, которое требуется для достижения нефти. Показаны конкретные области практического применения разработанных новых стабилизаторов.*

*Ключевые слова: отход, переработка, утилизация, экология, токсичность, вязкость, плотность, дисперсность, бурение, коллектор, скважина.*

Газовые и нефтяные скважины в Западном Узбекистане относятся к под- и межслоевым отложениям. Поэтому большой проблемой является регулирование структурно-механических, реологических и фильтрационных свойств буровых растворов, используемых при разбуривании нефтегазовых скважин [1].

В последнее время все большее внимание уделяется к проблеме создания новых, высокоэффективных и доступных буровых растворов, т.к. в основном большинство компонентов и модификаторов буровых растворов завозится из-за рубежа, они дорогие, труднодоступные, не устойчивые климатическим условиям Центральной Азии, и в некоторых случаях токсичными и вредными для окружающей среды. Основ-

ной функцией бурового раствора является также очистка забоя от разрушенной долотом породы и вынос шлама из скважины. Чем быстрее удаляются потоком бурового раствора осколки породы с забоя, тем эффективнее работает долото. Для решения этой проблемы и поставленной задачи нами были разработаны новые стабилизаторы буровых растворов на основе отходов химической и пищевой промышленности Республики Узбекистан.

Целью проводимых нами исследований является вовлечение отходов химической промышленности и вторичных сырьевых ресурсов Республики Узбекистан для получения новых высокоэффективных, дешевых и доступных стабилизаторов буровых растворов. Поиск и разведка месторождений нефти и газа на новых площадях и рост глубин бурения предопределили объективную необходимость в совершенствовании составов буровых растворов [2].

В этом аспекте представляло интерес изучение физико-химических свойств, разработанных нами на основе отходов водорастворимых полимеров, которые как нам кажется, могут найти широкое применение в перспективе в приготовлении буровых растворов, в особенности устойчивых к воздействию агрессивных флюидов. В качестве объекта исследований были нами применены сополимеры отходов процессов делинтации семян хлопчатника с ГИПАН.

В случае проведения реакции, привитой сополимеризации при температуре выше, чем 363К, наблюдается снижение степени превращения. Самое интересное заключается в том, что продукты реакции, полученные в течении менее 30 мин, представляют собой набухающие гелеобразные структуры. Полученные сополимеры ГИПАНа с лигносульфонатом устойчивы к действию растворов кислот, щелочей. Изучение зависимости вязкости и рН от концентрации растворов Гипана, сополимеров и лигносульфоната показало, что с ростом концентрации сополимера в растворе значение рН изменяется незначительно. Установлено, что для растворов свежеприготовленного сополимера характерен свернутый тип структуры в виде бесформенных агрегатов, изменяющихся в зависимости от концентрации сополимера, система в этом случае является гомогенной. Со временем (в течение 5 час) в системе происходит ориентация, особенно в концентрированных растворах. При дальнейшем хранении раствора (после 24 часа), возникает второй тип структуры – фибриллярные надмолекулярные образования, благодаря чему гомогенная система становится микрогетерогенной. Повидимому, глобулярный тип структуры обуславливается незначительной степенью электролитической диссоциации функциональных групп и низкой их гидратацией. Старение сополимеров и их растворов связа-

но с омылением амидных групп, что может быть подтверждено увеличением рН водных растворов с уменьшением концентрации. При этом было установлено, что нагревание оказывает на процесс структурирования в растворах сополимеров такое же влияние, как и хранение. Так, при получасовом нагревании при 60°C 10%-ного свежеприготовленного раствора сополимера наблюдается такое же ускорение фибриллообразования, как при хранениях раствора. Исследование изменения вязкости и рН растворов сополимеров в зависимости от концентрации показало, что они обладают слабощелочной реакцией, возрастающей с повышением содержания сополимера в растворе.

У водных растворов сополимера относительная вязкость сильно растет с увеличением концентрации, аномалия вязкости наблюдается уже в области сильно разбавленных растворов, причем для сополимера она выражена сильнее, чем для лигнина и лигносульфоната. Аномалия вязкости сополимера, даже сильно разбавленных растворов обусловлена наличием в них надмолекулярных структур.

При хранении растворов сополимеров происходит упорядочение фибриллярных структурных элементов. Появление таких волокнистых структур (выпрямление пучков макромолекул), по-видимому, обусловлено дальнейшим гидролизом амидных групп в щелочной среде, о чем говорилось выше.

В ходе исследования было установлено, что взаимодействие разработанного нами водорастворимого сополимера с дисперсными частицами зависит от многих факторов: концентрации сополимера и минеральной суспензии, присутствия электролитов, температуры, засоленности и др. Среди минеральной суспензии систематически и подробно изучены почвенные и глинистые суспензии, завезенные Навбахорского месторождений. Так, влияние разработанного нами сополимера по аналогии с полиакриламидом (ПАА) показал, что полимерные препараты вступают во взаимодействие с почвенными частицами, вследствие чего в суспензии возникает структура. рН почвенной суспензии в присутствии этих полимеров не изменяется, что по-видимому, связано с буферным влиянием почвы на изменение концентрации водородных ионов в смеси.

Методом седиментационного анализа изучалось влияние синтезированного нами сополимера на дисперсность различных минеральных суспензий. Опыты проводили с 0,2%-ным суспензиями, которым через 24 часа после приготовления добавляли растворы сополимера в соответствующих дозировках. Влияние изучали в кинетике через 5, 10, 15 и т.д. минут. Выявлено, что под влиянием сополимера изменяются степень дисперсности и другие величины, связанные с размерами частиц су-



пензии. Равновесие устанавливается уже после 5 минутного контакта суспензии с полимером. Независимо от вида минеральной системы радиус наивероятнейших частиц увеличивается, что свидетельствует об агрегировании частиц дисперсной фазы под влиянием полимерной добавки. Агрегирование дисперсной фазы происходит в пределах оптимальной дозировки полимера. Дальнейшее повышение концентрации сополимера способствует увеличению дисперсности и, соответственно, уменьшению величины наивероятнейшего радиуса частиц, что может являться следствием распада сформировавшихся агрегатов под влиянием полиэлектролита и стабилизация частиц суспензии.

Установлено, что в разбавленных растворах синтезированные сополимеры ионизированы полностью, но из-за сравнительного небольшого количества свободных карбоксильных групп в его составе эффект ионизации не слишком выражен. Электронно-микроскопическими исследованиями установлено, что для растворов свежее синтезированных сополимеров характерен свернутый тип структуры в виде бесформенных агрегатов, изменяющихся в зависимости от концентрации сополимеров, система в этом случае является гомогенной. Со временем (в течение более 10 часов) в системе происходит ориентация, особенно в концентрированных растворах. При дальнейшем старении (более 1 го месяца) раствора возникает второй тип структуры – фибриллярные надмолекулярные образования. Благодаря чьей гомогенная система становится микрогетерогенной. Процессы старения с образованием фибриллярной структуры имеют место также в порошкообразных сополимерах ГИПАНА с лигнофосфатом. По-видимому, глобулярный тип структуры обуславливается незначительной степенью электролитической диссоциации групп  $-\text{CON}^+\text{H}_3$  и низкой их гидратацией. Старение сополимеров и его растворов связано с омылением амидных групп, что может быть подтверждено увеличением pH водных растворов с уменьшением концентрации. Благодаря омылению амидной группы в цепи макромолекулы сополимера возникают новые функциональные группы  $-\text{COONH}_4$ , степень диссоциации которых во много раз больше, чем амидных групп [3]. Из-за электростатического отталкивания одноименно заряженных групп  $\text{COO}^-$  макромолекулы выпрямляются. При этом создаются благоприятные условия для возникновения связей между макромолекулами, что усиливает их взаимную ориентацию и приводят к формированию фибрилл. Нагревание оказывает на процесс структурообразования в растворах сополимеров такое же влияние, как и хранение. Так, при получасовом нагревании при  $60^\circ\text{C}$  10%-го свежеприготовленного раствора сополимера ГИПАНА с лигнофосфатом наблюдается такое же

ускорение фибриллообразования, как при старении раствора, такое явление отсутствует при нагревании растворов сополимеров ГИПАНА с четвертичными солями. Это, по-видимому, объясняется координационным строением последних, а также наличием надмолекулярной структуры [4]. Электронно-микроскопическое исследование и других продуктов ГИПАНа показало, что они являются микрогетерогенными и состоят из разнообразных агрегатов макромолекул. Они соединены в агрегаты различных форм, изменяющиеся в зависимости от концентрации растворов сополимеров. В концентрированных растворах наблюдаются сгустки различной плотности, с переходом от высокой концентрации к низкой создаются благоприятные условия пленкообразования. Дальнейшее разбавление приводит к разрушению пленок. Конечным элементом этого процесса является фибриллярная структура, состоящая из ориентированных распрямленных пучков макромолекул. При старении растворов происходит упорядочение фибриллярных структурных элементов. Для продукта 26-часового гидролиза на электронной микрофотографии раствора видны волокна, состоящие из фибрилл. Появлением таких волокнистых структур, по-видимому обусловлено дальнейшим гидролизом амидных групп в щелочной среде. Исследование структурно-механических свойств растворов сополимеров показало, что при концентрации свыше 1% они дают реологические кривые, характерные для жидкообразных гидрофильных систем.

В ходе проведенных экспериментов было выявлено, что разработанный сополимер, повышает смачиваемость дисперсных систем, что имеет большое значение в прикладных сферах буровых растворов. Смачивание, характеризующееся величиной краевого угла водного раствора сополимера твердого тела можно рассматривать как результат действия сил поверхностного натяжения.

Таким образом, проведенные нами исследования по применению отходов химической промышленности в качестве стабилизаторов буровых растворов показали, что разработанные нами новые реагенты на основе отходов и вторичных ресурсов в значительной мере создают благоприятные условия для обеспечения устойчивости стенок скважины. Выявлены основные прикладные, физико-химические и реологические свойства буровых растворов. Практическое применение разработки может, решить многие экономические и технологические проблемы отрасли.

***Библиографический список:***

1. Булатов А.И., Магазов Р.Р., Шаманов С.А. Влияние показателей свойств бурового раствора и их типов на скорость бурения // Сб. научных трудов научно-технического центра ООО «Кубаньгазпром». - Краснодар, 2014. С. 92 – 103.

- 2.Рязанов А.В. Энциклопедия буровых растворов. –М; Недра, 2009. - 641 с.
3. Баранов В.С. Глинистые растворы в бурении. – М.: Гостоптехиздат, 2013. – 210 с.
- 4.Ковалев А. Ф., Туболкин, О. С. Буровые и тампонажные растворы;–М; Недра. 2014 г. -342 с.



УДК 460.34.02

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ ДОБАВКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИИ**

**Муродов Б.З., Мухамедов Н.А., Саттаров З.М.**

*Ташкентский архитектурно-строительный институт, г.Ташкент,  
Республика Узбекистан*

*На основе проведенных исследований разработано технология получения эффективных композиционных добавок из техногенных отходов – механо-химически активированной смеси «золашлак Ново-Ангренской ТЭС+фосфогипс». С учетом двойного действия на цемент механо-химически активированной смеси «ММК-1» в количестве 15-20% в качестве активной минеральной добавки и регулятора сроков схватывания взамен природного гипсового камня, рекомендовано ее крупномасштабное внедрение.*

*Ключевые слова: цемент, добавка, золашлак, фосфогипс, активация, смесь, прочность, жаростойкость.*

В настоящее время актуальной является проблема созданию новых добавок для цементов и других дисперсных строительных материалов. При этом, все большее распространение, как в упрощений технологии производства получает простой в аппаратном оформлении, но чрезвычайно эффективный метод механохимической активации.

Кинетике механохимической активации дисперсных материалов посвящено много работ [1-2], что связано, в частности, с необходимостью создания математической модели, позволяющей оценивать сорбционные свойства добавок без проведения дорогостоящих и длительных экспериментов. Однако в настоящее время создание такой единой модели механохимической активации осложняется недостаточностью теоретических представлений о механизмах активации молекул из растворов, которые обычно строятся на основе изучения возможности

приложения различных теории механохимической активации на твердых поверхностях. С практической точки зрения большое значение имеют две установленные закономерности. Первая определяет зависимость эффективности сорбции соединений одного гомологического ряда от их молекулярной массы на начальном этапе. При этом по мере увеличения длины цепи добавок эффективность активации вначале увеличивается (что объясняется ростом константы адсорбционного равновесия), а при достижении молекулярной массы добавок некоторой критической величины из-за возникающих стерических препятствий наблюдается обращение правила уменьшение эффективности активации с ростом молекулярной массы.

Вторая закономерность, определяя структуру поверхностного слоя, создает теоретические основы для целенаправленного выбора добавки в конкретных случаях, т.е. процесс активации идет в сторону выравнивания полярности фаз субстрата и очищаемого раствора тем эффективнее, чем больше первоначальная разность полярностей. Отсюда следует также, что активация соединений менее полярных, чем вода, будет происходить эффективнее на поверхности неполярного субстрата (уголь, вермикулит и т.д.), причем, тем интенсивнее, чем меньше растворимость или гидрофильность вещества. Сорбируемость, как и гидрофильность, зависит от строения соединений (входящих в его состав функциональных групп). При этом синтетические добавки, как правило, со значительно более высокой эффективностью, чем вермикулит, повышают лишь отдельные свойства цементов и вяжущих материалов. Кроме того, известные к настоящему времени природные добавки также, как и синтетические, обладают большей, чем вермикулит, сорбционной емкостью лишь к отдельным свойствам. При модификации цементов и вяжущих материалов можно увеличить на несколько порядков сорбционную емкость, увеличение количества пор (в основном микро- и мезопор) также позволяет увеличить сорбционную емкость. В связи с тем, что универсальные сорбенты на основе вермикулита имеют высокую себестоимость, и большую проблему их регенерации, поэтому поиск и создание новых дешевых и эффективных модификаторов для цементов и вяжущих материалов является весьма актуальным на сегодняшний день.

Нами в качестве такого модификатора предлагается использовать механохимически модифицированную золо-шлак Ново-Ангренской ТЭС, содержащий фосфогипс – отход ОАО «Махам-Аммофос». Полученный модификатор представляет собой мелкодисперсный порошок с целым рядом ценных свойств, определяющих область его применения: высокая степень дисперсности; высокая хими-

ческая стойкость в разных средах; хорошо развитая активная удельная поверхность; экологическая чистота и безопасность применения.

Нами были проведены экспериментальные исследования по использованию химически модифицированных золо-шлаков Ново-Ангренской ТЭС содержащий фосфогипс, в качестве модификатора цементов и вяжущих материалов.

Изучение свойств модифицированных золо-шлаков Ново-Ангренской ТЭС, содержащий фосфогипс – отход ОАО «Махам-Аммофос» и процессов модификации цементов показало, что при химической обработке золо-шлаков Ново-Ангренской ТЭС увеличивается ее удельная поверхность, в тот время как сорбционная площадка уменьшается (хотя она значительно превышает размеры самих адсорбируемых молекул). В соответствии с размерами адсорбционной площадки можно сделать вывод, что в результате адсорбции активных центров на поверхности цементов образуется монослой, состоящий из адсорбированных молекул, ряд очень небольшой и обусловлен лишь диссоциацией (при определенных значениях pH среды) функциональных групп –  $\text{SiOH}-\text{AlOH}$  и  $\text{SiOH}-\text{POH}$  образующихся на гранях кристаллов. Следовательно, большее значение имеют минералы типа 2:1. Большой отрицательный заряд сосредоточен главным образом на базальтной поверхности элементарных пакетов и нейтрализован обменными катионами щелочных и щелочноземельных металлов, расположенными в основном в межпакетных пространствах и в виде аквакомплексов, осуществляющими связь между пакетами. Активированные минералы золо-шлаков Ново-Ангренской ТЭС высокодисперсны, имеют развитую поверхность и являются хорошими модификаторами.

Содержание  $\text{SO}_3$  составляет 21,89 % и 13,36 % соответственно в ММК-1 и ММК-2, результаты химического анализа механохимически активированной добавки серии «ММК» указывают на возможность их использования в качестве активных минеральных добавок, и возможно – регулятора сроков схватывания взамен гипсового камня для получения огнестойких и жаропрочных цементов, бетонов и строительных конструкций.

Установлено, что, как и для цеолитов, наряду с ионным обменом характерны физическая и молекулярная сорбция. Физическая сорбция обусловлена наличием некоторого избыточного отрицательного заряда на гранях кристаллов и поверхностных гидроксидных групп кислого и основного характера, способных к ионизации. Наличие фосфатных и OH-групп обуславливает также наблюдаемую у слоистых минералов небольшую способность к анионному обмену в

цементных смесях. При молекулярной сорбции сорбируемые вещества располагаются между плоскостями пакетов, разрушая первоначальные аквакомплексы, но, не изменяя строения самих слоев. При этом расстояние между слоями увеличивается, так как глинистый минерал набухает внутри ламинарно, что отличает его от цеолита, не способного к набуханию. Благодаря этому глинистые минералы обладают высокой избирательностью к органическим ионам и молекулам, по отношению к которым их сорбционная способность даже выше, чем к неорганическим ионам. Это позволяет использовать их для модификации цементных и вяжущих строительных материалов.

Химическая активность и механо-химически активированной добавки «ММК» по поглощению извести составила 54,5 mg, что соответствует минимально допустимой активности, характерной для группы искусственных (техногенных) алюмосиликатных гидравлических добавок. Следовательно, добавка «ММК» является химически активной минеральной добавкой, и классифицируется по происхождению (изготовлению) как добавка искусственная техногенного происхождения, по химическому составу – кислая, по химической активности – гидравлическая.

Практическое применение разработки может решить многие технологические, экономические, экологические проблемы не только отрасли, но и республики в целом.

***Библиографический список:***

1. Денисов В.В. *Производство строительных материалов: учебное пособие / под ред. В.В. Денисова; Ростов на Дону: Феникс: Издат. центр Март, 2018. – 720с.*

2. Акимова Т. А., Кузьмин А.П. *«Природа-Человек-Техника»*. - М., 2016. – 178 с.



**UDK 598.48.54**

**DEVELOPMENT EFFICIENT ADDITIVE ON BASE LOCAL RESOURCE**

**Makhmanov D.M., Abduvaliev A.A., Khakimov A.M.**

*Tashkent institute of architecture and civil engineering, Tashkent city, Republic of Uzbekistan*

*Possibility of the syntheses new lubrications material are shown  
In work to lubricant on base local swam to resource. Possibility of  
the practical application polymeric additive are Shown.*

*The Keywords: additive, polymer, lubricant, polycondensation, depressor, raw material, resurs, colloidal characteristic, molecular-mass distribution.*

The Conditions of the work lubricating oil in modern engine and mechanism become so tense that oil butters in clean type regardless of quality source cheese and methods of its conversion cannot provide their normal work [1]. Entering the functional groups or chemical element in different organic join, used as additive to butter, allows to raise efficiency of the action of these join toward improvement that or other characteristic lubricating oil. So studies in the field of syntheses additive, containing in its composition different functional groups, has important importance with standpoint of the reception multifunctional additive to butter [2].

For the reason syntheses depressor additive us were organized studies on introduction to molecule olygomers  $\alpha,\gamma$ -dichlorgydringlycerin phosphor containing fragment and development to technologies of the reception phosphor containing additive on base  $\alpha,\gamma$ -dichlorgydringlycerin with phosphor containing join, got on base phosphorits of a Central Kyzylkums [3]. From literature known that study of the regularities joint polycondensation galoid containing monomer and phosphor containing join attracts all greater attention of the researchers due to possibility of the creation on their base olygomers with given characteristic. On the other hand, study of the kinetics and mechanism of the interaction digaloids with said join will vastly increase our knowledge's in the field of inconvertible polycondensation processes, and we consider that these studies promote, filling available in this area gap. The Last and shoos the necessaries to research the behavior phosphor containing join, after careful peelings in reaction polycondensation with digaloidalkil, contain in its structure two negative centers ( $\alpha,\gamma$ -dichlorgydringlycerin) to achieve the hithemoleculling an additive on base of the products these reaction.

The Process polycondensation phosphor containing component with  $\alpha,\gamma$ -dichlorgydringlycerin conducted as en masse, so and in ambience of the different organic solvents.

The Regularities polycondensation phosphor containing component (FCC) with  $\alpha,\gamma$ -dichlorgydringlycerin studied at ekvimoling correlations source component in interval of the temperature 333-373 K for 300 minutes. To flow process polycondensation checked potensometric titring acid groups. Since change brought to viscosity and separation of the sodium chloride are a direct result of the described processes, that quantitative estimation two these factor and have served the method of the determination to velocities polycondensation DHG and FCC. As can be seen from got given dependency amount selected as a result polycondensation DHG and FCC

sodium chloride from length of the reactions has S-figurative type. At period from 60 before 150 mines occurs the intensive separation NaCl, characterizing high velocity to reactions polycondensation и. Approximately through 160-245 mines (depending on the temperature) separation NaCl stops, reaching 65-80% from theoretical. Such a regularity is confirmed at description of the process polycondensation DHG:FCC on change brought viscosity of the system and on result of importance's of the acid number of the products polycondensation.

In studied interval of the temperature (343-363 K) - a most velocity to reactions exists under 363K. Processing experimental data by method least square has shown that kinetic curves to the best advantage in coordinate from  $R=0,8$  before completion of the reactions. This has allowed doing the conclusion that in all studied events kinetic given are better described by equation of the second order. On the grounds of warm-up dependency of the process polycondensation is determined its energy to activations, which forms 31,9 kJ/mol. The Products to reactions present itself very viscous incoloring or painted in amber color of the liquids, their physic-chemical features and condition polycondensation were provided in table 1.

The Composition and construction synthesized phosphopolyols are installed by element analysis and methods IK-, PMR-, YAMR 31P-спектроскопией.

In IK-spectrum of the synthesized join are present the bands of the absorption typical of valents of the fluctuations of the following groups: intensive band of the absorption in the field of 2550-2568  $\text{cm}^{-1}$  corresponds to the gidroxil a group, band of the absorption to average intensity in the field of 2360-2368  $\text{cm}^{-1}$  typical of P-H relationships, in the field of 2548-2556  $\text{cm}^{-1}$  - for groups  $-\text{SN}_2-$ , bands of the absorption in the field of 1370-1350  $\text{cm}^{-1}$  have referred to group -P-O-, but intensive band of the absorption in the field of 1255-1260  $\text{cm}^{-1}$  to group R=O. The complex signal is present In PMR spectrum in the field of 4,70-4,22 m.d. containing, as judged by integral crooked three chemical shifts. Probably, multiplet signal corresponds to the finishing an gidroximethylen group olygomer, but multiplet signal in the field of 3,9-3,75 m.d. internal oxiphosphatynг group.

The Eaten through signal in the field of 3,61 m.d. corresponds to oxigrup, connected with phosphorus. Present in such events дублет trace does not introduce possible in view of close located multiplet signal. It Is Installed that under investigation reaction runs in accordance with kinetic equation of the second order, thereby, velocity to reactions proportional concentration digidrophosphat of a sodium (DGFN) and  $\alpha,\gamma$ -dichlorglydryinglycerin in the first degree.



**Table 1**  
Conditions of the syntheses oligomers and some characteristic got phosphopolyol (FCC:DHG=1:1, =5 hours, T=353K)

Ambience	Output, %	C, mol/l	Molecular Mass of a polyols	$n_D^{20}$	$d_4^{20}$ g/sm <sup>3</sup>	$h_{in,0,1}$ KC1
In masse	92,2	1,0	1865	1,4788	1,3184	0,40
ethanol	88,9	2,0	1980	1,4748	1,3071	0,36
Aceton	74,7	1,5	1160	1,4738	1,3134	0,26
i-propanol	85,6	2,0	1669	1,4746	1,3154	0,38

On base called on experimental studies us is installed to flow by reactions polycondensation  $\alpha, \gamma$ -dichloroglydryinglycerin with digidrophosphat sodium, got on base phosphorits of a Central Kyzylkums, is calculated importances of the energy to activations, some thermodynamic parameters of the spontaneous process polycondensations.

In the further study we studied the influence molecular-mass distribution designed by us additives on characteristic as depressor to butter. On gel-hramotograms of the designed additive in some cases peak lowmoleculing were discovered except pica main material to factions- admixture (M=500) and peak hithemoleculing to factions (M=1500-20000). Presence to last, powerfully tells on importance Mw, practically not infusing on Mn that in total brings about essential change relations Mw/Mn.

It Is Installed that modified designed additive of lubricant not subject to sinereris, is herewith revealed that fillers (for instance, graphite) also raise the colloidal stability of lubricant. The Chemical stability of lubricant defined the oxidation an them in bomb under pressure of the oxygen (8 atm) under 100° C or bore the in special ditch in thermostats under raised to temperature. About stabilities judged on amount of the absorbed oxygen, at time and on growth acid number lubricant.

It Is Installed that introduction designed additive in composition of lubricant brings about reduction of water, in consequence of gidrofiling compositions that also reduces the corrosion of the metallic parts mechanism.

Acidity and acid number modified designed by us additive of lubricant defined on GOST 5985 - 59. The Indicator served nitrozing yellow (the delta) or phenolphthalein. When test of many lubricant and special oils, containing oxidized oil product, acid numbers, determined with using nitrozing wanted and phenolphthalein, did not coincide.

Viscosity of plastic lubricant measured on automatic capillary viscosimeter, since she defines the possibility of their leading-in in mechanisms of the start the machines, as well as loss to powers on friction. Particularly, it is important to know viscosity of lubricant under low temperature. Under constant temperature viscosity, it changes depending on velocities of the deformation of lubricant. Usually in standard on lubricant is specified greatly possible importance of viscosity under one or another low temperature and velocities to deformation.

The Limit to toughness on shifts this minimum voltage of the shift, causing destruction of the structured framework of plastic lubricant and transitions it to viscous current. This factor measured on capillary plasto-metr- K2. For the reason production more qualitative goods oils on Alty-Aryks production Fergana oil referenirer plant was perfected lubricant production technology, modified designed additive. Work on production modified oils and solydor was realized in chemical laboratory (HL-1) Alty-Aryks production Fergana NPZ.

It is installed that physic-chemical features modified additive oils hang from structure hydrocarbon, falling into their composition. They are determined by method IR-spectrum, which results are indicative of that that there are unsaturated paraffin join in composition of the diesel oil that explains low density and viscosity given diesel oil.

Us are revealed that on factor of density, cinematic and dynamic viscosity modified fuel be up to quality GOST. It Is Installed that when functioning in mechanical transmissions (in gearbox, in leading bridge) modified designed additive industrial butters show all quality, inherent transmissions butter, answering modern requirements.

Together with that they provide also work micromechanics box of the issues without vibration, slippages and sticking disk tractions. The Last, is an essential advantage phosphor-containing additive before industrial additive of the mark "Ferad" and EFO.

Thereby, we are designed new polyphunktional phosphopolyols, which can be applying as additives to oils material. Since, applicable at present in industry of the additive wedding from-beyond the frontier, they hard obtenium, toxic and roads.

***References and notes.***

- 1. Chernozhukov S.N. The Additives and lubricant. M.HIMIYA.1999*
- 2. Spicyn A.D.,Sanin I.K. Prisochnye material.M.HIMIYA.1998*
- 3. Makhmanov D.M. Avtoref.kand.tehnich.nauk. T.THTI.2011G.S.23.*



УДК 564.48.01

## **ДОБАВКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИИ**

**Мухамедов Н.А., Мурудов Б.З.***Ташкентский архитектурно-строительный институт,  
г.Ташкент, Республика Узбекистан*

*В статье рассмотрены некоторые вопросы повышения огне- и жаропрочности бетонных и железобетонных конструкций. Показаны возможности создания огнезащитных материалов широкого профиля для бетонных, железобетонных, облицовочных и отделочных материалов. Приведены конкретные пути практического применения новых разработок.*

*Ключевые слова: бетон, огнезащита, жаропрочность, полимерная композиция, штукатурка, отделочный материал.*

При проектировании промышленных предприятий следует учитывать специальные требования безопасности. Необходимо, чтобы используемые строительные конструкции обладали требуемой огнестойкостью, т. е. способностью сохранять под действием высоких температур пожара свои рабочие функции, связанные с огнепреграждающей, теплоизолирующей или несущей способностью [1]. Огнепреграждающая способность строительных конструкций характеризует их стойкость к образованию трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя.

Огне- и жаропрочность конструкции зависит от их способности к прогреву. Многие строительные материалы плохо проводят тепло (обладают низкой теплопроводностью). Это объясняется тем, что они имеют пористую структуру, причем в их ячейках заключен воздух, теплопроводность которого мала. Огнестойкость по теплоизолирующей способности характеризуется повышением температуры в любой точке на необогреваемой поверхности конструкции более чем на 190°C по сравнению с ее первоначальной температурой (до нагрева) [2].

В свете вышесказанного, нами на протяжении многих лет проводятся исследования по подбору составов цементных композиций для высокопрочных, огне- и жаростойких бетонов. В качестве минеральных тонкодисперсных добавок использовались различные модификации микрокремнезёма, а также золошлак Бекабадского металлургического комбината. Использование микрокремнезёма позволяет получать цементных композиции с высокими эксплуатационными характери-

стиками. В составы вводились микрокремнезём уплотнённый БМК-04 Бекабадского металлургического комбината, тонкодисперсный осажденный диоксид кремния Кунградского содового завода КСЗ-10, а также микродисперсный кремнезём (МНА-3), полученный гелеметодом из природного диатомита Навбахорского месторождения.

Химические составы усредненных проб золошлака и добавки «МНА» приведены в таблице 1. При расчете составов композиционных добавок учитывали содержание ( $SO_3$ ) в каждом сырьевом компоненте добавки и при принятом соотношении каждого из них, рассчитывали суммарное содержание  $SO_3$  в механических смесях «МНА-3».

**Таблица 1**

Химический состав добавки «МНА»

Наименование компонентов	Содержание массовой доли оксидов, %							
	П.п	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Золошлак	7,97	54,82	21,34	3,18	5,72	1,30	0,56	0,14
Диатомит	19,6	3,04	0,74	0,78	29,44	0,25	43,2	2,42

Для проведения эксперимента изготавливались и испытывались образцы балочки размером 2×2×7 см. Испытания на прочность проходили через 7 суток после изготовления, образцы выдерживались в стандартных условиях.

По данным химического анализа, химический состав добавок МНА-1 и МНА-2, представлен преимущественно оксидами кремния (28,93% и 39,28%), алюминия (11,04% и 15,16 %) соответственно. Содержание  $SO_3$  составляет 21,89 % и 13,36 % соответственно в МНА-1 и МНА-2, результаты химического анализа физико-химически активированных добавок «МНА» указывают на возможность их использования в качестве активных минеральных добавок, и возможно – регулятора сроков схватывания взамен гипсового камня для получения композиционных портландцементов.

По данным, в начальные сроки твердения прочность цементов ПМНА2-15, ПМНА-20, в возрасте 7 сутки составила 29,2 МПа и 25,4 МПа соответственно, что практически не отличается от прочности контрольного цемента ПЦ-Д0 (25,2 МПа).

Химическая активность физико-химически активированной добавки «МНА» по поглощению извести составила 56,2 mg, что соответствует минимально допустимой активности, характерной для группы искусственных (техногенных) алюмосиликатных гидравлических добавок. Следовательно, добавка «МНА» является химически активной минеральной добавкой, и классифицируется по происхождению (изготовлению) как добавка искусственная техногенного происхождения, по химическому составу – кислая, по химической активности - гидравлическая.

Рентгенофазовый анализ физико-химически активированной добавки «МНА» подтверждает присутствие в ее составе как гипсовых минералов, так и гидратных новообразований гидросульфатоалюминатных и гидросиликатных структур: на ее дифрактограмме идентифицируется четко обозначенные аналитические линии гидратов как сульфатсодержащих, так и кальциевых силикатных минералов:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  при  $d/n = 0,315; 0,305; 0,286; 0,278; 0,259; 0,214; 0,189; 0,179; 0,153 \dots \text{nm}$ ;  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  ( $d/n=0,278; 0,232; 0,189; 0,179 \dots \text{nm}$ ); гидросульфатоалюминатов кальция ( $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ ) при  $d/n=0,3,03; 0,257; 0,242 \dots \text{nm}$ ; низкоосновных гидросиликатов кальция ( $\text{C}_2\text{SH}$  (A),  $\text{C}_2\text{SH}$  (C),  $\text{C}_2\text{SH}$  (B) при  $d/n = 0,329; 0,260; 0,241; 0,276; 0,189; 0,180 \dots \text{nm}$ ; гидросиликатов тоберморитовой группы ( $\text{C}_4\text{S}_5\text{H}$ ,  $\text{C}_4\text{S}_3\text{H}$ ,  $\text{C}_6\text{SH}_3$ ,  $\text{CSH}$  (B),  $\text{CSH}$  (A),  $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ ) с  $d/n = 0,296; 0,278; 0,274; 0,214; 0,180; 0,174,160; 0,153; 0,148 \dots \text{nm}$ ; негидратированных двухкальциевых силикатов ( $\alpha\text{-C}_2\text{S}$ ,  $\beta\text{-C}_2\text{S}$ ) при  $d/n = 0,278; 0,262; 0,215; 0,180; 0,175 \dots \text{nm}$  и гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  при  $d/n = 0,262; 0,193; 0,179 \dots \text{nm}$ .

Результаты электронно-микроскопического анализа физико-химически активированной добавки «МНА» подтверждают образование кристаллической структуры в процессе автоклавной обработки смеси диатомита Навбахорского месторождения и золошлака, и что она похожа на структуру твердеющей цементной пасты в ранние периоды твердения и представлена в основном из гидратированных сульфатсодержащих минералов и новообразований в виде гидросульфатоалюминатных и низкоосновных гидросиликатных соединений. При вводе в цемент физико-химически активированной добавки «МНА», эти гидратные новообразования играют роль кристаллических затравок – «центров кристаллизации», которые выступают инициаторами возникновения новых зародышей новообразований гидросульфатоалюминатного и гидросиликатного типа, ускоряют процесс их кристаллизации и формирования кристаллического каркаса твердеющей цементной дисперсии, и как следствие- интенсифицируют процессы

гидролиза и гидратации алюминатных и силикатных минералов ПЦ клинкера. Для исследования влияния физико-химически активированной добавки «МНА» на физико-механические свойства ПЦ АО «Бекабадцемент» приготовлены шихты, включающие «65-85% ПЦ клинкер+15-35% «МНА», а для сравнительных испытаний – «95% ПЦ клинкер + 5% гипсовый камень». Физико-химически активированную добавку «МНА» вводили в сырьевую шихту с учетом содержания в ней 8,56 %  $SO_3$ . Установлено, что в присутствии добавки «МНА» размолоспособность смесей повышается по сравнению с измельчением ПЦ клинкера с 5 % гипсового камня: при постоянно фиксированном времени (40 min), тонкость помола цементов с добавкой «МНА, определяемая по остатку на сите № 008, колеблется в пределах (2-6) % по сравнению с 10 % остатка ПЦ-Д0. Цементы с добавкой «МНА» соответствуют требованиям ГОСТ 10178 по содержанию  $SO_3$  (2,33-3,80%), т.к. по НД оптимальное содержание  $SO_3$  в ПЦ должно быть не менее 1,0 % и не более 4,0% по массе. Скорости начальных реакций цементов с добавкой «МНА» с водой мало отличаются от скорости реакций бездобавочного ПЦ. Процесс начала схватывания цементов ПЦ-Ф15, ПЦ-Ф20, ПЦ-Ф 25 удлиняется на (15-30) min. Увеличение водопотребности добавочных ПЦ объясняется повышенным содержанием в них алюминатных фаз и более тонкой степенью измельчения по сравнению с цементом ПЦ-Д0. В соответствии с экспериментальными данными, прочность цемента с добавкой 15 % «МНА (ПЦ-Ф15), как в возрасте 28 суток нормального твердения, так и при более длительном твердении (3мес) практически не отличаются от прочности цемента ПЦ-Д0.

Исследование генезиса формирования цементного композита на основе модифицированного цемента показало, что его взаимодействие с водой протекает бурно с образованием уже через 1 сут множества мельчайших кристаллических новообразований, покрывающих поверхность клинкерных зерен. Вяжущим компонентом выступал портландцемент марки М400 Кизилкумского цементного завода. что повышение количества МНА-1 свыше 0,5% от содержания цемента положительно сказывается на пределе прочности при сжатии. Максимум прочности при сжатии достигается при содержании уплотнённого микрокремнезёма в количестве 15 % от массы цемента. Данные эксперимента показали, что использование разработанных нами на основе техногенных отходов поликарбоксилатных суперпластификаторов серии «МНА-3», в сочетании с микродисперсными добавками позволяет добиться повышения огне-и жаропрочности на сжатие до 100 МПа и

выше, а также прочности на растяжение при изгибе до 15 МПа на 7-е сутки.

Результатами проведенных огневых испытаний, нами установлено, что полимерная связка, как и карбонатный заполнитель, уменьшает скорость прогрева бетона вследствие происходящих в них реакций разложения, на которые расходуется тепло. Массивные элементы конструкции лучше сопротивляются воздействию огня; предел огнестойкости колонн, нагреваемых с четырех сторон, меньше предела огнестойкости колонн при одностороннем нагреве; предел огнестойкости балок при воздействии на них огня с трех сторон меньше предела огнестойкости балок, нагреваемых, с одной стороны.

Во время пожара защитный слой бетона предохраняет арматуру от быстрого нагрева и достижения ее критической температуры, при которой наступает предел огнестойкости конструкции. Если принятое в проекте расстояние до оси арматуры меньше требуемого для обеспечения необходимого предела огнестойкости конструкций, следует его увеличить или применить дополнительные теплоизоляционные покрытия по подвергаемым огню поверхностям элемента. Нами выявлено, что теплоизоляционное покрытие из известково-цементной штукатурки (толщиной 15 мм), гипсовой штукатурки (10 мм) и вермикулитовой штукатурки или теплоизоляции из минерального волокна (5 мм) эквивалентны увеличению на 10 мм толщины слоя тяжелого бетона. Если толщина защитного слоя бетона больше 40 мм для тяжелого бетона и 60 мм для легкого бетона, защитный слой бетона должен иметь дополнительное армирование со стороны огневого воздействия в виде сетки арматуры диаметром 2,5—3 мм (ячейками 150X150 мм). Защитные теплоизоляционные покрытия толщиной более 40 мм также должны иметь дополнительное армирование.

Таким образом, нами выявлены некоторые возможные варианты повышения прикладных свойств цементных композиции, бетонных и железобетонных огнепреградительных конструкции, введением добавок нового поколения на основе техногенных отходов.

#### **Библиографический список:**

1. Баженов С.И., Львов В.И. *Огнестойкие бетоны*. М.: Стройиздат.1997г.
2. Золотухин И.В. *Специальные добавки к бетонам*. С-Пб.: Химия.2008г.
3. Ибрагимов Б.Т. *Огнестойкие и жаропрочные бетоны. Материалы Республиканской научно-технической конференции «Ёнгина чидамли курилиш материаллари яратининг долзарб муаммолари ва ечимлари»*. Т.2019 й. 28-август.-с.79-82.



УДК 564.48.01

## **ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕ- И ЖАРОПРОЧНОСТИ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИИ ДОБАВКАМИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

**Мухамедов Н.А.,**

*Ташкентский архитектурно строительный институт,*

**Хасанова О.Т., Саттаров З.М.**

*ТашГТУ, г. Ташкент, Республика Узбекистан*

*В статье рассмотрены некоторые вопросы повышения огне- и жаропрочности бетонных и железобетонных конструкций. Показаны возможности создания огнезащитных материалов широкого профиля для бетонных, железобетонных, облицовочных и отделочных материалов. Приведены конкретные пути практического применения новых разработок.*

*Ключевые слова: бетон, огнезащита, жаропрочность, полимерная композиция, штукатурка, отделочный материал.*

При проектировании промышленных предприятий следует учитывать требования пожарной безопасности. Необходимо, чтобы используемые строительные конструкции обладали требуемой огнестойкостью, т. е. способностью сохранять под действием высоких температур пожара свои рабочие функции, связанные с огнепреграждающей, теплоизолирующей или несущей способностью [1]. Огнепреграждающая способность строительных конструкций характеризует их стойкость к образованию трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя.

Огне- и жаропрочность конструкции зависит от их способности к прогреву. Многие строительные материалы плохо проводят тепло (обладают низкой теплопроводностью). Это объясняется тем, что они имеют пористую структуру, причем в их ячейках заключен воздух, теплопроводность которого мала. Огнестойкость по теплоизолирующей способности характеризуется повышением температуры в любой точке на необогреваемой поверхности конструкции более чем на 190°C по сравнению с ее первоначальной температурой (до нагрева) [2].

В свете вышесказанного, нами на протяжении многих лет проводятся исследования по подбору составов цементных композиций для высокопрочных, огне- и жаростойких бетонов. В качестве минеральных тонкодисперсных добавок использовались различные модификации микрокремнезёма, а также диоксид титана. Использование микрокремнезёма позволяет получать бетоны с высокими эксплуатацион-



онными характеристиками. В составы вводились микрокремнезём уплотнённый БМК-04 Бекабадского металлургического комбината, тонкодисперсный осажденный диоксид кремния Кунградского содового завода КСЗ-10, а также микродисперсный кремнезём (МНА-3), полученный гель-методом из природного диатомита Навбахорского месторождения. Обязательным условием при изготовлении специальных бетонов является применение суперпластификаторов. Введение их в цементную композицию позволяет улучшить такие показатели как прочность, долговечность, трещиностойкость, водонепроницаемость, огне-и жаропрочность и т.д. Для проведения эксперимента изготавливались и испытывались образцы балочки размером  $2 \times 2 \times 7$  см. Испытания на прочность проходили через 7 суток после изготовления, образцы выдерживались в стандартных условиях. Оптимизация составов цементных композиций для высокопрочных бетонов выполнялась с применением математических методов планирования эксперимента. Вяжущим компонентом выступал портландцемент марки М400 Кизилкумского цементного завода, что повышение количества МНА-1 свыше 0,5% от содержания цемента положительно сказывается на пределе прочности при сжатии. Максимум прочности при сжатии достигается при содержании уплотнённого микрокремнезёма в количестве 15 % от массы цемента. Для сравнения прочностных свойств были использованы зарубежные суперпластификаторы серии Sika ViscoCrete. Sika ViscoCrete – это новое поколение высокоэффективных суперпластификаторов для производства пластичных бетонных смесей с высокой прочностью. Вяжущим компонентом в составах использовался цемент ПЦ-М500-Д0 ОАО «Кизилкумский цементный завод». В качестве реакционно-химической добавки выступали различные типы микрокремнезёма. Также были испытаны образцы цементных композиций, в составе которых в качестве микрозаполнителя применялся диоксид титана  $TiO_2$ . Вид микрокремнезёма, как видно из результатов эксперимента, оказывает существенное влияние на прочностные характеристики цементных композиций. Испытания особо чистых микрокремнезёмов с чрезвычайно высокой дисперсностью не позволили получить таких же положительных результатов, как для уплотнённого микрокремнезёма МКУ-85. При увеличении их содержания в составе требовалось повышенное содержание воды. Наибольшую прочность при сжатии показал состав с содержанием МКУ-85–10 % и пластификатора «МНА-2» – 1%, взятых от массы цемента. У этого состава прочность на сжатие составила 106,65 МПа, прочность на растяжение при изгибе – 14,736 МПа, средняя плотность –  $2,323 \text{ г/см}^3$ . Прочностные показатели цементных композитов при содержании 10

% диоксида титана  $TiO_2$  и 1 % добавки «МНА-2» от массы цемента. Данные эксперимента показали, что использование разработанных нами на основе техногенных отходов поликарбоксилатных суперпластификаторов серии «МНА», в сочетании с микродисперсными добавками позволяет добиться повышения огне- и жаропрочности на сжатие до 100 МПа и выше, а также прочности на растяжение при изгибе до 15 МПа на 7-е сутки. Основными параметрами, которые оказывают влияние на предел огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций являются: вид бетона, вяжущего и заполнителя; класс арматуры; тип конструкции; форма поперечного сечения; размеры элементов; условия их нагрева; величина нагрузки и влажность бетона [3].

Увеличение температуры в бетоне сечения элемента во время пожара зависит от вида бетона, вяжущего и заполнителей, от отношения поверхности, на которую действует пламя, к площади поперечного сечения. Тяжелые бетоны с силикатным заполнителем прогреваются быстрее, чем с карбонатными заполнителями. Облегченные и легкие бетоны тем медленнеегреваются, чем меньше их плотность. Нами установлено, что полимерная связка, как и карбонатный заполнитель, уменьшает скорость прогрева бетона вследствие происходящих в них реакций разложения, на которые расходуется тепло. Массивные элементы конструкции лучше сопротивляются воздействию огня; предел огнестойкости колонн, нагреваемых с четырех сторон, меньше предела огнестойкости колонн при одностороннем нагреве; предел огнестойкости балок при воздействии на них огня с трех сторон меньше предела огнестойкости балок, нагреваемых, с одной стороны.

Минимальные размеры элементов и расстояния от оси арматуры до поверхностей элемента принимаются по КМК-2.08.02-96 «Бетонные и железобетонные конструкции». Расстояние до оси арматуры и минимальные размеры элементов для обеспечения требуемого предела огнестойкости конструкций зависят от вида бетона. Легкие бетоны имеют теплопроводность на 10—20 %, а бетоны с крупным карбонатным заполнителем на 5—10% меньше, чем тяжелые бетоны с силикатным заполнителем. В связи с этим расстояние до оси арматуры для конструкции из легкого бетона или из тяжелого бетона с карбонатным заполнителем может быть принято меньше, чем для конструкций из тяжелого бетона выполненных из этих бетонов конструкций. Величины пределов огнестойкости, приведенные в табл. 1, относятся к бетону с крупным заполнителем из силикатных пород, а также к плотному силикатному бетону. При применении заполнителя из карбонатных пород минимальные размеры как поперечного сечения, так и расстояние от осей арматуры до поверхности изгибаемого элемента могут быть

уменьшены на 10%. Для легких бетонов уменьшение может быть на 20% при плотности бетона  $1,2 \text{ т/м}^3$  и на 30% для изгибаемых элементов при плотности бетона  $0,8 \text{ т/м}^3$  и керамзитобетона с плотностью  $1,2 \text{ т/м}^3$ . Во время пожара защитный слой бетона предохраняет арматуру от быстрого нагрева и достижения ее критической температуры, при которой наступает предел огнестойкости конструкции. Если принятое в проекте расстояние до оси арматуры меньше требуемого для обеспечения необходимого предела огнестойкости конструкций, следует его увеличить или применить дополнительные теплоизоляционные покрытия по подвергаемым огню поверхностям элемента. Нами выявлено, что теплоизоляционное покрытие из известково-цементной штукатурки (толщиной 15 мм), гипсовой штукатурки (10 мм) и вермикулитовой штукатурки или теплоизоляции из минерального волокна (5 мм) эквивалентны увеличению на 10 мм толщины слоя тяжелого бетона. Если толщина защитного слоя бетона больше 40 мм для тяжелого бетона и 60 мм для легкого бетона, защитный слой бетона должен иметь дополнительное армирование со стороны огневого воздействия в виде сетки арматуры диаметром 2,5—3 мм (ячейками 150X150 мм). Защитные теплоизоляционные покрытия толщиной более 40 мм также должны иметь дополнительное армирование [4].

Все стали снижают сопротивление растяжению или сжатию при нагреве. Степень уменьшения сопротивления больше для упрочненной высокопрочной арматурной проволоочной стали, чем для стержневой арматуры из малоуглеродистой стали. Предел огнестойкости изгибаемых и внецентренно сжатых с большим эксцентриситетом элементов по потере несущей способности зависит от критической температуры нагрева арматуры. Критической температурой нагрева арматуры является температура, при которой сопротивление растяжению или сжатию уменьшается до величины напряжения, возникающего в арматуре от нормативной нагрузки.

Нами составлены для железобетонных элементов с ненапрягаемой и преднапряженной арматурой в предположении, что критическая температура нагрева арматуры равна  $700^\circ\text{C}$ . Это соответствует арматурным сталям классов А-I, А-II, А-Iв, А-IIIв, А-IV, А-IV, А-V, А-V.

Для конструкций из любого вида бетона должны быть соблюдены минимальные требования, предъявляемые к конструкциям из тяжелого бетона с пределом огнестойкости 0,25 или 0,5 ч. Если это отношение равно 0,3, то предел огнестойкости увеличивается в 2 раза. Для промежуточных значений  $G_{\text{SER}}/V_{\text{SER}}$  предел огнестойкости принимается по линейной интерполяции. Предел огнестойкости железобетонных конструкций зависит от их статической схемы работы. Предел огне-

стойкости статически неопределимых конструкций больше, чем предел огнестойкости статически определимых, если в местах действия отрицательных моментов имеется необходимая арматура. Влияние статической неопределимости конструкций на предел огнестойкости учитывается при соблюдении следующих требований:

а) не менее 20% требуемой на опоре верхней арматуры должно проходить над серединой пролета;

б) верхняя арматура над крайними опорами неразрезной системы должна заводиться на расстояние не менее  $0,4l$  в сторону пролета от опоры и затем постепенно обрываться ( $l$  - длина пролета);

в) вся верхняя арматура над промежуточными опорами должна продолжаться к пролету не менее чем на  $0,15l$  затем постепенно обрываться. Изгибаемые элементы, заделанные на опорах, могут рассматриваться как неразрезные системы.

Таким образом, нами выявлены некоторые возможные варианты повышения огне- и жаропрочности бетонных и железобетонных огнепреградительных конструкции, введением добавок нового поколения на основе техногенных отходов.

**Библиографический список:**

- 1.Баженов С.И., Львов В.И. Огнестойкие бетоны. М.: Стройиздат.1997г.
- 2.Золотухин И.В. Специальные добавки к бетонам.С-Пб.: Химия.2008г.
- 3.Юсупов У.Т. Огнестойкие и жаропрочные бетоны. Материалы Респ.научно-технической конференции «Ёнгина чидамли қурилиш материаллари яратилинг долзарб муаммолари ва ечимлари». Т.2019 й. 28-август.-с.79-82.
- 4.Юсупов У.Т. Повышение огнестойкости бетонных и железобетонных огнепреградительных конструкции. Материалы Респ.научно-технической конференции «Ёнгина чидамли қурилиш материаллари яратилинг долзарб муаммолари ва ечимлари». Т.2019 й. 28-август.-с.39-42.



УДК 564.48.01

## **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НОВЫХ АНТИПИРЕНОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ.**

**Абдукадиров Ф.Б., Жалолов У.Х.**

*Ташкентский архитектурно-строительный институт. г.Ташкент,  
Республика Узбекистан*

*В статье показаны возможности разработки огнезащитных составов на основе отходов химической промышленности.*

*Показаны некоторые конкретные пути практического применения новых огнезащитных составов.*

*Ключевые слова: огнезащитный состав, огнестойкость, воспламенение, скорость возгорания, горючесть, древесина, целлюлоза.*

В настоящее время стало известно много соединений, замедляющих горение и практически не меняющих конструктивные свойства материалов. Однако они представляют собой низкомолекулярные соединения, которым свойственны такие недостатки, как склонность к миграции и выпотеванию из защищаемого материала, экстракция водой, низкая совместимость с полимером и другие, устранение которых возможно только применением огнезащитных составов полимерной природы [1].

В этом аспекте представляло интерес исследование огнезащитных свойств, синтезированных нами полимерных огнезащитных составов, полученных на основе взаимодействия галоид содержащих мономеров с фосфор-азотсодержащими отходами ОАО «Максам-Аммофос», содержащих в своем составе наряду с атомом фосфора и галогены.

Как известно [2], большое влияние на качество и долговечность огнезащитной обработки оказывают условия, в которых эксплуатируются защищенные конструкции. В связи с этим при разработке огнезащитного состава для древесины, целлюлозно-бумажных и лакокрасочных материалов необходимо проведение исследований влияния на него повышенной и пониженной температуры, различной влажности воздуха, агрессивных паров и газов, атмосферных осадков и т. д.

Проведенные исследования показали, что разработанный огнезащитный состав на основе эпихлоргидрина (ЭХГ) и фосфористой кислоты, выдерживает как низкую, так и высокую температуру, устойчивый при длительных хранениях, без запаха.

Определение огнезащитной эффективности разработанных огнезащитных составов проводили согласно ГОСТ 16363 (НПБ 251). Сущность этого метода заключается в определении потери массы образцами древесины, целлюлозно-бумажных и лакокрасочных материалов обработанными испытываемыми составами, при огневом испытании в условиях, благоприятствующих аккумуляции тепла.

За результат испытания принимали среднеарифметическое значение не менее десяти определений, округленное до целого числа процентов [3]. По результатам устанавливали группу огнезащитной эффективности испытанного состава при данном способе его применения. Проведенные огневые испытания показали, что потеря

массы образцов составляет не более 9 %. Полученные результаты определено указывают на то, что разработанный нами огнезащитный состав можно отнести к I группе огнезащитной эффективности.

Определение группы горючести древесины и материалов на ее основе, обработанных огнезащитными составами проводили по ГОСТ 30244. Согласно полученным данным, температура дымовых газов не превышает 50°C, продолжительность самостоятельного горения образцов составляет всего 5-6 сек., степень повреждения по длине составляет порядка 2-3 см., а степень повреждения по массе составляет порядка 10-12%. В зависимости от полученных экспериментальных значений параметров горючести, огнезащищенные образцы древесины можно отнести к группе горючести - Г1. Важным моментом, модификации целлюлозно-бумажных материалов разработанным огнезащитным составом, является то, что модифицированные целлюлозные тканевые материалы выдерживают пятикратную стирку, т.е. и даже после пятикратной стирки огнезащитные свойства снижаются незначительно, по сравнению с образцами, модифицированными с низкомолекулярным антипиреном (трикрезилфосфат). При использованиях огнестойких лакокрасочных материалов (табл.2), модифицированных огнезащитными составами для повышения огнестойкости деревянных конструкции, во-первых, исключается необходимость предварительной обработки поверхности древесины олифой, а во-вторых повышается адгезия лакокрасочного материала к древесине, что является, по всей вероятности, следствием взаимопроникающей полимерной модификации, полимерных систем (лакокраска+полимерный антипирен).

Таким образом, учитывая эти и другие методы оценки показателей пожарной опасности целесообразно при подготовке образцов к испытаниям обратить особое внимание на технологию нанесения огнезащитного состава, которая должна соответствовать требованиям ТД на приготовление и применение испытываемого огнезащитного состава и быть аналогичной технологии, применяемой на строительном объекте.

Для изучения температурных переходов одним из плодотворных методов является термомеханический анализ, разработанный Каргиным В. А. Согласно этому методу мы исследовали изменения деформации при нагревании и заданной нагрузки. Основными характеристиками были приняты состав и состояние полимера, температура стеклования целлюлозы, замерзания этим методом оказалось равной -220~230° С.

**Таблица 1**

Некоторые термические параметры огнезащищенных образцов.

Образцы	Содерж. антипирена, %	Температура начала разложения, Т,К.	Температура начала интенсивного разложения, Т,К	Количест. коксового остатка, %	% КИ,
До стирки					
Целлюлоза	0	473	500	0	18,0
	НА-	488	509	11	22,2
	2,0	493	510	13	20,6
	ПА-0,5	493	513	16	24,2
	ПА-1,0	493	523	19	30,4
	ПА-2,0	497	543	22	34,6
После пятикратной стирки					
Целлюлоза	0	471	498	0	17,8
	НА-2,0	468	468	9	18,2
	ПА-0,5	490	508	12	20,1
	ПА-1,0	490	510	14	23,6
	ПА-2,0	490	520	18	28,5
	ПА-3,0	495	539	21	32,2

*Примечание. НА - низкомолекулярный антипирен (трикрезилфосфат), ПА-полимерный антипирен*

**Таблица 2.**

Физико-химические показатели модифицированных лакокрасочных композиции.

Наименование показателей	Требования по ГОСТу	Содержание полимерного антипирена, %, (по массе)			
		-	0,5	1,0	3,0
Цвет по йодометрической шкале, усл.ед.	30	30	32	36	38
Вязкость по вискозиметру ВЗ-4 при 20°С.	27-75	26	28	32	36
Продолжительность высыхания пленки, ч, не более при 293К.	4	4	1,9	1,6	1,2
Массовая доля нелетучих веществ, %.	16-21	16-21	17	17,2	18
Твердость покрытия по маятниковому прибору, усл. един, не менее	0,6	0,6	0,8	0,9	1,0

Прочность пленки при ударе по прибору У-1, см. не менее	30	18	22	27	38
Адгезия покрытия, балл, не менее	2	2	4	6	6
Скорость возгорания, сек.	-	16	49	66	98
Огнестойкость (кислород. индекс, %)	-	18	21	26	28

Установлено, что огнезащитный состав выполняет функцию пластификатора изготовления древесных плит, снижает сопротивление древесного волокна, при сжатые на первой стадии прессования, и затем вследствие собственных изменений теряет свои свойства как пластификатора. Анализ полученных экспериментальных данных позволяет выявить функцию огнезащитного состава в процессах образования древесных плит.

**Библиографический список:**

1. Асеева Р.М., Заиков Г.Е. Горение полимерных материалов. -М.: ХИМИЯ, 1982. - 230 С.
2. Кодолов В.И. Огнезащита древесины. -М.: ХИМИЯ, 1978. -268 С.
3. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии: Учеб. Пособие для хим.-технол. спец. вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1985. — С. 327-328.



УДК 564.48.01

## НОВЫЙ ФОРМАТ ПРИСАДОК, С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

**Абдувалиев А.А., Махманов Д.М., Жуманова С.Г.**  
*Ташкентский архитектурно-строительный институт,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

*В статье рассмотрены некоторые вопросы создания новых и высокоэффективных присадок антикоррозионного и депрессорного действия на основе доступных и дешевых сырьевых ресурсов. Определены основные практические характеристики присадок, выявлены кинетические закономерности и механизмы антикоррозионной защиты металлических деталей машин и конструкции.*



*Ключевые слова: присадка, антикоррозионная защита, синтез, механизм, депрессор, сыре, ресурс, реология, кинетика, скорость, вязкость.*

Условия работы смазочных масел в современных двигателях и механизмах стали настолько напряженными, что нефтяные масла в чистом виде независимо от качества исходного сырья и методов его переработки не могут обеспечить их нормальную работу. Введение функциональных групп или химических элементов в различные органические соединения, используемые в качестве присадок к маслам, позволяет повысить эффективность действия этих соединений в направлении улучшения тех или иных свойств смазочных масел. Поэтому исследования в области синтеза присадок, содержащих в своем составе различные функциональные группы, имеет важное значение с точки зрения получения многофункциональных присадок к маслам.

Известно, что введение в моторное масло олеиновой кислоты улучшает его антифрикционные и противоизносные свойства. В свободном состоянии олеиновая кислота усиливает коррозионную активность масла [1]. Известна антифрикционная маслорастворимая присадка для двигателей внутреннего сгорания. Недостаток этой промышленной присадки заключается в том, что максимальных значений антифрикционные и противоизносные свойства достигают при различных ее концентрациях в базовом масле. Кроме того, при высоких нагрузках снижаются ее трибологические свойства. Как известно, одним из основных ингибиторов процесса окисления в щелочной среде является йод. Введение йода в кристаллической форме [2] приводит к увеличению коррозионной активности среды, причем его соединение с аммонийной группой ведет к образованию взрывоопасных продуктов. В некоторых зарубежных компаниях, находят применение присадки [3] на основе олеиновой кислоты и аммонийной группы, представленной в виде аммиака безводного. Однако и у этой присадки, имеются недостатки, заключающиеся в недостаточных трибологические характеристики и низкой антиокислительной стабильности.

Целью проводимых нами исследований является улучшение антифрикционных, противоизносных и антиокислительных свойств смазочных материалов. Для достижения поставленной цели, были исследованы реакции взаимодействия олеиновой кислоты, аммиака безводного и спиртового раствора йода, представляющий смесь нейтральной олеиновой кислоты, амида и этилового эфира олеиновой кислоты и олеата йода при следующем соотношении исходных компонентов, мас. %: Безводный аммиак (на 100% олеиновой кислоты) - 2-6, Йод (спиртовой 5%-ный раствор) - 0,5-3, Олеиновая кислота –

100. В результате взаимодействия этих двух компонентов в карбоксильной группе  $-\text{COOH}$  гидроксил  $\text{OH}$  частично замещен в амидогруппу  $\text{NH}_2$  с образованием смеси, состоящей из нейтрализованной олеиновой кислоты и амида олеиновой кислоты с общей формулой  $\text{R}-\text{CONH}_2$  и этилового эфира данной кислоты с общей формулой  $\text{R}-\text{COO}-\text{C}_2\text{H}_5$ .

В олеиновую кислоту вводили йод в виде спиртового 5%-ного раствора, затем смесь нагревают до  $100-110^\circ\text{C}$  и проводили ее барботирование (продувку) безводным аммиаком в течение 30 - 40 мин. В качестве спиртового раствора йода использовали 5%-ный раствор йода в этиловом спирте производства фармацевтической промышленности. Полученную присадку растворяли в минеральном масле. Испытываемые составы добавляют в количестве 1 мас.% в индустриальное масло общего назначения для всех испытаний. Растворимость хорошая. Выпадения в осадок не наблюдается. Антагонистического проявления в отношении трибологических характеристик нет. Закономерности реакции взаимодействия вышеуказанных реагентов изучали при эквимолярных соотношениях исходных компонентов в широком интервале температур в течение 120 минут. Протекание процесса поликонденсации контролировали потенциометрическим титрованием кислотных групп. Поскольку изменение приведенной вязкости и выделение иодидного-иона являются прямым результатом описываемых процессов, то количественная оценка двух этих факторов и послужила методом определения скорости поликонденсации олеиновой кислоты и аммиака.

Данными исследований показано, что скорость реакции поликонденсации зависит от температуры. В изученном интервале температур ( $343-363\text{K}$ ) – наибольшая скорость реакции наблюдается при  $363\text{K}$ . Это позволило сделать заключение, что во всех изученных случаях кинетические данные лучше описываются уравнением второго порядка. На основании температурной зависимости процесса поликонденсации определена его энергия активации, которая составляет  $28,4$  кДж/моль. Продукты реакции представляют собой очень вязкие неокрашенные либо окрашенные в янтарный цвет жидкости, их физико-химические характеристики и условия поликонденсации приведены в таблице 1.

Состав и строение синтезированных фосполиолов установлены элементным анализом и методами ИК-, ПМР-, ЯМР  $^{31}\text{P}$ -спектроскопией.

В ИК-спектрах синтезированных соединений присутствуют полосы поглощения, характерные для валентных колебаний

следующих групп: интенсивная полоса поглощения в области 2550-2568  $\text{см}^{-1}$  соответствует гидроксильным группам, полоса поглощения средней интенсивности в области 2360-2368  $\text{см}^{-1}$  характерна для C-NH связей, в области 2548-2556  $\text{см}^{-1}$  - для групп  $-\text{CH}_2-$ , полосы поглощения в области 1370-1350  $\text{см}^{-1}$  отнесли к группе  $-\text{N}-\text{O}-$ , а интенсивную полосу поглощения в области 1255-1260  $\text{см}^{-1}$  к группе CN.

Использование спиртового раствора йода обеспечивает существование йодид-иона по схеме  $3\text{I}_2 + 6\text{OH}^- = 5\text{I}^- + \text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$ , что в органической фазе облегчает переход в форму комплекса соли и метамолекулярного йода ( $\text{MeI} \cdot \text{I}_2$ ). Активная способность йода образовывать метамолекулярные соединения обеспечивает улучшение антифрикционных и противоизносных свойств смазочных материалов. При соотношении до 6% аммиака на 100% олеиновой кислоты продукт взаимодействия, согласно промышленного образца, представляет собой смесь олеиновой кислоты и амида олеиновой кислоты, создающих щелочную среду, обеспечивающую активное ингибирование йодид-ионами процессов окисления и полимеризация в смазочных материалах.

Кроме этого, происходит устранение свободных радикалов согласно схеме рекомбинации, а также возможно взаимодействие йода с углеводородным радикалом с образованием галоидопроизводных. Таким образом обеспечивается улучшение антиокислительных свойств смазочных материалов. Данная присадка соответствует критерию "экологически чистых", т.к. не имеет никаких вредных и токсичных компонентов. Таким отличием являются использование в качестве галогена йода в виде спиртного раствора, который обеспечивает повышение антифрикционных, противоизносных и антиокислительных свойств смазочного материала. Это достигается использованием в качестве присадки взаимодействия олеиновой кислоты и аммиака в присутствии спиртового раствора йода, представляющего смесь нейтрализованной олеиновой кислоты, амида олеиновой кислоты с общей формулой  $\text{R}-\text{CONH}_2$  и этилового эфира олеиновой кислоты с общей формулой  $\text{R}-\text{COO}-\text{C}_2\text{H}_5$ , в котором йод существует в форме йодид-иона и комплекса соли олеиновой кислоты, представляющей олеат йода. Применение продукта взаимодействия олеиновой кислоты, аммиака и спиртового раствора йода улучшает антифрикционные, противоизносные и антиокислительные свойства. Концентрация раствора йода спиртового при синтезе присадки в указанных границах обусловлена тем, что при введении менее 0,5 мас.% наблюдается резкое улучшения трибологических и антиокислительных свойств по отношению к промышленным присадкам ЭФО и ЦИАТИМ. При концентрации более

3,0 мас.% возникает вероятность образования кристаллического йода с дальнейшим превращением его во взрывоопасный йодид аммония. Результаты лабораторных испытаний показали, что предлагаемое техническое решение позволяет снизить коррозионную активность присадки по сравнению с присадками ЭФО и ЦИАТИМ (в 1,04 - 1,13 раза), улучшить антифрикционные (в 1,01 - 1,09 раза) и противоизносные (в 1,33 - 1,5 раза) свойства. Также предлагаемый вариант присадки обладает более высокой антиокислительной стойкостью: по щелочному числу в 1,58 - 1,74 раза и по вязкости в 1,07 - 1,09 раза. Таким образом, происходит улучшение эксплуатационных свойств товарных смазочных материалов. Полученная присадка при добавлении в минеральное масло хорошо растворяется в нем и не выпадает в осадок с течением времени. При нагревании масла с присадкой ядовитых испарений не наблюдается.

Установлено, что физико-химические характеристики модифицированных присадками масел зависят от структуры углеводов, входящих в их состав. Они определены методом ИК-спектроскопии, результаты которого свидетельствуют о том, что в составе дизельного топлива имеются ненасыщенные парафиновые соединения, что объясняет низкую плотность и вязкость данного дизельного топлива. Как известно, парафиновые соединения повышают рыхлую структуру, увеличивая объем в надмолекулярной структуре углеводов, поэтому их часто используют в качестве пластификаторов, мягчителей пластических масс, резин и т.д.

Сравнительные данные об антифрикционных, противоизносных и антиокислительных свойствах предлагаемого технического решения. Образцы присадки оценивали лабораторными методами. Испытания на антифрикционные и противоизносные свойства производили на машине трения СМТ-1 по схеме "ролик-сегмент", обеспечивающей контакт по линии при нагрузке 1471,5 Н и частоте вращения 500 мин<sup>-1</sup>. В качестве материалов пары трения взяты СЧ-24 (ролик) и фрагмент второго компрессионного кольца двигателя ЗМЗ-53 из серого чугуна с пластинчатым графиком (сегмент). Антифрикционные свойства оценивали по изменению момента трения Мт. Противоизносные свойства оценивали весовым методом с помощью весов ВЛР-200 с точностью измерения до 10<sup>-4</sup> г. Время испытания - 60 мин. Уровень коррозионной активности определяли в соответствии с ГОСТ 20502-75 (метод Б) на приборе АП-1 по изменению массы пластин. В качестве материала, подвергающегося испытанию, использовали образцы сталеалюминиевого вкладыша двигателя ЗМЗ-53. Испытание антиокислительных свойств проводили в соответствии с ГОСТ 18136-72 на приборе ТСМ в

течение 6 ч в присутствии медного катализатора. Щелочное число определяют по ГОСТ 17362-71. Вязкость образцов смазочных композиций до и после испытания определяют в соответствии с ГОСТ 33-82. Результаты лабораторных испытаний показали (табл.1), что предлагаемый состав присадки позволяет снизить коррозионную активность присадки по сравнению с промышленными присадками Ферад, ЦИАТИМ и ЭФО (в 1,04-1,13 раза), улучшить антифрикционные (в 1,01 - 1,09 раза) и противоизносные (в 1,33-1,5 раза) свойства. Также предлагаемый вариант присадки обладает более высокой антиокислительной стойкостью: по щелочному числу в 1,58-1,74 раза и по вязкости в 1,07-1,09 раза.

Таким образом, нами разработаны новые экологически чистые, дешёвые и доступные антикоррозионные и депрессорные присадки многоцелевого назначения. Практическое применение разработки может, решит многие технологические, экономические и социальные проблемы не только нефтегазовой промышленности, но и сектора экономики в целом.

**Библиографический список:**

1. Некрасов С.С., Сергеев И.М. Присадки к автомобильному транспорту.- М.: Феникс, 2012.- с. 370.
2. Григорьев Б.П. и др. Трибология и надежность машин.-М.: Тяжмаш, 2011.-с.233.
3. Зильберман Д.И. Зарубежные масла и присадки.-М.: Иностранная литература, 2010.- с.248.



**УДК 504.3.054**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Матвеева В.И.**

*Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

*Шлакоотвалы металлургических предприятий оказывают негативное воздействие на окружающую среду, загрязняя почву и поверхностные воды. Эффективность рекультивации данных объектов относительно невысока, но комплексный подход к решению вопросов переработки отходов металлургической промышленности может приносить как экологическую, так и экономическую выгоду, о чём свидетельствует опыт некоторых российских и зарубежных предприятий.*

*Ключевые слова и словосочетания: металлургический шлак, переработка отходов, рекультивация, черная металлургия, цветная металлургия, утилизация шлаков.*

Одной из целей устойчивого развития является рациональное использование ресурсов. В рамках данной цели, возможным путем уменьшения занимаемой территории является сокращение площадей, отводимых под шлакоотвалы, но в таком случае встает вопрос утилизации или повторного использования шлаковых отходов. Переработка и повторное использование этих отходов вместо натурального сырья может сделать их воздействие на окружающую среду менее опасным.

Целью данного обзора является изучение способов использования и переработки металлургических шлаков, обзор имеющихся технологий, российского и зарубежного опыта обращения со шлаковыми отходами, выявление проблем, связанных с ними и поиск путей их решения.

Стальной шлак классифицируется как неопасные отходы, которые могут быть утилизированы на соответствующие свалки. Утилизация стального шлака требует большой площади свалки, что довольно невыгодно с экономической точки зрения. Поэтому было проведено несколько исследований и разработок, чтобы установить потенциальное использование шлака в различных областях применения. [1]

В цементной и бетонной промышленности шлак может использоваться либо в качестве заполнителя, либо в качестве связующего в стабилизированных базовых смесях. В целях сохранения природных ресурсов и снижения воздействия на окружающую среду шлаки могут быть использованы в качестве заполнителя. Чтобы уменьшить потребность в дорогостоящем цементе, шлак заменяют и используют в качестве связующего. Из-за этих преимуществ многие исследователи изучали возможность добавления содержания шлака в цемент и бетон.

Стальной шлак может заменить цемент в качестве дополнительного цементирующего материала или даже использоваться отдельно в качестве чистого связующего материала с помощью карбонизации. В 2018 году Махутян и др. (2018) сообщили о результатах экспериментального блока с использованием SS в качестве связующего и гранита в качестве заполнителя. [2]

По сравнению с традиционным цементным кирпичным блоком карбонизированный шлакоблок, по-видимому, обладает лучшими механическими характеристиками и прочностными свойствами. [3]

Благодаря большому содержанию щелочных силикатных минералов стальной шлак также может быть использован в качестве подхо-

дящего материала для улавливания углерода для смягчения последствий глобального потепления. [4]

Промышленные побочные продукты, такие как стальной шлак, могут быть использованы вместо природных заполнителей, чтобы предотвратить истощение ресурсов.

Благодаря строительству дорог из шахт было извлечено миллион тонн песка, песка и щебня. Благодаря выдающимся свойствам стального шлака, он является идеальным заполнителем для асфальтобетонных покрытий и дорожных покрытий. Было доказано, что смеси, использованные со стальным шлаком в дорожном строительстве, имеют больше преимуществ по сравнению с обычным асфальтобетоном. Исследования асфальтобетонной смеси и дорожного покрытия показали очень хорошие результаты с точки зрения стабильности, жесткости и долговечности. Шлакоасфальт, как и ожидалось, обеспечил хорошие показатели трения, уровень снижения шума, повышает устойчивость к растрескиванию при низких температурах с отличными показателями шероховатости и хорошей устойчивостью к водопроницаемости. [5]

За исключением применения в строительной промышленности, сталеплавильный шлак широко используется в сельскохозяйственной области. Благодаря своим щелочным свойствам он может быть использован для повышения pH почвы и устранения кислотности почвы путем нейтрализации токсичности  $Al^{3+}$ . Это применение аналогично использованию известняка, но может обеспечить более высокую производительность. Поскольку растворимость силиката кальция намного выше в воде (~ в 6,8 раза выше, чем у известня), стальной шлак может быть потенциальным материалом для регулировки кислотности. Кроме того, это помогает увеличить содержание питательных веществ в почве, потому что обогащает компоненты удобрения, такие как  $CaO$ , оксид кремния ( $SiO_2$ ) и оксид магния ( $MgO$ ). Все эти преимущества способствуют росту растений. [6]

Поскольку шлак обладает хорошими миграционными характеристиками и низкой стоимостью, он широко используется в очистке сточных вод и воды и может быть альтернативой использованию гранулированного активированного угля. Различные исследования, такие как поглощение красителя, тяжелых металлов и органических веществ, проводились с использованием сталеплавильного шлака. Однако поглощающая способность шлака зависит от pH раствора. Гидратация шлаковой композиции в водных растворах обеспечивает высокий pH. При условии высокого pH поверхность шлака является предпочтительно отрицательно заряженной и осуществляется адсорбция ионов металлов, особенно катионов. Однако поглощение тяжелых металлов с

использованием шлаков может проводиться при условии либо высокой температуры, либо низкого рН при определенных условиях. Удаление может быть связано с одним или несколькими из следующих процессов: адсорбцией, осаждением соосаждением гидроксида в виде гидроксида, сульфида и ионного обмена. [7]

Существуют и некоторые нерешенные проблемы темиспользования металлургических шлаков.

Спрос как на сталь, так и на бетон чрезвычайно растет. Сталелитейная промышленность производит значительное количество отходов. Но они не используются должным образом во многих странах и на многих производствах, что говорит об отсутствии устойчивого использования этой системы. Но в современном обществе должны быть предусмотрены условия для повторного использования и переработки отходов, что также важно в экологическом аспекте.

Существуют недостатки использования стального шлака в качестве заполнителя. В отличие от заполнителей из известняка, заполнитель из стального шлака расширяется при контакте с водой из-за высокой концентрации свободных компонентов извести, вызывая трещины в бетоне. Поэтому перед его использованием в строительстве необходима стабилизация шлака путем гидратации фаз CaO и MgO. Естественно, это может занять несколько месяцев, чтобы стабилизироваться под воздействием дождя и солнца. Этот процесс занимает много времени, что ограничивает его использование в строительной отрасли. [8]

Еще одной трудностью является высокая водопоглощающая способность сталешлакового заполнителя по сравнению с природным заполнителем. Таким образом, сталеплавильные шлаки необходимо обрабатывать перед использованием в строительной промышленности, чтобы решить проблемы, которые приводят к дополнительным затратам.

Как упоминается выше, сталеплавильные шлаки могут использоваться в качестве добавок к удобрениям в сельском хозяйстве. Проблемой в этом виде использования шлака является то, что химический состав отхода сильно зависит от происхождения стали, особенно от добавления различных тяжелых металлов для производства нержавеющей стали. Выщелачивание тяжелых металлов (например, Pb и Cr) может быть опасным фактором в сельскохозяйственной деятельности, когда в ней используется шлак с высоким содержанием подобных элементов.

Сталелитейные шлаки можно использовать в качестве железно-дорожного балласта. Однако перед использованием стального шлака в



качестве железнодорожных балластов необходимо решить проблемы объемного расширения и выщелачивания тяжелых металлов.[9]

Методы решения данных проблем описаны следующим образом.

Сократить негативное влияние процесса производства цемента на окружающую среду можно путём использования шлаков сталелитейной промышленности. Стальные шлаки - это отходы или побочные продукты процесса выплавки стали, которые образуются в огромных количествах по всему миру. Только в Европе ежегодно производится почти 20 миллионов тонн стальных шлаков.

Одним из способов решения негативных вопросов, связанных с сохранением качества окружающей природной среды, является рекультивация шлаковых отвалов. Однако в отношении отходов металлургии отмечается относительно невысокая эффективность рекультивации, поскольку в результате ее проведения исключается только пылевыведение, но не происходит сокращения площадей, занятых под отвалы, так как объем шлака в отвале остается неизменным, а также не исключается вымывание вредных веществ из тела отвала.

Повысить эффективность природоохранных мероприятий возможно при комплексном подходе, включающем не только рекультивацию, но и 292 переработку шлаковых масс.

Комплексный подход позволяет металлургическому предприятию получать следующие выгоды:

– Извлекать полезные компоненты и получать продукты, которые находят применение в различных отраслях производства и успешно конкурируют с природными материалами. Массовыми видами являются щебень, песок и щебеночно-песчаные смеси для дорожного строительства, оборотный и магнитный продукты и металлоконцентрат для доменного, сталеплавильного и литейного производств, удобрения и мелиоранты для сельского хозяйства. Кроме того, стоит отметить, что извлечение металла из металлического шлака значительно дешевле, чем извлечение из руды в результате целого ряда технологических переделов.

– Улучшать экологическую обстановку в отвальной зоне и вокруг нее, а также сокращать территорию, занимаемую отвалами. Сокращение площадей позволяет не только снизить плату за землю, но и уменьшить эксплуатационные расходы на транспортирование отходов до места хранения за счет уменьшения расстояния перевозки. [10]

Высокие остаточные количества извести и железа в стальном шлаке, могут быть повторно использована в качестве заменителя сырья и флюса для спекания и плавки. Крупные предприятия черной ме-

таллургии в США, Японии, Европе, Германии и Китае внедрили способы переработки отходов стали из стального шлака для снижения стоимости сырья. В США и Германии стальной шлак, используемый для спекания и плавки, составляет 13 более 56% и 24% от общего объема стального шлака соответственно. В Китае внутренняя переработка стального шлака достигает около 7,5% стального шлака. [11]

Проблема недостаточной переработки металлургических шлаков может быть так же решена с помощью альтернативного метода использования сталелитейных шлаков, предложенного сотрудниками Горного университета.

На основе анализа шлака с Новолипецкого металлургического завода и осадка сточных вод воды в Липецке были сделаны выводы, что данные отходы можно использовать для улучшения качества почвы.

В лабораторных условиях была выращена травосмесь на модельных образцах почвы с почвенной добавкой и впоследствии была предложена рецептура органоминеральной добавки для бедных почв нарушенных земель. [12]

Сообщается, что необработанный стальной шлак, модифицированный стальной шлак или восстановленные композиты из стального шлака могут быть использованы в качестве адсорбентов для удаления фосфатов, аммиака, азота, сульфидов, органических загрязнителей и ионов тяжелых металлов, таких как (железо (Fe), медь (Cu), мышьяк (As), свинец (Pb), марганец (Mn), хром (Cr), никель (Ni), цинк (Zn) и т.д.). [13]

Канадские учёные заявляют, что максимальное поглощение CO<sub>2</sub> из шлакоблока, сделанного из сталеплавильных отходов может достигать 10,7% по весу, и если использовать все стальные шлаки, производимые в США и Канаде, для производства каменной кладки, то таким образом, в общей сложности может быть поглощено около 1,5 млн тонн CO<sub>2</sub>. Искусственный наполнитель, полученный методом грануляции и двойной карбонизации, также может обеспечить поглощение CO<sub>2</sub> до 16,0% и 17,0% по весу, соответственно. [14]

Исходя из всего вышесказанного можно выделить один пример наиболее рационального способа использования металлургических шлаков на заводах сталелитейной промышленности.

Сточные воды сталелитейного завода содержат высокую концентрацию тяжелых металлов из-за накопления отфильтрованных частиц в процессе фильтрации сточных вод. Прямой выброс воды обратной промывки в окружающую среду может вызвать серьезные последствия как для наземных, так и для водных организмов. Основы-

ваясь на токсикологических исследованиях, металлы токсичны и не поддаются биологическому разложению и могут продолжать существовать в этих водоемах. Кроме того, тяжелые металлы также имеют тенденцию накапливаться в пищевой цепи. Следовательно, должно быть создано строгое экологическое регулирование в целях уменьшения загрязнения тяжелыми металлами при сбросе промышленных сточных вод.

Механизмы удаления загрязняющих веществ из воды стальным шлаком включают физическую адсорбцию и хемосорбцию. Физическая адсорбция в основном включает в себя два механизма: поверхностную адсорбцию и электростатическую адсорбцию, которые основаны на силах ван-дер-Ваальса между стальным шлаком и ионным состоянием загрязняющих веществ в растворе для удаления загрязняющих веществ. Химическая абсорбция основана на одном или нескольких механизмах поверхностной координации, катионного обмена, химического осаждения и восстановления для достижения адсорбции, осаждения и уменьшения загрязняющих веществ, в конечном счете достижение удаления загрязняющих веществ. В процессе удаления загрязняющих веществ из воды при адсорбции стальным шлаком преобладает процесс химической адсорбции, который часто сопровождается процессом физической адсорбции; оба процесса работают синергически для эффективного удаления загрязняющих веществ из воды. К тому же внесение стальных шлаков в воду не предусматривает собой осуществление вторичного загрязнения.

Эффективность использования сталеплавильных шлаков в качестве сорбента для очистки сточных вод объясняется следующим образом. Микроскопически, поверхность частиц стального шлака имеет слегка вогнутые и выпуклые складки, характеризующиеся пористыми структурами со случайным распределением пор и микротрещин и имеющими большую удельную площадь поверхности с высокой адсорбционной и осаждающей способностью.

Как было упомянуто выше, существуют научные исследования, которые доказывают эффективность использования сталеплавильного шлака в качестве сорбента для очистки сточных вод от таких компонентов, как железо, медь, мышьяк, свинец, марганец, хром, никель, цинк и т.д.

#### **Библиографический список:**

1. Huaiwei, Z., & Xin, H. (2011). An overview for the utilization of wastes from stainless steel industries. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(8), 745–754. doi:10.1016/j.resconrec.2011.03.005

2. Di Maria, A., Salman, M., Dubois, M., Van Acker, K., 2018. Life cycle assessment to evaluate the environmental performance of new construction material from stainless steel slag. *Int. J. Life Cycle Assess.* 23, 2091–2109.
3. Gencel, O., Karadag, O., Oren, O.H., Bilir, T., 2021. Steel slag and its applications in cement 538 and concrete technology: A review. *Constr. Build. Mater.* 283, 122783.
4. Li, L., Ling, T.-C., & Pan, S.-Y. (2022). Environmental benefit assessment of steel slag utilization and carbonation: A systematic review. *Science of The Total Environment*, 806, 150280. 517
5. Suer, P., Lindqvist, J.-E., Arm, M., & Frogner-Kockum, P. (2019). Reproducing ten years of 543 road ageing — Accelerated carbonation and leaching of EAF steel slag. *Science of The Total Environment*, 407(18), 5110–5118.
6. Cristina Fernandes Deus, A. (2019). *The Comprehensive Utilization of Steel Slag in Agricultural Soils. Recovery and Utilization of Metallurgical Solid Waste.*
7. K. Yamashita, T. Ikenata, K. Method of Removing Dissolved Heavy Metals from Aqueous Waste Liquids, US Patent, 4377483.
8. Wang, L., Penn, C. (2020). Using Steel Slag for Dissolved Phosphorus Removal: Insights from a Designed Flow-Through Laboratory Experimental Structure. *Water*, 12(5), 1236.
9. Guimarães Delgado, B. (2019). Mechanical behavior of inert steel slag ballast for heavy haul rail track: laboratory evaluation. *Transportation Geotechnics*, 100243.
10. O'Connor, J., Nguyen, T. B. T., Honeyands, T. (2021). Production, characterisation, utilisation, and beneficial soil application of steel slag: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 419, 126478.
11. Han, F., & Wu, L. (2019). Comprehensive Utilization Technology of Steel Slag. *Industrial Solid Waste Recycling in Western China*, 305–356.
12. Matveeva VA, Lytaeva T, Danilov AS. Application of Steel-Smelting Slags as Material for Reclamation of Disturbed Lands. *Journal of Ecological Engineering*. 2018;19(6):97-103.
13. Scott, I. S. P. C., & Penn, C. J. (2021). Estimating the variability of steel slag properties and their influence in phosphorus removal ability. *Chemosphere*, 276, 130205.
14. Lee, J., Ryu, K. H., Ha, H. Y., Jung, K.-D., & Lee, J. H. (2020). Techno-economic and environmental evaluation of nano calcium carbonate production utilizing the steel slag. *Journal of CO2 Utilization*, 37, 113–121.



УДК 546.7

## **ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ГИДРОКСИДА МАГНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО В КАЧЕСТВЕ АНТИПЕРЕНА**

**Меженцев А.А.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь*

*Установлена принципиальная возможность получения нанокристаллического гидроксида магния конденсационными методами и нанокомпозитов на его основе*

*Ключевык слова: Наночастицы, гидроксид магния, нано-композиаты*

Наночастицы наряду с их высокой удельной поверхностью обладают высокой реакционной способностью, что обусловлено наличием кислотных и основных центров на их поверхности.

Многие ультрадисперсные гидроксиды находят применение как бактерицидные средства, адсорбенты, катализаторы и антиперены.

Для получения наноразмерных материалов используются различные химические и физико-химические методы.

Методы, основанные на различных вариантах смешения исходных компонентов наиболее простые, не требуют дорогостоящего оборудования и экономически эффективны.

Нанотехнологией называется технология, имеющая дело как с отдельными нанообъектами, так и с материалами и устройствами на их основе, а также с процессами, протекающими в нанометровом диапазоне.

К наноматериалам относятся материалы, основные физические характеристики которых определяются содержащимися в них нанообъектами. Наноматериалы делятся на компактные материалы и нанодисперсии. К первым относятся так называемые «наноструктурированные» материалы, т.е. изотропные по макросоставу материалы, повторяющимися элементами структуры которых являются контактирующие между собой объекты нанометровых размеров

Если за основу классификации методов получения наночастиц взять тип исходного вещества и особенности его обработки, можно выделить следующие основные подходы к формированию наночастиц:

- получение микроскопических материалов путем диспергирования;
- химический синтез, т.е. направленное изменение состава веществ с остановкой роста новой фазы на стадии наноразмеров;
- превращение наночастиц с изменением состава.

Получение и применение новых наноструктурированных материалов из неорганических веществ и нанокомпозитов на их основе является перспективным направлением в современной химической науке.

В качестве исходных веществ для металлорганического синтеза использовали металлический магний в виде порошка или стружки, метанол, а в качестве стабилизатора толуол.

Металлический магний растворяли в метаноле при интенсивном перемешивании. К раствору в качестве гель-стабилизатора добавляли толуол или этанол, после чего метилат магния медленно гидролизова-

ли водой при интенсивном перемешивании, что приводило к образованию золя гидроксида магния.

В качестве исходных веществ в методе химического осаждения использовали: гексагидрат нитрата магния, а в качестве осадителя растворы гидроксида натрия и гидроксида аммония.

$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  растворяли в дистиллированной воде и при интенсивном перемешивании по каплям добавляли водный раствор осадителя до  $pH = 12$ , при котором обеспечивалось полное осаждение гидроксида магния. Затем полученный гидроксид высушивали при  $T = 100-120^\circ C$  в течение 12 часов.

Определение размеров частиц образовавшегося золя наноразмерного гидроксида магния проводили на приборе «Fritsch Partiele Sizer analysette 22», а также турбидиметрическим методом.

В результате проведенных исследований было установлено, что размер частиц полученного методом металлоорганического синтеза золя гидроксида магния определенной турбидиметрическим методом составил для порошка магния  $\sim 250$  нм, для стружки  $\sim 280$  нм.

Полученный золь являлся стабильным в течении длительного времени, что позволило использовать его в качестве антипирена при пропитке деревянных изделий.

Глубокая или поверхностная пропитка антипиренами сводится к введению в древесину веществ, которые при определенной концентрации воздействуют на кинетику пиролиза древесных материалов, уменьшая при этом образование горючих летучих продуктов. В зависимости от области применения огнезащитные пропитки подразделяются на неатмосферостойчивые, которые эксплуатируются только в закрытых отапливаемых помещениях с относительной влажностью воздуха не более 70%, и атмосферостойчивые. Предлагаемый в качестве антипирена золь гидроксида магния состоит из частиц со средним размером 250 – 280 нм, что не позволяет им проникать в древесину на достаточную глубину и поэтому потеря массы образцами составляла 25%, что соответствует второй группе антиперенов.

Далее в качестве пропиточного состава использовался водный раствор  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , а в качестве осадителя – разбавленный аммиак, а также раствор гидроксида натрия и карбамида.

При этом воздействие растворов на древесину осуществлялось последовательно с промежуточной просушкой образцов. В результате такой обработки, образование продуктов реакции из исходных веществ осуществлялось непосредственно в макро- и микрокапиллярах. Получаемый в процессе реакции нерастворимый

гидроксид магния с размерами частиц в несколько нанометров не способен вымываться, и может являться достаточно эффективным атмосферостойчивым антипиреном.

Образцы, полученные методом химического осаждения, были подвергнуты фракционному анализу на приборе «Fritsch Partiele Sizer analysette 22». В результате было установлено, что при использовании в качестве осадителя концентрированных растворов NaOH и NH<sub>4</sub>OH размеры частиц получаемого гидроксида магния в среднем составляют для гидроксида натрия 1 – 5 мкм, для гидроксида аммония 0,5 – 15 мкм и 50 – 100 мкм.

В случае использования разбавленного раствора гидроксида аммония, размеры частиц получаемого гидроксида магния составляют от 250 нм до 100 мкм.

Для увеличения количества наноразмерных частиц Mg(OH)<sub>2</sub> был проведен синтез гидроксида магния методом “жидкость – твердое тело - раствор” с использованием олеиновой кислоты в качестве стабилизатора наночастиц. Получаемые в ходе синтеза наночастицы покрыты длинными алкильными цепочками и не подвергаются коагуляции. В результате образуется устойчивый золь гидроксида магния. Средний радиус частицы золя Mg(OH)<sub>2</sub> составлял 250 – 270 нм.

Полученный гидроксид магния отфильтровали, промыли и просушили при температуре 100 – 120°C.

В ходе проведенных испытаний было установлено, что образец гидроксида магния, полученный при использовании в качестве осадителя гидроксида натрия относится к первой группе антипиренов (потеря массы образца составила 9%), а два остальных ко второй группе антипиренов.



УДК

## **КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Гранков И.Н., Копылов А.Б.**

*Тульский государственный университет, Тула, Россия*

*В XXI веке высокие темпы промышленного развития, в связи с этим предъявляют высокие требования к работе технологического оборудования и строительных конструкций.*

*Особое место отводится защите металлов от коррозии, и использованию в этой связи высококачественных химических материалов. Необходимость осуществления мероприятий по защите продиктована тем, что потери от коррозии крайне высоки. По имеющимся данным, около 10% годового производства металла расходуется на покрытие безвозвратных потерь вследствие коррозии. Основной ущерб от коррозии связан с повреждением или разрушением металлических конструкций, поскольку вследствие коррозии они теряют необходимую прочность, пластичность, и т.д.*

*Ключевые слова: коррозия, коррозионные процессы, защита металлических конструкций, методы борьбы с коррозией.*

Физико-химическое или химическое взаимодействие металла с окружающей средой, которое приводит к ухудшению функциональных свойств металла, окружающей среды или включающей его технической системы, называется коррозией металла. Данный процесс вызван химической реакцией, происходящей на границе металл-среда, между металлом и веществами окружающей среды. Чаще всего встречается окисление металла, например, кислородом воздуха или кислотами, содержащимися в растворах, с которыми металл вступает в контакт. Особенно восприимчивы металлы, которые расположены в ряду активности слева от водорода, и в большей степени это относится к железу.

Коррозионные процессы можно классифицировать по следующим признакам: характеру коррозионного повреждения; по виду коррозионной среды и условиям протекания процесса; по механизму взаимодействия металлов с окружающей средой; по видам дополнительных воздействий, которым металл подвергается одновременно с действием коррозионной среды [1]. По механизму процесса разделяют химическую и электрохимическую коррозию металлов.

Процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, в результате которого окисление металла и восстановление окислительного компонента среды происходят одновременно в одном акте, называется химической коррозией. Продукты взаимодействия пространственно не разделены.

Электрохимическая коррозия металлов представляет собой процесс взаимодействия металла с коррозионной средой (раствором электролита), при котором ионизация атомов металла и восстановление окислительной составляющей коррозионной среды происходят не в одном акте, и их скорости напрямую зависят от электродного потенциала [2].



Согласно типу коррозионной среды и условиям протекания, различают следующие виды коррозии:

Газовая коррозия — химическая коррозия металлов в газовой среде с минимальным содержанием влапг (обычно не более 0,1 %) или при высоких температурах. В химической и нефтехимической промышленности этот вид коррозии довольно распространен.

Атмосферная коррозия-коррозия металлов в атмосфере воздуха или некоторого влажного газа.

Подземная коррозия-коррозия металлов в почвах и грунтах.

Биокоррозия-коррозия, которая появляется под воздействием микроорганизмов.

Контактная коррозия-вид коррозии, вызванный контактом металлов, имеющих различные стационарные потенциалы в данном электролите.

Коррозия внешним или блуждающим током. В первом случае это коррозия металла, которая происходит под воздействием тока от внешнего источника, а во втором случае - под воздействием блуждающего тока.

Радиационная коррозия-коррозия, вызванная радиоактивным излучением.

Атмосферная коррозия-коррозия металлов в атмосфере воздуха или некоторого влажного газа.

Если коррозия занимает всю поверхность металла, то её называют сплошной [3]. Непрерывная (сплошная) коррозия равномерна при условии, что процесс протекает с одинаковой скоростью по всей поверхности металла, и неравномерна, когда скорость процесса имеет разные значения в разных участках поверхности. Равномерная коррозия наблюдается, например, при коррозии железных труб в воздушной среде [3]. Один конструктивный элемент или один компонент сплава разрушается при неравномерной коррозии. Примерами могут служить меняющийся цвет латуни или графитизация чугуна.

Локальная (местная) коррозия поражает отдельные участки поверхности металла. Она может выражаться в виде отдельных пятен, незначительно углубленных в толщу металла. Также локальная коррозия может быть язвенной - вид разрушения, имеющий форму оболочки, сильно углубленной в толщу металла, или точек (питтингов), проникающих глубоко в металл. Первый тип наблюдается, например, при коррозии латуни в морской воде. Язвенная же коррозия возникает в стальной конструкции в грунте, а питтинг-в аустенитной хромоникелевой стали в морской воде [4].

Защита от коррозии должна начинаться с правильного подбора химического состава и структуры металла. При проектировании необходимо избегать форм, способствующих удержанию влаги. Для защиты металла от коррозии применяются различные методы.

Легирование стали повышает ее антикоррозионные свойства. Например, совершенную стойкость к атмосферной коррозии проявляют нержавеющие легированные стали, содержащие большое количество хрома,

который, образуя на поверхности оксидные пленки, приводит сталь в пассивное состояние. Значительно увеличивается (от 1,5 до 3 раз) коррозионная стойкость строительных сталей при введении меди (от 0,2 до 0,5 %). Повышенная стойкость нержавеющих сталей к коррозии также способствует однородности и низкому содержанию в ней вредных примесей.

Металлические покрытия можно разделить на два типа: анодные и катодные. Для анодного покрытия используют металлы, у которых отрицательный электродный потенциал больше, чем у основного металла (например, цинк, хром). Для катодного покрытия используются металлы с меньшим отрицательным значением электродного потенциала, чем основной металл (медь, олово, свинец, никель и др.). Металлические покрытия наносятся горячим и гальваническим способами, а также металлизацией.

При горячем способе изделие опускают в ёмкость с расплавленным защитным металлом, температура которого ниже температуры плавления изделия (цинк, олово).

Гальванический способ защиты заключается в том, что на поверхности изделия путем электролитического осаждения раствором солей создается тонкий слой защитного металла. Покрытое изделие при этом служит катодом, а осаждаемый металл-анодом [5].

Металлизация-покрытие поверхности детали расплавленным металлом, распыляемым сжатым воздухом. Преимущество этого способа защиты металла заключается в том, что уже собранные конструкции можно покрыть расплавом. Недостатком является то, что получается шероховатая поверхность. Металлические покрытия могут также наноситься путем диффузии металла покрытия в основной металл- алитирование, силицирование, хромирование, а также путем плакирования, т. е. нанесения тонкого слоя защитного металла (биметалла) на основной металл и закрепление его методом горячей прокатки (например, железо-медный сплав, дюралюминий-чистый алюминий).

Оксидирование - защита оксидными пленками. Для этого естественную оксидную пленку, всегда присутствующую на металле, делают более прочной путем обработки сильным окислителем, таким как концентрированная азотная кислота, растворы марганцевой или хромовой кислот и их солей. Особым случаем является воронение стали, при котором

оксидная пленка также создается на поверхности, но более сложными методами, связанными с повторной термообработкой при температуре 30- 40°С в присутствии древесного угля.

Фосфатирование заключается в получении поверхностной пленки из нерастворимых солей железа или марганца на изделии в результате погружения металла в горячие растворы кислых фосфатов железа или марганца.

Действие лакокрасочных покрытий основано на механической защите металла пленкой из различных лаков, красок [5]. Ванны, раковины, декоративные изделия для защиты от коррозии покрываются эмалью, т.е. различные комбинации силикатов осаждаются на металл при температуре 750...800°С.

При транспортировании и складировании применяется временная защита металлических изделий от коррозии. Металлы покрывают нерафинированными маслами (технический вазелин), а также ингибиторами, т. е. веществами, замедляющими ход реакции (нитрит натрия с углекислым аммонием, с уротропином и др.) [6].

Компоненты для защиты от коррозии продолжают совершенствоваться и в наше время. Современные средства защиты от коррозии, а также появление новых идей в металлообработке, создают удобные условия нанесения средств защиты.

Нанесение лакокрасочных материалов является самым доступным методом защиты. Этот защитный слой необходимо наносить каждые 5 лет, что требует больших трудовых затрат.

В настоящее время разрабатывается множество технологий по защите от коррозионных образований, которые используются как предприятиями, так и обычными, рядовыми покупателями. Одной из таких технологий является "текучая резина", которая может обеспечить длительную защиту от коррозии. Она представляет собой инновационный полимер, наносимый с помощью пульверизатора и затвердевающий с высокой скоростью, не создавая разводов и шероховатостей.

Таким образом, одной из главных задач, которую ставят перед собой строители перед началом работ по возведению зданий, является борьба с коррозией. Появление коррозии служит поводом для

саморазрушения металла, поэтому необходимо постоянно развивать технологии его защиты. Сегодня нельзя уверенно говорить о том, что коррозия металла как процесс

его разрушения практически побеждена, так как до сих пор существует множество нерешенных проблем. Но ученые постоянно развиваются в данном направлении для того, чтобы коррозия металла не создавала неудобств при эксплуатации металлоконструкций. С каждым годом появляется большое количество новых методов борьбы с процессом коррозии. Также разрабатываются материалы, гарантирующие эффективную защиту металла. Выделяются средства на исследования, поэтому проблема с коррозией должна быть значительно уменьшена в ближайшие годы.

**Библиографический список:**

1. Петрова Л.Г., Косачев А. В. Способы защиты металлов от коррозии /Л. Г. Петрова, А. В. Косачев// Поколение будущего. - 2013.
2. Леонова А.Н., Гаврилов Г.В., Вороной А.А. База данных учебного материала "Антикоррозионная защита и восстановление строительных конструкций" свидетельство о регистрации базы данных RUS 2019621231 01.07.2019
3. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур/Перспективы науки. -2019. №5(116).-С. 64-69.
4. Karpanina E.N., Leonova A.N., Sirotnina O.V., Gura D.A Assessment of the level of ultra-high temperature effects on structural elements/ActaTechnica CSAV (CeskoslovenskaAkademieVed). - 2018. T. 63. № 6. - С. 915-920.
5. Sorokina E., Leonova A. Evaluation of the survivability of metallic elements in local damage given the beyond design basis effects В сборнике: MATEC Web of Conferences - 2018. С. 02008.
6. Karpanina E.N., Leonova A.N., Sirotnina O.V., Gura D.A. Analytical aspects of special purpose metal structures design/RevistaPublicando. - 2018. T. 5. № 14-2. - С. 735-743.



УДК 69.002.5

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

**Чеботарев П.Н., Ветрянщиков И.А.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*В данной статье рассмотрены проблемы, возникающие в процессе создания и внедрения современных средств и систем автоматизации строительных и дорожных машин, обеспечи-*

*вающих повышение технико-экономической эффективности капитальных вложений, снижение эксплуатационных затрат и улучшение качества строительно-монтажных работ.*

*Ключевые слова: строительные машины, автоматизация, автономность*

Существенное повышение эффективности строительного производства обеспечивается путем постоянного совершенствования технологии, организации, управления и используемого оборудования. Одновременно основное значение в указанных видах работ приобретает не только механизация, но и автоматизация и роботизация строительного производства [1].

Внедрение в практику автоматизации строительных машин и строительных процессов микропроцессорной техники позволило значительно повысить общий технический уровень строительного производства. Основным назначением микропроцессорных средств являются диагностирование повреждений основных узлов машины, формирование контрольно-измерительной информации о выполнении технологических строительных операций и оптимизация режимов работы агрегатов машин. Оптимизация режимов работы машин по критериям минимального потребления топлива и наименьших механических нагрузок на основные рабочие узлы приобретает все большую актуальность в связи с ресурсосберегающей направленностью развития экономики народного хозяйства. В условиях рыночной экономики необходимо создавать и внедрять в строительстве такие эффективные средства автоматизации, которые давали бы реальный экономический эффект. Тогда появятся экономические рычаги и заинтересованность строительных организаций во внедрении и надежной эксплуатации этих средств [2].

Учитывая необычайно широкие возможности современной микровычислительной техники для автоматизации машин, в частности наличие компактных запоминающих устройств, обладающих большой емкостью и позволяющих хранить в них довольно сложные программы управления, можно создать с помощью микропроцессорной техники машины с очень высоким уровнем автоматизации.

Микропроцессорная техника придает системам автоматического управления новую технологическую, функциональную, эксплуатационную гибкость и универсальность, простоту программирования и перепрограммирования при изменении состава технологического оборудования и самого процесса, сравнительную дешевизну и надежность работы систем управления. Новые средства автоматизации технологических процессов в строительстве имеют ряд преимуществ по сравне-

нию с традиционными, как в части их построения, так и функциональных возможностей.

Автономные машины повысят безопасность в опасных производственных условиях и исключат возможность несчастных случаев, вызванных человеческой ошибкой. Они также будут выполнять повторяющиеся задачи более эффективно и точно, чем оператор-человек, и, поскольку машины будут работать наиболее эффективно, их владельцы получают выгоду от повышения производительности, эффективности использования топлива и долговечности [1, 3].

Однако, сложность рабочих процессов, выполняемых машинами, неоднозначность и изменчивость условий их работы, связанных с различными возмущающими воздействиями, определяют значительные трудности автоматизации, так как создаваемая система автоматического управления как заместитель человека-машиниста должна обладать соответствующими сложности процессов функциональными возможностями, достаточно развитой логикой действий.

Некоторые задачи настолько сложны и непредсказуемы, что требуется человек, который будет находиться в непосредственной близости. По мере того, как увеличивается автономность машины, оператор, как правило, будет действовать больше в качестве наблюдателя. Это обеспечит менее напряженную и более безопасную и интересную работу. К тому же оператор сможет управлять дистанционно несколькими машинами одновременно [4].

На первоначальном этапе, до внедрения полностью автономного оборудования, на рынке появится техника, оснащённая системами помощи оператору, которые позволят одному человеку управлять несколькими машинами, что приведет к повышению производительности и сокращению расходов. Но чтобы полностью автономное строительное оборудование стало нормой, необходимо увидеть признание и доверие к технологии, снижение стоимости, увеличение темпов технологических изменений и реформу регулирования [3].

В некоторых регионах мира, например в США, ощущается нехватка квалифицированных операторов. Кроме того, существует множество случаев, когда рабочие места настолько отдалены, как в Австралии или северных регионах России, что им приходится привлекать операторов и создавать инфраструктуру, в которой они должны жить, работая там. Автоматизация обеспечит решение обеих этих проблем.

Строительная отрасль готова и нуждается в переменах. Вопрос в том, с какой скоростью это будет происходить. Как показал опрос Volvo CE, некоторые компании рады использовать автономные машины уже сегодня, но другие хотят подождать, пока технология не станет

более зрелой. Для их продвижения компании проводят пилотные исследования в реальных условиях, чтобы клиенты смогли оценить эффективность работы машин, убедиться в безопасности, надежности, долговечности и производительности оборудования [3].

Немаловажным фактором является и стоимость первоначальных вложений. Ведь штучный продукт всегда дороже массового. Если десять лет назад электрические автомобили были диковиной из "далёкого будущего", то сейчас – это вполне серийная машина. Так и в автоматизации: с развитием технологий затраты начинают падать, а спрос на повышение эффективности, безопасности и производительности сохраняется.

Тенденция к автоматизации строительных и дорожных машин на основе современных электроники и вычислительной техники развивается в мировой практике и в нашей стране. Она является одним из важных направлений повышения эффективности строительной отрасли [4].

Мировой рынок дорожно-строительной техники по своей конфигурации схож с прочими рынками, относящимися к продукции специального машиностроения, таким как сельхозмашины и самоходная техника, используемая в горнодобывающей отрасли. Общим для всех этих рынков является то, что основной объем торговли сосредоточен здесь всего лишь в трех регионах: странах ЕС, США и Восточной Азии. Среди ведущих мировых производителей строительных машин в настоящее время называют такие компании, как Caterpillar (США), Komatsu (Япония), Hitachi (Япония), Terex (США), XCMG (Китай), Doosan (Южная Корея) [5].

Место России на мировом рынке дорожно-строительной техники остается крайне скромным. Ввиду своего недостаточного развития отечественная отрасль не может в достаточной мере удовлетворить даже внутренний спрос на рассматриваемую продукцию. И это при том, что, по данным Росстата, существующие в стране производственные мощности по выпуску дорожно-строительной техники в разы превосходят фактический объем ее производства.

Таким образом, существующие сегодня на российском рынке технологические требования к продукции машиностроения специализированных производств определяются общими трендами развития мирового машиностроения (повышение энергетической и экологической эффективности, внедрение интеллектуальных схем управления и т.д.), что, в свою очередь, требует от отечественных производителей следовать современным тенденциям технологического развития. Без

этого не возможна успешная конкуренция на внутреннем и внешних рынках.

**Библиографический список**

1. Пармонов С.С., Ямалетдинов М.М. Системы дистанционного управления и автоматизации строительных машин/ NovaInfo.Ru – №57, 2016 г. Технические науки, с.112-116.
2. Гужавин А.Я., Капацкий В.И., Плотников Н.М. Механизация и автоматизация производства систем ТГВ: Учебное пособие.– Н. Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2006. – 111 с.
3. Петров Г. Автоматизация строительных машин: ожидания и реалии [Электронный ресурс]. Информационный портал ТЕХНОmagazine. URL: <https://t-magazine.ru/pages/autonomus-equipment/>
4. Автоматизация строительных и дорожных машин: учебное пособие/ А.Ф. Тихонов, С.Л. Демидов, А.Н. Дроздов// М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. стрит. ун-т». – Москва: МГСУ, 2013. – 256с.
5. Бутов А. М. Рынок дорожно-строительных машин-2021 [Электронный ресурс]. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». URL: [https://dcenter.hse.ru/data/2021/08/01/1423579556/Рынок\\_дорожно-строительных\\_машин-2021.pdf](https://dcenter.hse.ru/data/2021/08/01/1423579556/Рынок_дорожно-строительных_машин-2021.pdf)



УДК 210.54

## **ТЕХНОЛОГИЯ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА. ГЕНЕРАТИВНЫЙ ДИЗАЙН**

**Дюкова Д.О., Копылов А.Б.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Рассматриваются технологии на базе искусственного интеллекта, оптимизация и ее преимущества.*

*Ключевые слова: генеративный дизайн, ИИ.*

Генеративный дизайн — это метод проектирования и/или дизайна цифрового и материального продукта при котором человек перекладывает часть процессов на компьютерные технологии и платформы. Инженер-проектировщик не ищет решение конкретной задачи, он описывает её параметры, устанавливает ограничения, после чего искусственный интеллект (ИИ) генерирует варианты, которые формируют конечный продукт.

Генеративный дизайн считается следующим рубежом в автоматизированном проектировании. Он использует возможности ИИ для



разработки высокопроизводительных и сложных итераций дизайна, которые помогают решать трудные задачи, такие как снижение веса компонентов или оптимизация производительности, а также упрощение конструкции.

Как это ни парадоксально, алгоритмы создают очень органичные формы, которые необходимы для определенных типов приложений, чувствительных к производительности. Эти модели часто невозможно изготовить с помощью традиционных технологий, например, как литье под давлением, но 3D-печать и аддитивное производство широко распахнули дверь. Генеративный дизайн обеспечивает 3D-индустрию быстрыми и гибкими средствами создания трехмерных моделей с высоким разрешением для нескольких итераций дизайна для экономичного конечного продукта.

Благодаря аддитивным процессам, которые позволяют наносить тонкие слои материалов снова и снова, производители могут создавать детали из любого типа твердого материала, от пластика до смолы (SLA) и металла.

Аддитивные технологии в большинстве случаев являются наиболее оптимальным методом производства, но в некоторых случаях возможно использование более традиционных методов, таких как обработка с ЧПУ, литье или литье под давлением, в дополнение к аддитивному производству.

Способ работы генеративного проектирования заключается в том, что дизайнер указывает и вводит все критерии для проектирования детали на основе таких параметров, как вес, материал, размер, стоимость, прочность и методы производства. Программное обеспечение использует алгоритмы для изучения возможностей этих параметров для создания тысяч вариантов дизайна, затем обеспечение на базе ИИ проанализирует каждую конструкцию и определит наиболее эффективные из них, что делает возможным одновременно проверять, исследовать и сравнивать тысячи вариантов дизайна программой. Затем они оцениваются инженером или дизайнером, который делает окончательный выбор. После этого у нас есть ускоренный график проектирования. С генеративным дизайном вы можете сразу оценить все варианты. Компании могут использовать генеративный дизайн, чтобы получить конкурентное преимущество в ускорении вывода продуктов на рынок.

Чтобы так быстро определить геометрию дизайна, алгоритмы генеративного проектирования используют различные подходы, такие как:

— *биомимикрия* - практика, которая имитирует природу для решения задач человеческого дизайна;

— *морфогенез* – процесс, посредством которого организм, ткань или орган приобретают свою форму;

— *оптимизация топологии* — оптимизирование расположения материалов в заданном пространстве дизайна для заданного набора ограничений.

Оптимизация топологии начинается с одной полной модели, разработанной человеком, созданной в соответствии с заранее определенными нагрузками и ограничениями; и он отображает только одну оптимизированную концепцию для оценки, основанную на концепции, разработанной человеком. Нет автоматизированного мышления. В этом его отличие от генеративного проектирования, которое начинается с ввода ограничений, которые затем анализируются ИИ для определения сотен или тысяч топологических концепций, но цифры — не единственное, что отличает эти два процесса. Оптимизация топологии не учитывает, что любой дизайн, разработанный традиционными средствами, по существу необъективен. В генеративном же дизайне на ИИ не будут влиять предубеждения (по крайней мере, не так прямо) и он может исследовать больше, чем мы можем себе представить, нам просто нужно убедиться, что наши ранее существовавшие ярлыки и предубеждения не жестко закодированы в технологии искусственного интеллекта.

Генеративный дизайн сводит процесс проектирования к трем этапам: брифинг, идея и принятие решения. Процесс генеративного проектирования сам по себе требует от дизайнера не только понимания и определения параметров, но и анализа наилучших решений в конце. ИИ просто не способен понять проблему сам по себе. Он выполняется на основе цели дизайна ввода.

Преимущество алгоритма поиска в том, что ему не нужно ничего знать о внутренней работе проектируемой детали: он спроектирует стул, не зная фундаментально, что такое стул. Эти алгоритмы на самом деле полагаются на повторяющееся тестирование, а не на прямое решение. Таким образом, генеративный дизайн не решает вашу проблему, но исследует ее нестандартно.

Примеры успешного использования генеративного дизайна:

— уменьшение веса конкретных элементов — совместная программа Airbus и Autodesk по снижению веса некоторых элементов гражданских самолетов;

— синтез формы — совместная работа Toyota и Materialise по разработке суперлегкого автомобильного кресла с нестандартной структурой;

— создание медицинских имплантов — применение дизайна позволило точно воссоздать трабекулярные структуры, распределяя поры по материалам и воссоздать шероховатость поверхности при имитации костей.

**Библиографический список:**

1. В.Н. Канягин. Промышленный дизайн Российской Федерации: возможность преодоления дизайн-барьера. — Издательство Политехнического университета, 2012. — С. 37.
2. Метелик Т.С. Генеративный метод проектирования и способы его реализации в графическом дизайне // Бизнес и дизайн ревю : журнал. — 2017. — Т. 1, № 2(6). — С. 11.
3. Юрий Ветров. Алгоритмический дизайн.
4. Galanter P. What is Generative Art? Complexity Theory as a Context for Art Theory.. — New York: New York University, 2005.
5. Филипп Кин. Порождающее проектирование порождает новую эру высокоэффективных продуктов. Isicad (27 июля 2017).
6. Google опубликовала результаты своего игрового эксперимента Quick, Draw!. Tproger (20 мая 2017 года).
7. “Performance-Driven Engineering Design Approaches Based on Generative Design and Topology Optimization Tools: A Comparative Study”. Applied Sciences journal. 2022.
8. WANDA LAU. The Living and Autodesk Apply Bionic Design to an Airbus 320 Partition. Architect (21 января 2016 года).
9. Tyler Koslow. Toyota & Materialise team to 3D print lightweight car seat. 3d printing industry (17 сентября 2015 года).



УДК 624.131

## **ГИДРОСТРУЙНАЯ ЦЕМЕНТАЦИЯ И ИСКУССТВЕННЫЕ ГРУНТОБЕТОННЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СТРУКТУРЫ**

**Головин К.А., Кудряшов М.А., Хасьянов В.А.**  
Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

*Показана актуальность исследования эксплуатационных характеристик форм искусственных пространственных структур для укрепления и гидрогеологической изоляции грунтов по способам гидроструйной цементации. Определены цели, основные направления и ожидаемые результаты научно-практических работ.*

*Ключевые слова: Строительство, разработка месторождений, защита территорий, гидрогеологическая изоляция, лик-*

*ликвидация суффозионных полостей, изоляция источников загрязнений, принудительное уплотнение грунтов, изменение свойств вечномерзлых грунтов, искусственная ликвидация вечной мерзлоты, гидроструйная цементация, комбинированные строительные конструкции, структурированные материалы.*

Развитие земельного фонда Российской Федерации сопряжено с процессами реформирования сельского хозяйства, модернизации и увеличения объемов промышленного производства, освоения новых селитебных территорий и расширения жилищной инфраструктуры. Так же перед государством крайне важны задачи разработки месторождений полезных ископаемых, в широком смысле улучшения их безопасности и организации новых логистических цепочек.

К примеру, Советом по вопросам жилищного строительства и содействия развитию жилищно-коммунального комплекса при Совете Федерации Федерального Собрания Российской Федерации рассматривается «развитие 650 территорий с использованием механизма комплексного развития территории, общая площадь которых составляет более 23 тысяч га» [1]. Министерством сельского хозяйства реализуется программа «эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» приоритетами которой является введение в оборот 5000 тыс. га сельскохозяйственных угодий за счет культуртехнических мероприятий и 853,5 тыс. га за счет осуществления гидромелиоративных работ. Кроме того, этим же ведомством планируется техническое перевооружение и строительство сооружений, предотвращающих процессы эрозии, затопления и подтопления почв на площади не менее 732,3 тыс. га [2]. Изменения в Государственной программе Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» обращают внимание на тот факт, что «общая площадь паводкоопасных районов на территории Российской Федерации достигает 400 тыс. кв. километров, из которых ежегодно затопляются до 50 тыс. кв. километров. Затоплению подвержены отдельные территории 746 городов, в том числе более 40 крупных, тысячи населенных пунктов с населением около 4,6 млн. человек, хозяйственные объекты и более 7 млн. гектаров сельскохозяйственных угодий». Так же важно заметить, что Правительством планируется «расчистка водных объектов протяженностью более 500 км и восстановление водных объектов площадью 23,5 тыс. гектаров, что позволит улучшить экологические условия проживания вблизи водных объектов для более 13 млн. человек». Ко всему прочему в программы развития государства внесены вопросы «подготовки перспективных площадей для воспро-

изводства запасов полезных ископаемых в действующих минерально-сырьевых центрах и создания поискового задела будущих поколений, обновления основных средств организаций геологической отрасли» и увеличения геологической изученности территории Российской Федерации, ее континентального шельфа, Арктики и Антарктики до 72,9 процента, включая достижение к 2025 году уровня 100 процентов изученности по съемке масштаба 1:1 000 000» [3].

Указанные факты и связанные с ними задачи Правительства Российской Федерации очевидно предполагают проведение колоссального объема комплексных строительных работ на землях, обобщенно именуемых в научных публикациях строительного профиля «сложными грунтами», требующими применения неклассических методов строительства: постановки противофильтрационных завес, укрепления, уплотнения, дренажа почв, ликвидации суффозионных полос, строительства в стесненных, подземных, условиях плотной застройки и вечной мерзлоты.

Примечательно, что экономическая эффективность комплекса порождаемых ими инженерных мероприятий существенно повышается при использовании подходов и методов струйной геотехнологии [4–6]. На данный момент существует масса как положительных, так и неудачных примеров ее использования при строительстве жилых, производственных и подземных сооружений, возведении технических водоемов, набережных и гидроупорных завес. Тем не менее их теоретические и экспериментальные исследования разработаны в степени не достаточной для охвата широкого круга конкретных практических ситуаций, в большинстве источников носят характер рекомендаций и всецело указывают на необходимость проведения дополнительных научных изысканий, что, собственно, представляет научно-практическую проблему.

То есть, проведение научных исследований направленных на выработку условий, методов использования и модернизации струйной геотехнологии для разнообразия грунтов и рельефов является актуальным.

Суть струйной геотехнологии заключается в закреплении грунта одной или несколькими струями цементосодержащего раствора и прочих компонент посредством формирования в нем заглубленных грунтобетонных колонн контролируемого диаметра и сплошных перегородок между ними без проведения работ по выемке породы. Прочность получаемой при этом конструкции, ее сейсмические и противодиффузионные качества определяются видом формируемой пространственной грунтобетонной структуры внутри неустойчивого грунта. То есть

в результате использования рассматриваемой технологии происходит процесс армирования пород грунтобетоном, что позволяет провести аналогию между получаемым пространственным объектом и структурированным композиционным материалом.

В известных авторам теоретических источниках, строительных нормах и технологических условиях приводится лишь два способа формирования ячеистой грунтобетонной «арматуры»: создание колонн встык и равномерно в шахматном порядке с образованием сплошных завес между ними. При этом выводы относительно выбора диаметра колонн, частоты их шага и толщины стенок завес носят исключительно эмпирический характер, авторы в большинстве случаев говорят о дополнительном укреплении конструкций наверняка, вполне научно разработанными строительными приемами. Последнее выявляет новое направление научных исследований, ориентированное на анализ форм искусственно создаваемых пространственных структур внутри сложных грунтов, придающих им определенные физические свойства.

Так становится безусловной важность исследований, цель которых заключается в разработке пространственных структур с различными топологиями для армирования грунтов бетоном и изучение свойств получаемых «композиционных пород» по отношению к природным и техногенным воздействиям. Ее достижение требует выполнение следующих задач:

1. Разработка и классификация форм пространственных структур и исследование их механических свойств.
2. Получение форм, оказывающих противодействие группам конкретных природных и техногенных факторов.
3. Теоретический и экспериментальный анализ механических свойств «композиционных пород».
4. Модернизация существующих струйных мониторов — устройств формирования размывающих породу струй, позволяющих получать не используемые ранее структуры армирования.

В целом, результатом реализации указанных научно-исследовательских работ станет разработка научно обоснованных рекомендаций и алгоритмов расчета необходимых при разработке архитектурного проекта и проведении строительства с использованием технологий струйной гидроцементации.

***Библиографический список:***

1. *Решение Совета по вопросам жилищного строительства и содействия развитию жилищно-коммунального комплекса при Совете Федерации Федерального Собрания Российской Федерации на тему «Комплексное развитие территорий: проблемы и пути их решения» (Москва. 07 декабря 2021 г.)*

2. Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. N 731 с изменениями на 16 марта 2022 года.

3. Постановление Правительства РФ от 18 декабря 2021 г. № 2358.

4. И. И. Бройд Струйная геотехнология / Изд-во Ассоциации строительных вузов. 2004. – 448 с.

5. В. А. Бреннер, К. А. Головин, А. Е. Пушкарев Разработка оборудования для закрепления массивов неустойчивых горных пород методом гидроструйной цементации. Монография / Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. – 206 с.



## **ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ**

УДК 621.311.001.57

### **ВЫБОР НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПРОГНОЗА СУТОЧНОГО ГРАФИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

**Исаев А.С., Корнилов И.В.,**

*Российский химико-технологический университет» им. Д.И. Менделеева,  
г. Новомосковск, Россия*

*Работа посвящена оперативному прогнозированию параметров электропотребления промышленного предприятия – перспективной оценке суточных графиков нагрузки с шагом времени в один час. Методом исследования принят нейросетевой алгоритм. Получены оптимальные условия формирования сети – тип, необходимый объем обучающей выборки, настраиваемые параметры. Установлено, что наибольшее влияние на точность прогноза оказывает формирование исходных данных (с необходимостью из верификации), оптимальным является входной массив в виде относительных приращений мощности нагрузки.*

*Ключевые слова. Оперативный прогноз, суточный график нагрузки, электропотребление, временной ряд, нейронные сети, авторегрессия, Matlab.*

**Введение.** Электропотребление – основной показатель интенсивности функционирования объекта электроэнергетики. В настоящее время наиболее актуален оперативный прогноз электропотребления (суточный график нагрузки) для планирования объемов электроэнергии при ее покупке электроэнергии на ОРЭМ (оптовый рынок электроэнергии и мощности). В этом случае оценивается на перспективу су-



точный график нагрузки с интервалом осреднения один час. При этом по абсолютной величине электропотребление за час равно мощности нагрузки. Следовательно, задачи прогнозирования временного ряда и суточного графика нагрузки тождественны. Впервые про актуальность подобного прогноза с помощью средств ЭВМ прозвучало в 80-е годы прошлого века [1].

**Методы.** При прогнозе электропотребления за час нельзя использовать причинные модели (электропотребление как функция объемов выпуска продукции [2]) и технoценoлогические (основаны на структурных закономерностях построения технических систем [3]). Поэтому все методы оценок сводятся к анализу временных рядов, среди которых выделяются авторегрессионные (ARIMAX) и нейросетевые (ANN) модели.

Ряд электропотребления за фиксированный интервал времени представляет собой интервальный (суммарное значение электропотребления за фиксированный интервал времени) с равноотстоящим, дискретным аргументом. Особенностью ряда при кратком шаге времени является его нестационарность – отклонение эмпирических данных от среднего значения велико, а само среднее не является наиболее вероятной величиной.

В настоящий момент нестационарность увеличивается под влиянием внешних факторов. В условиях последствий коронавирусной пандемии и геополитических событий, влияющих на экономику, временной ряд становится нестационарным – меняются его численные характеристики и форма типового графика. Так в Испании в условиях карантина наблюдается снижение электропотребления в среднем на 6% и «сдвиг» утреннего максимума на 3 часа [4]. В Польше наблюдается снижение электропотребления на 8% [5], в Италии – до 30% [6]. Все это не только относится само по себе к непрогнозируемым статистически процессам, но и нарушает общие длительные тенденции формирования временного ряда.

**Литературный обзор.** Ранее для перспективной оценки временного ряда суммарного суточного электропотребления использовались модели проинтегрированного скользящего среднего [7]. Но для нестационарных рядов автокорреляционная функция резко убывает, что приводит к невозможности корректного формирования подобной модели, что подтверждается проведенными ранее исследованиями [8].

В [9] подробно рассмотрены и реализованы программно (Python) комплексные модели краткосрочного прогнозирования параметров электропотребления. Но при этом решены другие задачи – оп-

тимизация работы ТЭЦ и формирование равновесных узловых цен на электроэнергию на ОРЭМ.

В качестве инструментального средства могут использоваться различные современные пакеты прикладной математики. Мы используем Matlab из-за высоких функциональных возможностей программы, функции приняты согласно [10]. В программе реализованы несколько алгоритмов формирования нейронных сетей для задач прогнозирования электропотребления. В [11] выбран алгоритм Такаги-Сугено. Но критерием выбора является не его оптимальность, а наглядность, доступность для рядового пользователя и повторяемость результатов – алгоритм программно реализован (доведен до конечного пользователя) в *Fuzzy Logic Toolbox*.

**Результаты.** Объектом исследования является ОАО «НАК «АЗОТ». Данное химическое предприятие самый крупный потребитель электроэнергии в Тульской области (годовое электропотребление составляет около 1200 млн. кВтч, заявленный зимний максимум 138 МВт). Пример исходной статистики – электропотребление за каждый час (за четыре месяца – 2928 точек ряда) – представлен на рис.1. В этом случае (интервал осреднения равен 1ч) мощность нагрузки по абсолютной величине будет равен электропотреблению. Средства учета АИСКУЭ дают величины с интервалом осреднения 30 мин. Исходная информация обработана – осреднением нагрузки в виде традиционного графика нагрузки на 1 ч (известно, что чем больше продолжительность, тем более инерционная и предсказуемая величина). Помимо этого ряд верифицирован, нулевые значения (их немного – менее 1%) заменены аппроксимационными (средние значения за предыдущие часы наблюдения).

Изначально информация хранится в формате файлов электронного процессора MS Excel. Экспорт в Matlab может быть осуществлен с помощью надстройки *exclink.xls* или функцией *xlread*. Для построения нейронных сетей временной ряд необходимо транспонировать (используется массив-строка) и нормализовать (используются данные в относительных единицах, модули значений в диапазоне от 0 до 1).

На первом этапе выполнен прогноз методом автокорреляции (авторегрессии) в виде зависимости:

$$P_t = P_0 + \sum_{i=1}^N (a_i \times P_{t-i}), \quad (1)$$

где N – степень авторегрессии (число учитываемых членов временного ряда);  $P_0$  – постоянная составляющая.

Согласно (1) получен прогноз с погрешностью около 10%. Это объясняется сильной нестационарностью ряда – значимых предшест-

вующих членов во временном ряде недостаточно (не более 5 – для различных условий расчета). Улучшить точность сглаживаем временного ряда или его кластеризацией не удалось (возможно, недостаточно статистических данных). Таким образом, подобная модель неприемлема.

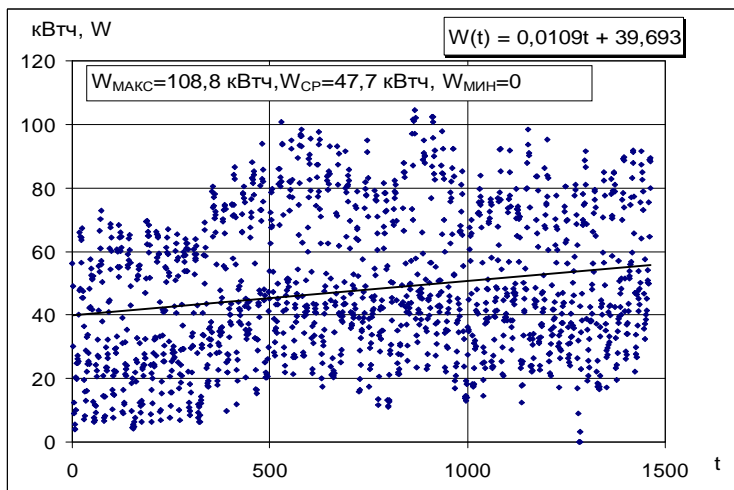


Рис. 1. Исходный временной ряд электрической нагрузки

Нами построены модели сетей на основании двух алгоритмов – радиальная базисная сеть (RB) и обобщенной регрессии (GRNN). Выполнено обучение сети с настройкой коэффициента влияния *Spread*. Установлено, что при его равенстве 0,05 происходит переобучение сети (процесс заключающийся в превалировании точности модели на обучающем множестве в ущерб определению основных тенденций – аналогом является аппроксимация эмпирической зависимости полиномом, которая минимизирует дисперсию, но непригодна для перспективной оценки). Установлена необходимость для корректного построения модели месячной выборки с почасовым электропотреблением – при меньшем объеме точность модели падает.

Результаты моделирования приведены на рис. 2. Обе сети достаточно отражают динамику графика нагрузки. Средняя относительная погрешность прогноза (табл.1) для исходного ряда превышает 5%, а для сглаженного точность модели повышается.

Произведена модификация базовой модели. Она заключается в переходе от абсолютных величин мощности к их относительным приращениям в виде:

$$P_k = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}, \quad (2)$$

где  $k$  – индекс элемента в массиве;  $P_k$  – относительное приращение мощности нагрузки.

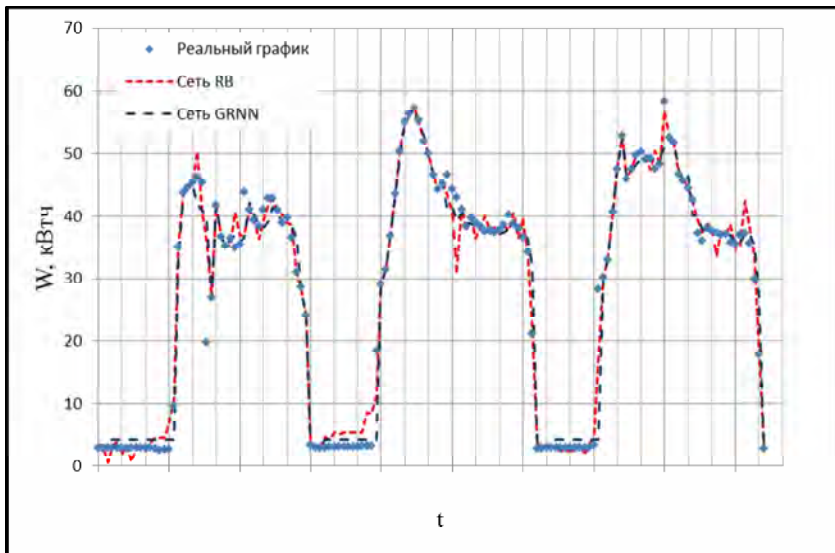


Рис. 2. Результаты моделирования суточных графиков нагрузки

Результаты моделирования на тестовом множестве (при построении обучающего множества эти 60 точек временного ряда полагались неизвестными и не использовались в обучающей последовательности) приведены в табл.1. Таким образом, можно сделать вывод о работоспособности модели при ее соответствующей настройке и обработке входной информации.

Повысить точность прогноза можно несколькими методами: 1. кластеризация исходного множества и прогнозирование внутри кластеров (ранее проведено для других объектов – [12]); 2. комплексная модель, заключающаяся в перспективной оценке суммарного суточного электропотребления и распределении этой величины в виде статистического графика; 3. параллельное выполнение нескольких прогнозов и принятие окончательного решения как компромиссного значения (популярно в эконометрике [13, 14]).

Таблица 1

Относительная погрешность модели при вариации исходных данных

Модель	Тип входного массива	Ошибка MAPE, %	Максимальная ошибка, %
1	Верифицированный временной ряд	5,83	9,58
2	Верифицированный сглаженный ряд	4,42	5,86
3	Верифицированный временной ряд в виде приращения мощности	3,15	4,63
4	Консенсус-прогноз	2,48	4,12

Декомпозиция генеральной совокупности на кластеры к повышению точности модели не привела. Суточное электропотребление определяется с высокой точностью (средняя ошибка не более 1%), а построить «усредненный» график нагрузки не удалось (ошибка превышает 15%). Вероятно, причина в неоднородности статистики. Таким образом, эти подходы неприемлемы. А консенсус-прогноз (проведение двух прогнозов – по абсолютной величине мощности и ее относительному приращению с усреднением прогнозной величины) позволил существенно повысить точность модели.

**Обсуждение.** В [15] приводятся результаты прогнозирования суточного графика нагрузки с погрешностью менее  $\pm 1\%$ . Вероятно, столь высокая точность прогноза обусловлена особенностями объекта исследования. Режим металлургического предприятия приводит к стабильности графика нагрузки при неизменности технологического процесса. Не ставя под сомнения полученный результат, заметим, что сама модель описана весьма поверхностно. Одного термина «нейросетевое прогнозирование» недостаточно для понимания принципов построения сети. В [11] приводится более десяти алгоритмов, реализующих нейросетевые методы (большинство из них реализованы программно в Matlab), пригодные к перспективной оценке временного ряда электропотребления. Поэтому модель без указания типа нейронной сети (в частности, сети с нулевой ошибкой дают максимальную точность на обучающем множестве, но зачастую не могут использоваться для перспективных оценок параметров), количества нейронов входного и выходного слоев, методики обучения сети (принцип распространения ошибки, количество эпох обучения) не может быть воспроизведена.

**Заключение.** В итоге можно сделать следующие выводы. 1. Подтверждена несостоятельность прогнозирования графика нагрузки

методами экстраполяции временного ряда электропотребления (включая автокорреляционные и структурные). 2. Показана принципиальная возможность построения прогнозной модели на основе нейронных сетей. 3. Установлено, что определяющее значение для точности прогноза имеет не принятый нейросетевой алгоритм (они дают соизмеримую точность модели), обработка исходных данных. Поэтому необходима их верификация с последующим сглаживанием (а при необходимости и аппроксимацией). 4. Оптимальными исходными данными является сглаженный временной ряд, представленный не абсолютными значениями электропотребления (мощности), а их относительными приращениями. В этом случае получена средняя погрешность прогноза около 2,5%. 5. Повысить точность прогноза можно получением двух параллельных прогнозных значений (по динамике мощности и ее приращения) и последующим усреднением.

**Библиографический список:**

1. Takenawa T., Schneider A.M., Schiffman D.A. A computer program for 24-hour electric utility load forecasting. // «Energy» (Gr. Brit.) 1980, 5, №7, p. 571-585.
2. Хомутов С.О., Сташко В.И., Серебряников Н.А. Повышение точности краткосрочного прогнозирования электропотребления групп точек поставки электроэнергии гарантирующих поставщиков второго уровня. // Известия Томского политехнического университета. – 2020. – №6. DOI <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/6/2682>.
3. Gnatyuk V.I. Applying the potentiating procedure for optimal management of power consumption of technocenose / Viktor I. Gnatyuk, Sergey A. Polevoy, Oleg R. Kivchun, Dmitry V. Lutsenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 837, Advanced technologies in the fuel and energy complex (Scopus). – Moscow: Russia. – 2020. – doi:10.1088/1757-899X/837/1/012001.
4. Puica M.-A. «Spanish Power Demand Development», published on 18.03.2020. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/spanish-power-demand-development-mihaela-alexandra-puica/>
5. Czosnyka M., Wnukowska B. and Karbowa K., «Electrical energy consumption and the energy market in Poland during the COVID-19 pandemic». 2020 Progress in Applied Electrical Engineering (PAEE), Koscielisko, Poland, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/PAEE50669.2020.9158771.
6. Scarabaggio P., La Scala M., Carli R., Dotoli M. «Analyzing the Effects of COVID-19 Pandemic on the Energy Demand: the Case of Northern Italy.» 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT), Catania, Italy, 2020, pp. 1-6, doi: 10.23919/AEIT50178.2020.9241136.
7. Жичкин С.В. Краткосрочное прогнозирование суточного электропотребления Нижнетагильского металлургического комбината. // Электрификация металлургических предприятий Сибири. Вып. 12. – Томск: Изд. Томского университета, 2005. – с. 222-228.
8. Грицай А.С., Хамитов Д.А., Тюньков Д.А., Синицын Г.Э. Краткосрочное прогнозирование электропотребления на сутки вперед для энергосбытовой компании методом аппроксимации. // Промышленная энергетика. – 2017. – №3. – с. 2-8.
9. Chuchueva I. «The Three-Headed Dragon: Electricity, Trading, Analysis», «Energoinfo» Journal, No. 6, October 2018, pp. 32-47.

10. Хайкин С. *Нейронные сети: полный курс, 2-е изд.: Пер. с англ./* – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
11. Кудинов Ю.И., Пащенко Ф.Ф. *Прогнозирование электропотребления средствами Matlab.* // *Вестник международной Академии системных исследований.* – 2015. – №1. – с. 10-16.
12. Исаев А.С., Ошурков М.Г. *Кластерный анализ суточных графиков нагрузки для потребителей при выборе ценовой категории розничного рынка.* // *Промышленная энергетика.* – 2017. – №6. – с. 11-15.
13. Jakub Nowotarski, Rafał Weron. *Computing electricity spot price prediction intervals using quantile regression and forecast averaging.* URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00180-014-0523-0> (01.07.2021). DOI: 10.1007/s00180-014-0523-0
14. Коновалова К.Ю. *Использование консенсус-прогноза колебания цен на мировых товарно-сырьевых рынках.* // *Научные известия.* – 2018. – №10. – с.25-32.
15. Кудрин Б.И., Мозгалин А.В. *Методика обеспечения почасового прогнозирования электропотребления предприятий с учетом погодных факторов.* // *Вестник МЭИ.* – 2007. – №2. – с. 45-47.



## ПРИМЕНЕНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИЕЙ

**Жданов В.Г., Логачева Е.А., Ярош В.А., Ивашина А.В.**  
*Ставропольский ГАУ, г. Ставрополь, Россия*

*Статья посвящена вопросу использования тепловизионной диагностики в методиках испытания систем электроснабжения.*

*Ключевые слова: электроэнергетическое хозяйство, тепловизор, инфракрасная диагностика.*

С выходом в свет об энергосбережении электротехнические лаборатории стали включать в свои лицензии инфракрасную диагностику электрооборудования. Инфракрасное термографирование - это наиболее перспективное и эффективное направление развития в диагностике электрооборудования, которое обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами испытаний. Технические возможности применения приборов инфракрасной техники в энергетике представлены на рисунке 1. Тепловизионное диагностирование позволяет решать практические задачи в энергетике, такие как: обследование больших объемов электрооборудования бригадой элек-

тротехнической лаборатории из трех человек с одним тепловизором; выявление значительного количества электрических аппаратов, находящихся в предаварийном состоянии; выявление таких дефектов, которые не могут быть выявлены никакими другими методами.

В системах электроснабжения термография может применяться по всему циклу распределения и потребления электроэнергии. Термограмма укажет на возникшие неполадки задолго до того, как они превратятся в крупные эксплуатационные проблемы.

Применение инфракрасной диагностики в системах электроснабжения потребителей способствует повышению эксплуатационной надежности электрооборудования. Принцип организации системы инфракрасной диагностики включает в себя комплекс взаимосвязанных циклов, определяющих последовательность проведения операций (рис.2).

Тепловизионное диагностирование позволяет решать практические задачи в энергетике, такие как:

- обследование больших объемов электрооборудования бригадой электротехнической лаборатории из трех человек с одним тепловизором;

- выявление значительного количества электрических аппаратов, находящихся в предаварийном состоянии;

- выявление таких дефектов, которые не могут быть выявлены никакими другими методами.

В системах электроснабжения термография может применяться по всему циклу распределения и потребления электроэнергии. Термограмма укажет на возникшие неполадки задолго до того, как они превратятся в крупные эксплуатационные проблемы.

Применение инфракрасной диагностики в системах электроснабжения потребителей способствует повышению эксплуатационной надежности электрооборудования. Принцип организации системы инфракрасной диагностики включает в себя комплекс взаимосвязанных циклов, определяющих последовательность проведения операций (рис.2).

Регламент проведения ИК-диагностики включает в себя периодичность и объем измерений контролируемого объекта или совокупности объектов. Периодичность ИК-диагностики электрооборудования определена лабораторией с учетом опыта его эксплуатации, режима работы, внешних и других факторов. Операция по проведению ИК-диагностики должна выполняться приборами ИКТ, обеспечивающими достаточную эффективность в определении дефекта на работающем оборудовании.



<b>ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ</b> <b>Выявляемые неисправности</b>	
ГЕНЕРАТОРЫ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Межлистовые замыкания статора</li> <li>2. Ухудшение паек обмоток</li> <li>3. Оценка теплового состояния щеточного аппарата</li> <li>4. Нарушение работы систем охлаждения статоров</li> <li>5. Проверка элементов системы возбуждения</li> </ol>
ТРАНСФОРМАТОРЫ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Очаги возникновения магнитных полей рассеивания</li> <li>2. Образование застойных зон в баках трансформаторов за счет шламообразования, разбухания или смещения изоляции обмоток, неисправности маслосистемы</li> <li>3. Дефекты вводов</li> <li>4. Оценка эффективности работы</li> </ol>
АППАРАТУРА	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перегрев контактов токоведущих шин, рабочих и дугогасительных камер</li> <li>2. Состояние внутрибаковой изоляции</li> <li>3. Дефекты вводов, делительных конденсаторов</li> <li>4. Трещины опорно-стержневых изоляторов</li> </ol>
МАСЛОНАПОЛНЕННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перегревы наружных и внутренних контактных соединений</li> <li>2. Ухудшение состояния внутренней изоляции обмоток</li> </ol>
ВЕНТИЛЬНЫЕ РАЗРЯДНИКИ И ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нарушение герметизации элементов</li> <li>2. Обрыв шунтирующих сопротивлений</li> <li>3. Неправильная комплектация элементов</li> </ol>
КОНДЕНСАТОРЫ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пробой секций элементов</li> </ol>
ЛИНЕЙНЫЕ ВЧ ЗАГРАДИТЕЛИ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перегревы контактных соединений</li> </ol>
КРУ, КРУН, ТОКОПРОВОДЫ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перегревы контактных соединений выключателей, разъединителей трансформаторов тока, кабелей, токоведущих шин и т. п.</li> </ol>
КАБЕЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перегревы силовых кабелей, оценка пожароопасности кабелей</li> </ol>
ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перегревы контактных соединений проводов</li> </ol>

Рис.1 – Использование термографии в электроэнергетике

Базу данных для ответственных объектов (трансформаторы, выключатели, разрядники) желательно закладывать в компьютер, с тем чтобы она отражала не только результаты ИК-диагностики, но и всю информацию о данном объекте.

К примеру, термографическое обследование трансформатора во многом является вспомогательным средством оценки его теплового состояния и исправности. Термографическому обследованию трансформатора должно предшествовать ознакомление с конструкцией обмоток, системы охлаждения, результатами работы трансформатора, объемом и характером выполнявшихся ремонтных работ, длительностью эксплуатации, результатами эксплуатационных испытаний и измерений и т.п. Поскольку оценка внутреннего состояния трансформатора тепловизором осуществляется путем измерения значений температур на поверхности его бака, необходимо считаться с характером теплопередачи магнитопровода и обмоток.

ИК-диагностика силовых трансформаторов позволяет выявить следующие неисправности:

- возникновение магнитных полей рассеяния в трансформаторе за счет нарушения изоляции отдельных элементов магнитопровода;
- нарушение в работе охлаждающих систем (маслонасосы, фильтры, вентиляторы и т.п.);
- изменение внутренней циркуляции масла в баке трансформатора (образование застойных зон) в результате шламообразования, конструктивных просчетов, разбухания или смещения изоляции обмоток;
- нагревы внутренних контактных соединений обмоток НН с выводами трансформатора;
- витковое замыкание в обмотках встроенных трансформаторов тока;

- ухудшение контактной системы некоторых исполнений РПН и

План термографической съемки трансформатора представлен на рисунке 3. Минимальное количество точек съемки - 4, максимальное - зависит от расположения и типа системы охлаждения. После термографирования осуществляется покадровое совмещение результатов съемки в единый развернутый "тепловой" план. Участки плана с аномальными температурами нагрева должны сопоставляться с технической документацией на трансформатор. При проведении планового ИК-контроля состояния трансформатора оценивается работоспособность отдельных его узлов.

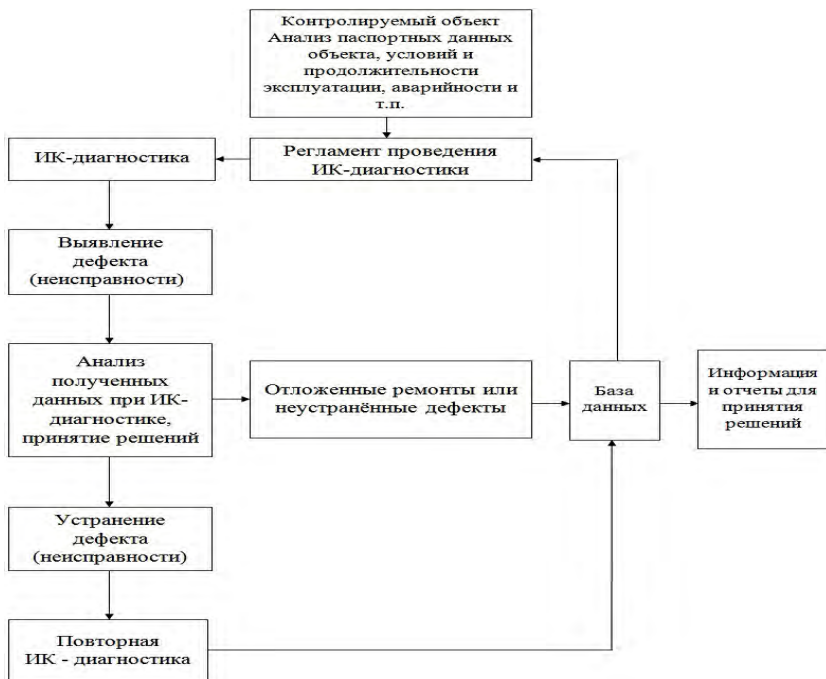
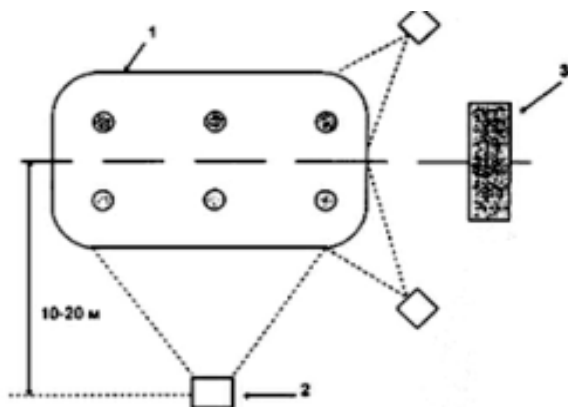


Рис.2 – Структура ИК-диагностики

При обработке материала учитываются ряд погрешностей обязательно присутствующих при ИК измерениях. Наряду с систематическими погрешностями, определенными конструкцией измерительного прибора, а также требованиями к измерениям (разрешающей способности, поля зрения и т.п.) должны быть учтены случайные погрешности. Учитываются различные погодные условия, излучательная способность материала, тепловая инерция, тепловое отражение, погрешности, вызываемые нагрузкой электрооборудования и т.д.

Выявление дефекта должно осуществляться на ранней стадии развития, для чего прибор ИКТ должен обладать достаточной чувствительностью даже при воздействии ряда неблагоприятных факторов, возникающих в процессе эксплуатации (влияние отрицательных температур, запыленности, электромагнитных полей и т.п.). При анализе результатов ИК-диагностики должна осуществляться оценка выявленного дефекта и прогнозирование возможностей его развития и сроков восстановления. После устранения выявленного дефекта необходимо

провести повторное диагностирование для суждения о качестве выполненного ремонта.



План термографической съемки трансформатора

1 - трансформатор;

2 - тепловизор;

3 - выносная система охлаждения.

Минимальное количество точек съемки - 4, максимальное зависит от расположения и типа системы охлаждения.

Рис.3- План термографической съемки трансформатора

#### Библиографический список:

1) Жданов В.Г., Логачева Е.А. Оптимизация структуры автоматизированного рабочего места руководителя предприятия. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2015. № 86. С. 208-217.

2) Жданов В.Г., Логачева Е.А. Особенности планирования работ электротехнической службы при разработке автоматизированного рабочего места энергетика. В сборнике: Сельское хозяйство - драйвер российской экономики (для обсуждения и выработки решений). Оргкомитет международной агропромышленной выставки - ярмарки "Агрорусь-2016". 2016. С. 190-191.

3) Логачева Е.А., Жданов В.Г., Зобнин В.И. Исследование частотных характеристик сельскохозяйственных материалов с целью обеспечения безопасности СВЧ-технологий. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 55. С. 203-209.

4) Логачева Е.А., Жданов В.Г., Пилипенко А.Н. Определение качества теплоизоляции с помощью тепловизора. В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 78-я научно-практическая конференция. 2014. С. 106-109.

5) Логачева, Е.А., Жданов В.Г. Безопасность производственного оборудования по воздействию электромагнитных излучений. В сборнике: Новые технологии в сельском

хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона. 2010. С.41-44.

б). *Электробезопасность* / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2018. 209 с.



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**Жданов В.Г., Логачева Е.А., Ярош В.А., Ивашина А.В.**  
*ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ, г. Ставрополь, Россия*

*Статья посвящена совершенствованию пусконаладочных работ электротехнического оборудования устройств электро-снабжения.*

*Ключевые слова: электроснабжение, пусконаладочные работы, электротехнический персонал.*

Ускорение социально-экономического развития предусматривает строительство новых и реконструкцию действующих предприятий. Любое предприятие оснащается большим количеством современного, сложного электротехнического оборудования. Для ввода в эксплуатацию такого оборудования необходимо выполнять работы по его проверке, испытанию и настройке. Работы по наладке электрооборудования являются специализированной, завершающей частью комплекса электромонтажных работ и выполняются персоналом той организации, которая производит основные электромонтажные работы и несет ответственность за их объем и качество (рисунок 1).

Структура ЭТЛ представлена на рисунке 2. Лаборатория комплектуется специально подготовленным электротехническим персоналом, зарегистрирована в Ростехнадзоре и внесена в Единый государственный реестр. Договоры, заключаемые на выполнение работ по наладке электрооборудования, содержат объем, сроки и условия их выполнения, а также взаимные обязательства и гарантии. Электротехническая лаборатория электроэнергетического факультета СГАУ обеспечивает выполнение следующих работ:

Измерения при испытании заземляющих устройств. Измерение удельного сопротивления грунта.

Проверка заземляющего устройства.

Проверка цепи между заземлителями и заземляемыми элементами.

Измерение сопротивления цепи фаза-нулевой защитный проводник и определения токов однофазного короткого замыкания.

И еще целый ряд работ.

Пусконаладочные работы по электротехническим устройствам выполняют в четыре этапа.

На первом этапе персонал ЭТЛ должен:

- изучить полученную от заказчика электрическую часть проекта, ее связь с технологией производства, техническую документацию предприятий-изготовителей; разработать и согласовать с заказчиком рабочую программу и проект производства пусконаладочных работ (ППР) (рисунок 1);

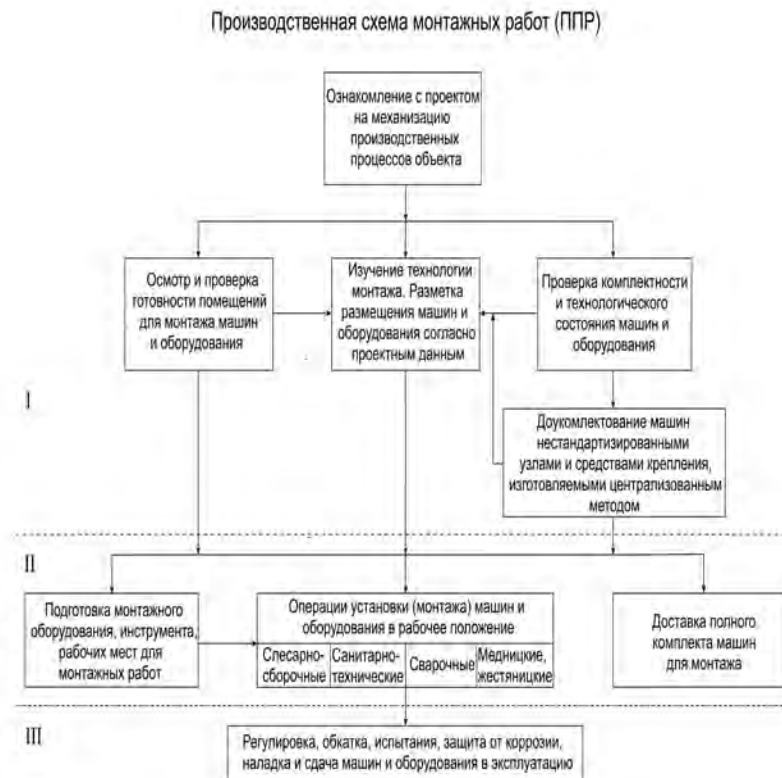
- передать заказчику замечания по проекту и оборудованию, выявленные в процессе анализа проекта, разработки рабочей программы и проекта производства работ;

- подготовить необходимые инструкции, технологические карты и методические указания по наладке, приборы, инструменты и приспособления, необходимые формы протоколов.

На втором этапе производятся пусконаладочные работы вместе с электромонтажными, с подачей напряжения по временной схеме. На этом этапе проверяют смонтированное электрооборудование с подачей напряжения от испытательных схем на отдельные устройства при отсутствии электромонтажного персонала в зоне наладки. Выявленные в процессе испытаний и настройки дефекты в электрооборудовании устраняет заказчик, а дефекты и ошибки в монтаже - электромонтажная организация. По результатам проверки составляют протоколы испытания заземления, измерения и испытания изоляции, настройки защит и релейно-контакторной аппаратуры.

На третьем этапе пусконаладочные работы проводятся с подачей напряжения по постоянной схеме для индивидуальных испытаний электрооборудования. Выполняют настройку параметров электрооборудования, опробование электрооборудования на холостом ходу для подготовки к индивидуальным испытаниям технологического оборудования. На третьем этапе электрооборудование обслуживает заказчик, который обеспечивает расстановку эксплуатационного персонала. После проведения индивидуальных испытаний технологического оборудования электрооборудование считается принятым в эксплуатацию.

Окончание пусконаладочных работ на этом этапе оформляется актом технической готовности электрооборудования для комплексного опробования.



**Рис.1 Проект производства электромонтажных работ.**

На четвертом этапе пусконаладочных работ производится комплексное опробование электрооборудования по согласованным программам. Работа пусконаладочной организации считается законченной после подписания акта приемки пусконаладочных работ.

К наладке электрооборудования предъявляют регламентированные требования, для соблюдения которых проводят следующие испытания:

- типовые в соответствии с действующими ГОСТами;

- приемосдаточные в соответствии с ПУЭ, а в отдельных случаях с указаниями Минэнерго;
- профилактические и другие в соответствии с Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей, объемом и нормами испытаний электрооборудования и инструкциями на отдельные элементы электрооборудования.



**Рис.2 Структура электротехнической лаборатории.**

Работы по наладке электрооборудования выполняются строго по зарегистрированным в Ростехнадзоре методикам. Приборно-инструментальная база каждой лаборатории комплектуется индивидуально. Методики базируются на существующей приборной базе лаборатории. По мере обновления и расширения приборной базы лаборатории происходит совершенствование и методик по проведению испытаний.

**Библиографический список:**



1. Жданов В.Г., Логачева Е.А. Особенности планирования работ электротехнической службы при разработке автоматизированного рабочего места энергетика. В сборнике: Сельское хозяйство - драйвер российской экономики (для обсуждения и выработки решений). Оргкомитет международной агропромышленной выставки - ярмарки "Агрорусь-2016". 2016. С. 190-191.

2. Логачева Е.А., Жданов В.Г., Зобнин В.И. Исследование частотных характеристик сельскохозяйственных материалов с целью обеспечения безопасности СВЧ-технологий. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 55. С. 203-209.

3. Логачева Е.А., Жданов В.Г., Пилипенко А.Н. Определение качества теплоизоляции с помощью тепловизора. В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 78-я научно-практическая конференция. 2014. С. 106-109.

4. Логачева, Е.А., Жданов В.Г. Безопасность производственного оборудования по воздействию электромагнитных излучений. В сборнике: Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона. 2010. С.41-44.

5. Электробезопасность / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2018. 209 с.



## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НОВОРОССИЙСКА

**Логачева Е.А., Ярош В.А., Жданов В.Г., Ассонфак Ассонго, Белоусов В.Е.**  
*Ставропольский государственный аграрный университет, г.Ставрополь,  
Россия*

*Статья посвящена решению актуальной проблемы – внедрению тепловизионного контроля электротехнического оборудования сетевого предприятия.*

*Ключевые слова: инфракрасное диагностирование, воздушные линии, электрические сети.*

Электрификация Кубани началась в конце 19 века с ввода в эксплуатацию электростанций, предназначавшихся для энергоснабжения Новороссийского элеватора, Екатеринодарского трамвая, электроосвещения населенных пунктов. За более чем 120-летний период на Кубани выстроено большое количество линий электропередачи и подстанций. В настоящее время Публичное акционерное общество "Россети Кубань" - крупнейшая электросетевая компания на террито-

рии Краснодарского края и Республики Адыгея. В состав ПАО «Россети Кубань» входят 11 электросетевых филиалов. В том числе Юго-Западные электрические сети, включающие 54 РЭС, обеспечивающие электроснабжение г. Новороссийска и входящих в его состав поселков.

Основными производственными активами являются: 78 подстанций 35–110 кВ; трансформаторных подстанций и распределительных пунктов 6–10(35)/0,4 кВ 1951 шт. Общая установленная мощность: 2 104 МВА. Протяженность линий электропередачи 35–110 кВ: 1 184 км. Протяженность линий электропередачи 10–6–0,4 кВ: 5 204 км. Общая протяженность ЛЭП (по цепям): 6 509 км.

По классификации климатических поясов Новороссийск относится к теплому морскому климату умеренных широт и умеренно мягкой зимой. Однако возможны резкие похолодания. Абсолютный минимум температуры зимой  $-24^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный максимум  $+41^{\circ}\text{C}$ . Климатическая особенностью Новороссийской бухты является частая повторяемость сильных северо-восточных и южных ветров. Скорость ветров этих направлений может достигать 35 м/с, а при порывах может доходить до 80 м/с.

Именно поэтому в районе Новороссийска французской формой Торсада была выстроена первая в России экспериментальная воздушная линия с использованием самонесущих изолированных проводов (СИП).

СИП обладают рядом преимуществ. Это высокая диэлектрическая прочность изоляции, надежность электроснабжения потребителей за счет исключения перехлеста проводов, снижается риск возникновения пожаров при падении провода на землю, упрощается монтаж и повышается безопасность ремонтных работ. На СИП с меньшей скоростью и в меньшем объеме происходит нарастание гололедноизморозевых образований. ВЛ СИП долговечны. Монтаж СИП требует строгого соблюдения технологии, использования специального инструмента и приспособлений, электромонтажный персонал должен быть специальным образом обучен.

Электромонтажные работы завершает испытательная лаборатория. Одним из перспективных направлений, внедряемых новороссийскими сетями, можно рассматривать тепловизионное диагностирование, которое позволяет оценить состояние оборудования без снятия напряжения.

В системах электроснабжения термография может применяться по всему циклу распределения и потребления электроэнергии. Термограмма укажет на возникшие неполадки задолго до того, как они превратятся в крупные эксплуатационные проблемы. Для воздушных и

кабельных линий наиболее уязвимыми моментами являются болтовые контактные соединения, сварные, паяные, выполненные обжатием (рис.1).

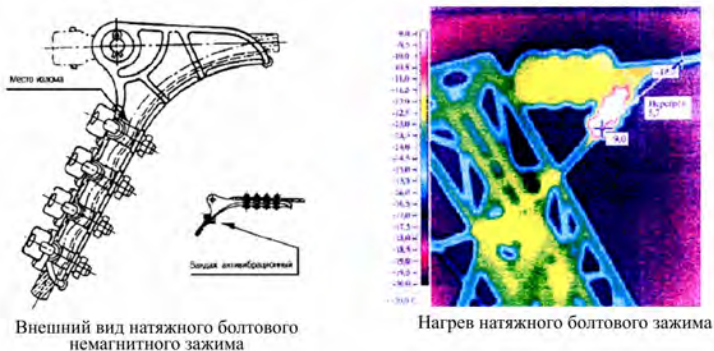


Рис.1 – Термограмма болтового зажима



Рис.2 Применение тепловизоров для диагностирования электрооборудования ВРУ

В контактных соединениях, выполненных сваркой, причинами возникновения дефектов могут являться пузыри, непровары, трещины, несоосность соединенных проводников и т.п.

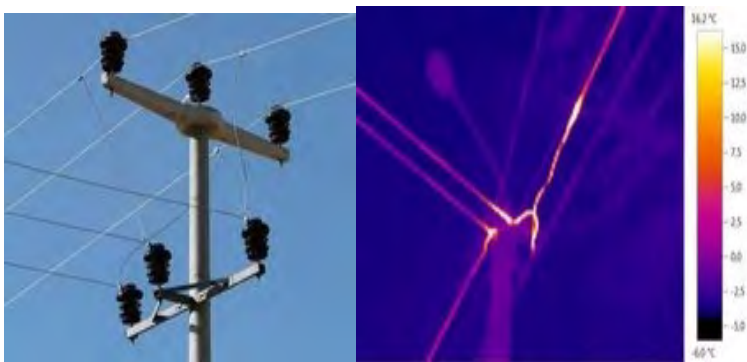
В контактных соединениях, выполненных опрессовкой, возможен неправильный подбор наконечников или гильз, неполный ввод жилы в наконечник, недостаточная степень опрессовки и т.п.

Контактные соединения, выполненные с помощью болтов, чаще всего имеют дефекты из-за отсутствия шайб, отсутствия тарельчатых

пружин, непосредственного подсоединения алюминиевого наконечника к медным выводам оборудования в помещениях с агрессивной или влажной средой, в результате недостаточного усилия затяжки болтов и др.

Контроль контактных соединений проводов ВЛ традиционно осуществлялся специальными измерительными штангами, а в настоящее время возможно применение тепловизоров (рис.2). Процесс излома проводников в проводе обычно сопровождается повышенным тепловыделением и может быть зафиксирован с помощью тепловизора. На рисунке 1 приведена термограмма натяжного болтового зажима шлейфа ВЛ нагрев которого обусловлен уменьшением активного сечения провода в результате вибрации.

ИК контроль ВЛ позволяет выявить: состояние изоляторов; положение опор и проводов по фотоснимкам; площадь залесенности (определение площади залесенности в заданном коридоре); определение стрел провеса и габаритов; выявление и подсчет угрожающих деревьев, определение зон падения; построение поперечных и продольных профилей пролетов; определение вертикальности ЛЭП (до 0.2 градуса); определение обледенелости на проводах.



**Рис.3 Применение тепловизоров для диагностирования ВЛ**

В настоящее время широкое распространение получают беспилотные летающие аппараты. Сетевые предприятия начинают внедрять дистанционный мониторинг линий электропередач с БПЛА. Этот метод является наиболее доступным, быстрым и менее трудозатратным.

Полеты происходят на безопасном расстоянии от опор и кабелей и не требуют отключения напряжения. Кроме того, к данному виду

работ нет необходимости привлекать специалистов, имеющих допуск по электробезопасности.



**Рис. 4** Дистанционный мониторинг ВЛ с БПЛА

**Библиографический список:**

1). Жданов В.Г., Логачева Е.А. Оптимизация структуры автоматизированного рабочего места руководителя предприятия. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2015. № 86. С. 208-217.

2). Жданов В.Г., Логачева Е.А. Особенности планирования работ электротехнической службы при разработке автоматизированного рабочего места энергетика. В сборнике: Сельское хозяйство - драйвер российской экономики (для обсуждения и выработки решений). Оргкомитет международной агропромышленной выставки - ярмарки "Агрорусь-2016". 2016. С. 190-191.

3). Логачева Е.А., Жданов В.Г., Зобнин В.И. Исследование частотных характеристик сельскохозяйственных материалов с целью обеспечения безопасности СВЧ-технологий. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 55. С. 203-209.

4). Логачева Е.А., Жданов В.Г., Пилипенко А.Н. Определение качества теплоизоляции с помощью тепловизора. В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 78-я научно-практическая конференция. 2014. С. 106-109.

5). Логачева, Е.А., Жданов В.Г. Безопасность производственного оборудования по воздействию электромагнитных излучений. В сборнике: Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона. 2010. С.41-44.

*б). Электробезопасность / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2018. 209 с.*



## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ СУШКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР СВЧ ЭНЕРГИЕЙ В ЗЕРНОСКЛАДЕ**

**Логачева Е.А., Жданов В.Г., Ярош В.А.,  
Мохамед М.О., Рефаат А.М., Ивашина А.В.**

*Ставропольский государственный аграрный университет,  
г.Ставрополь, Россия*

*Сушка зерна продуванием теплым воздухом является весьма энергоемким процессом. Для сокращения энергозатрат в зерноскладе предлагается использование СВЧ энергии.*

*Ключевые слова: Сверхвысокие частоты, электромагнитные поля, технологический процесс.*

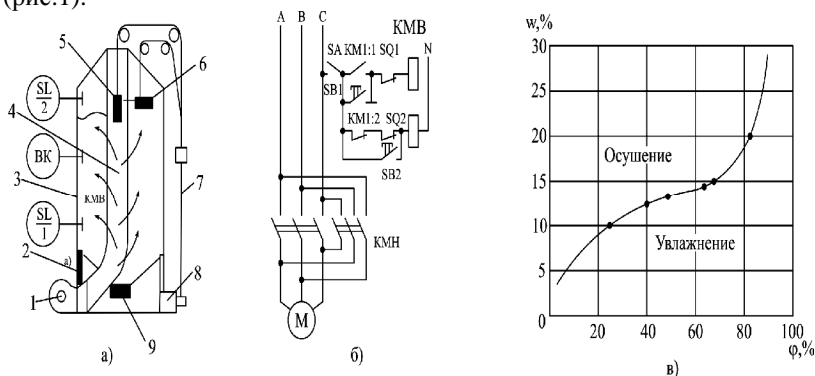
Ставрополье традиционно называют житницей России. Наш регион, несмотря на повторяющуюся жестокую засуху последних лет, сохраняет передовые позиции по производству зерна.

Примечателен тот факт, что в 2016 году впервые в современной истории наша страна стала мировым лидером по продажам пшеницы на экспорт. Завоевать первое место на мировом рынке зерна нашему государству удалось благодаря росту инвестиций в отечественный агропром и рекордному урожаю пшеницы на юге страны. Эксперты не исключают возможности того, что зерно станет основным источником экспортных доходов России.

Сложная политическая ситуация в стране подтверждает то обстоятельство, что зерно является стратегическим товаром, а его выращивание – главной задачей агропромышленного комплекса.

Важно не только вырастить, но и сохранить урожай. Хранение зерна должно осуществляться с наименьшими потерями и без ухудшения качества. Для хранения больших объемов зерна используются элеваторы. Производители поменьше обходятся зерноскладами. В большинстве своем зерносклад осуществляет напольное хранение зерна, где все процессы автоматизированы. Автоматический погрузчик пода-

ет зерно в механизированный бункер. Затем ленточным транспортером зерно подается в сбрасывающую тележку, затем формируется бурты по центру склада. В процессе хранения зерна осуществляется аэрация и оздоровление зерна путем активного вентилирования телескопическими установками ТВУ, оснащенными осевыми вентиляторами. Активное вентилирование – это продувание массы зерна подогретым или холодным воздухом, что зависит от температуры и влажности зерна (рис.1).



**Рис.1** Схемы бункера активного вентилирования (а), управления поршнем-заглушкой (б) и зависимость равновесной влажности зерна  $w$  от относительной влажности воздуха  $j$  (в).

1 – вентилятор; 2 - электрокалорифер; 3 - бункер; 4 - воздухораспределительная труба; 5 - поршень-заглушка; 6 - датчик; 7 - трос; 8 - электропривод; 9 - люк.

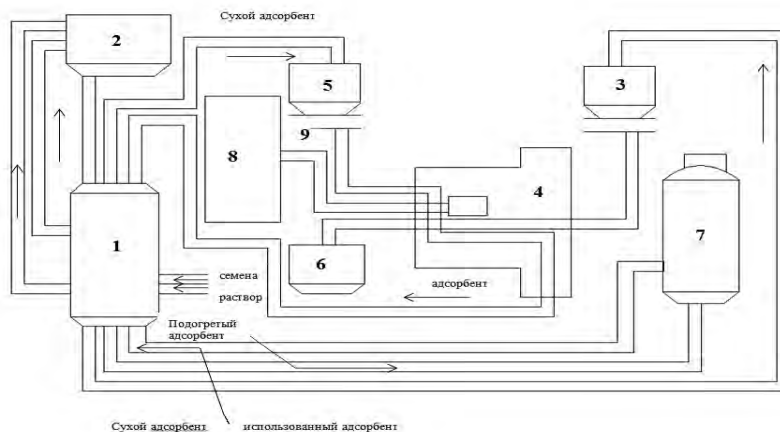
Для активного вентилирования зерна атмосферным воздухом используются вентилируемые бункера. Вентилируемый бункер имеет цилиндрическую форму, внутри находится воздухораспределительная труба. Зерно засыпается между внутренним и внешним цилиндром. В основе процесса лежит зависимость между равновесной влажностью зерна и относительной влажностью воздуха. Конструкция и схема управления вентилируемым бункером представлены на рисунке 1.

Схема управления бункером предусматривает два режима: режим сушки и режим консервации при ручном и автоматическом управлении. Здесь используются датчики верхнего и нижнего уровня зерна в бункере. Влажность воздуха контролируется влагомерами с контактными датчиками. Режим сушки - переключатели ставят в положение «С», режим консервации – положение «К».

Сушка зерна является весьма энергоемким процессом. Для сокращения энергозатрат зерносклада предлагается использование тех-

нологии термического обеззараживания и сушки семян сельскохозяйственных культур энергией СВЧ (рис.2).

Термообработка направлена против пыльной головни. Сушильный комплекс работает по следующей схеме. Семена смачиваются раствором в увлажнителе 2, затем подогреваются в теплообменнике за счет нагретого адсорбента, поступающего из регенерационного аппарата 7, и поступают в бункер-дозатор 3 рабочей камеры 4 барабанного типа СВЧ генератора 8. С другой стороны, в рабочую камеру 4 из бункера-дозатора 5 теплообменника 1 и регенерационного аппарата 7 поступает высушенный адсорбент.



**Рис. 2 – Схема термического обеззараживания и сушки зерна энергией СВЧ.**

1 – теплообменник; 2 – увлажнитель; 3 – бункер-дозатор семян; 4 – рабочая камера; 5 – бункер-дозатор адсорбента; 6 – бункер-накопитель; 7 – регенерационный аппарат; 8 – СВЧ генератор; 9 – коаксиальный фидер.

Во встречном потоке влажные семена контактируют с адсорбентом в СВЧ поле, высушиваются, термообеззараживаются и через бункер-накопитель 6 отправляются на хранение. Влажный адсорбент проходит через теплообменник 1, подогревается и поступает в регенерационный аппарат 7. В дальнейшем цикл повторяется.

При таком процессе сверхвысокочастотной адсорбционно-контактной сушки за счет использования адсорбента температура семян не превышает 40оС. За один проход можно снимать до 7% влаги в минуту без снижения всхожести семян. В сравнении с традиционными способами экономится до 40% энергоресурсов. Здесь источником СВЧ энергии является магнетрон. Применение электромагнитных полей сверхвысоких частот (ЭМП СВЧ) в сельском хозяйстве позволит сни-



зять общие энергетические затраты в тепловых процессах на 25-45%, сократить число обслуживающего персонала на 50%, улучшить санитарно-гигиенические условия труда.

**Библиографический список:**

1). Логачева, Е.А., Жданов В.Г. Безопасность производственного оборудования по воздействию электромагнитных излучений. В сборнике: Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона. 2010. С.41-44.

2). Жданов В.Г., Логачева Е.А. Оптимизация структуры автоматизированного рабочего места руководителя предприятия. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2015. № 86. С. 208-217.

3) Жданов В.Г., Логачева Е.А. Особенности планирования работ электротехнической службы при разработке автоматизированного рабочего места энергетика. В сборнике: Сельское хозяйство - драйвер российской экономики (для обсуждения и выработки решений). Оргкомитет международной агропромышленной выставки - ярмарки "Агрорусь-2016". 2016. С. 190-191.

4) Логачева Е.А., Жданов В.Г., Пилипенко А.Н. Определение качества теплоизоляции с помощью тепловизора. В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 78-я научно-практическая конференция. 2014. С. 106-109.

5.). Электробезопасность / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2018. 209 с.

6). Логачева Е.А., Жданов В.Г., Зобнин В.И. Исследование частотных характеристик сельскохозяйственных материалов с целью обеспечения безопасности СВЧ-технологий. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 55. С. 203-209.



УДК

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

**Ярош В.А., Логачева Е.А., Жданов В.Г.,  
Ивашина А.В., Ассонфак Ассонго П. Р.**

*Ставропольский государственный аграрный университет,  
г. Ставрополь, Россия,*

*В данной статье рассматривался вопрос использования информации геоинформационных систем для расчета режимов*

*электрической сети в режимно-технологических программных комплексах.*

*Ключевые слова: геоинформационная система, схема, интеграция, исходные данные, объект электрической сети.*

Эффективное управление эксплуатацией электрических сетей невозможно без применения современных информационных технологий (ИТ). Геоинформатика является бурно развивающимся направлением современных ИТ, нашедших широкое применение в электроэнергетике. В основе геоинформационных систем (ГИС) лежит графическая и связанная с ней семантическая информация. В качестве семантической информации в электроэнергетике используются базы данных (БД) по электротехническому оборудованию, а в качестве графической - карты, планы, схемы. Следующим этапом применения ГИС является решение расчетно-аналитических задач, путем интеграции ГИС с режимно-технологическими программными комплексами (РТПК) [1, 2]. Расчеты режимов является базовой в задачах проектирования, эксплуатации и развития электрических сетей.

В геометрическом представлении электрическая сеть ассоциируется с линейным графом. Линейный граф  $G$  представляет собой диаграмму, полученную из схемы замещения сети путем замены каждого элемента схемы отрезком линии произвольной длины. Обычно для электрических сетей линейный граф бывает связанным и ориентированным. Граф сети называется связанным, если между любыми его двумя узлами существует, по крайней мере, один путь, и ориентированным, если всем его ветвям присвоена определенная ориентация, совпадающая, как правило, с принятым положительным направлением тока в элементах сети.

Нумерация элементов графа схемы электрической сети. Каждой вершине или узлу графа  $x \in X$  обычно присваивается один номер, например,  $i$ ,  $i = 1, \dots, N + 1$ , где  $N$  – число первичных узлов в сети.

Дуги (ребра) или связи графа  $u \in U$  могут нумероваться по разному. Связь, соединяющая узлы  $i$  и  $j$  может обозначаться двумя цифрами  $i$  и  $j$ , т.е. номерами  $i j$ <sup>1</sup>. В других случаях связь обозначается одним номером, например  $l = 1, \dots, M$ , где  $M$  – число ветвей сети.

---

<sup>1</sup> Надо иметь ввиду, что номер  $i j$  – это не одно число, а два различных числа  $i$  и  $j$ .

Еще раз подчеркнем, что для задания связанного графа схемы сети  $G$  надо знать, какие узлы соединены связями. Для этого надо знать нумерацию всех узлов сети и ветвей, соединяющих эти узлы. Нумерация ветвей,  $l = 1, \dots, M$  без указания, какие узлы соединяются этими ветвями, недостаточна для задания связанного графа схемы сети  $G$ . Информация о связях должна составляться по правилу: узел-узел, связь между ними [3].

Интеграция баз данных электрической сети означает возможность автоматического использования информации об объекте сети в разных базах. Например, если две базы интегрированы, то по желанию пользователя можно автоматически перейти от информации об объекте в одной базе к информации о нём в другой базе и наоборот. Ниже будем рассматривать следующие виды баз:

- 1) семантическая (например, БД объектов электрической сети);
- 2) графическая (например, геоинформационная система – ГИС).

Будем обозначать граф схемы соединения электрической сети  $G(x, u)$  и граф схемы соединения объектов электрической сети  $G_{obj}(x_{obj}, u_{obj})$ .

Уравнение, описывающее интеграцию (или взаимосвязь) базы объектов и их графическое изображение в ГИС:

$$ob_{j \text{ БД}} \textcircled{R} V_{ob \ j \text{ ГИС}}, \quad (1)$$

где  $ob_{j \text{ БД}}$  – объект  $j$  в базе данных объектов электрической сети;  $V_{ob \ j \text{ ГИС}}$  – изображение объекта  $j$  в ГИС;  $\textcircled{R}$  – однозначное соответствие, т.е. переход от объекта в БД сети к его графическому изображению в ГИС.

При интеграции (1) для любого объекта  $j$  в БД можно определить его изображение в ГИС.

Уравнение интеграции или перехода от изображения объекта в ГИС к объекту в базе можно записать аналогично (1):

$$ob_{j \text{ БД}} \dashv V_{ob \ j \text{ ГИС}}. \quad (2)$$

интеграцию БД электрической сети с графом схемы сети  $G(x, u)$  можно описать следующим уравнением:

$$\begin{aligned} ob_{j \text{ БД}} &\ll x \hat{1} X \ddot{u} \\ \text{или} & \quad \quad \quad \ddot{y}. \\ ob_{j \text{ БД}} &\ll u \hat{1} U \dot{p} \end{aligned} \quad (3)$$

где  $x, u$  – множества вершин и дуг (ребер) связанного графа  $G = (x, u)$ .

Уравнение интеграции изображения объектов в ГИС и узлов или связей в графе схемы электрической сети  $G(x, u)$ , можно записать аналогично (3):

$$\begin{aligned} V_{ob\ j\ ГИС} &\ll x \hat{=} X \ddot{u} \\ \text{или} & \qquad \qquad \qquad \ddot{y}, \\ V_{ob\ j\ ГИС} &\ll u \hat{=} U \dot{p} \end{aligned} \quad (4)$$

где  $x, u$  – те же множества, что и в (3).

Полезно использовать связный граф схемы соединения объектов электрической сети  $G_{ob\ j}(x_{ob\ j}, u_{ob\ j})$ . Вершины (узлы) этого графа будем обозначать  $x_{ob} \hat{=} X_{ob}$ . Дуги или ребра (связи) этого графа будем обозначать  $u_{ob} \hat{=} U_{ob}$ . Нумерация элементов графа схемы соединения объектов электрической сети может осуществляться, так же, как и для графа схемы сети.

Интеграция  $G_{ob}$  с базой объектов и с ГИС определяется аналогично (3) и (4):

$$\begin{aligned} ob_{j\ БД} &\ll x_{ob} \hat{=} X_{ob} \ddot{u} \\ \text{или} & \qquad \qquad \qquad \ddot{y}, \\ b_{j\ БД} &\ll u_{ob} \hat{=} U_{ob} \dot{p} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} V_{ob\ j\ ГИС} &\ll x_{ob} \hat{=} X_{ob} \ddot{u} \\ \text{или} & \qquad \qquad \qquad \ddot{y}, \\ V_{ob\ j\ ГИС} &\ll u_{ob} \hat{=} U_{ob} \dot{p} \end{aligned} \quad (6)$$

где  $x_{ob}$  и  $u_{ob}$  – вершины (узлы) и ребра (связи) в графе схемы соединения объектов электрической сети  $G_{ob}$ .

При интеграции ГИС и РТПК будем использовать следующие обозначения:

$ob_{j\ G}$  - объект  $j$  графа  $G$  **узел (вершина) или ветвь (ребро)**;

$ТИ_{ob\ j}$  - топологическая информация об объекте  $j$  электрической сети;

$ПД_{ob\ j}$  - паспортные данные объекта  $j$  электрической сети;

$ob_{j \text{ ГИС}}$  - объект  $j$  ГИС электрической сети, содержит графическую и семантическую информацию об объекте  $j$  электрической сети;

$D_{\text{РТПК}}$  - данные для расчета режима распределительной электрической сети в РТПК.

Исходные данные для расчета режима распределительной сети  $D_{\text{РТПК}}$  включают паспортные данные объектов электрической сети и топологическую информацию о них, т.е. о схеме соединения электрической сети, регулируемые параметры режима [2] и нагрузки в узлах.

$$D_{\text{РТПК}} = \{ \text{ПД}, \text{ТИ}_G, Y, S_{\text{нагр}} \}, \quad (7)$$

где  $\text{ПД}$  и  $\text{ТИ}_G$  – паспортные данные объектов сети и топологическая информация схемы соединения сети,  $S_{\text{нагр}}$  – вектор нагрузок в узлах,  $Y$  – вектор регулируемых параметров режима.

Получение топологической информации об объекте  $j$  графа  $G$  схемы соединения электрической сети по изображению объекта  $j$  ГИС можно записать в следующем виде:

$$V_{ob \ j \ \text{ГИС}} \text{ ® } \text{ТИ}_{ob \ G}. \quad (8)$$

Для всей сети (8) можно записать так:

$$V_{\text{ГИС}} \text{ ® } \text{ТИ}_G. \quad (9)$$

где  $V_{\text{ГИС}}$  – изображение электрической сети в ГИС.

Отметим что (9) – это более общая запись (6).

Выражение (8) для всей электрической сети можно записать так:

$$\{ \text{ПД}, V_{\text{ГИС}}, Y, S_{\text{нагр}} \} \text{ ® } \{ \text{ПД}, \text{ТИ}_G, Y, S_{\text{нагр}} \}. \quad (10)$$

Эти выражения (9) или (10) в частности описывают интеграцию ГИС «Энерго-Граф» и РТПК «RERS PC» [4, 5], путем использования информационного обмена ГИС и РТПК.

Решение задачи интеграции ГИС с РТПК возможно двумя путями:

- использованием информационного обмена между БД ГИС и БД РТПК электрических сетей;
- встраиванием расчетных модулей РТПК электрических сетей в программное обеспечение ГИС.

Каждый из вариантов интеграции ГИС и РТПК имеет свои достоинства и недостатки. Выбор варианта интеграции зависит от конкретного программного обеспечения и возможности его модификации. Достоинство информационного обмена заключается в относительной простоте программистского решения, недостаток – в дублировании информации в БД ГИС и БД РТПК. Достоинство встраивания расчетных программных

модулей в программное обеспечение ГИС состоит в использовании единой БД и программного продукта с единым интерфейсом, недостаток – в сложности модификации программного обеспечения.

**Библиографический список:**

1. Идельчик В.И., Идельчик Б.В., Ярош В.А. Перспективы развития геоинформационной системы Энерго-Граф // *Материалы XXXI научно-технической конференции по результатам работы ППС, аспирантов и студентов СевКавГТУ за 2000 год: сб. науч. тр. по материалам Науч.-техн. конф. (г. Ставрополь, 2001 г.) / СевКавГТУ. Ставрополь, 2001. Часть 1. С. 107.*
2. *Geo-information system in the intellectual network management structure / Efanov A.V., Oskin S.V., Khorolsky V.Ya., Yarosh V.A., Shemyakin V.N. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Т. 9. № 6. P. 1582-1587.*
3. *Presentation of spatial data of electric networks in geo-information systems / Yarosh V., Efanov A., Yastrebov S., Privalov E. // Engineering for Rural Development. 2019. P. 1661-1666.*
4. Идельчик В.И., Ярош В.А. Интеграция геоинформационных систем и режимно-технологических программных комплексов для управления эксплуатацией распределительных электрических сетей // *Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2008. № 2. С. 72-78.*
5. Ярош В.А. Разработка и применение геоинформационных систем в распределительных электрических сетях : автореф. дис. ... к-та. техн. Наук. Ставрополь, 2010. 24 с.
6. Логачева Е.А., Жданов В.Г., Пиштенко А.Н. Определение качества теплоизоляции с помощью тепловизора. В сборнике: *Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 78-я научно-практическая конференция. 2014. С. 106-109.*
7. *Электробезопасность / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2018. 209 с.*
8. Логачева Е.А., Жданов В.Г., Зобнин В.И. Исследование частотных характеристик сельскохозяйственных материалов с целью обеспечения безопасности СВЧ-технологий. // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 55. С. 203-209.*



## **СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Ярош В.А., Логачева Е.А., В.Жданов В.Г.,  
Ивашина А.В., Кирхели Хосейн**

*Ставропольский государственный аграрный университет,  
г. Ставрополь, Россия*

*В данной статье рассматривались этапы развития системы электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения. Отмечены основные недостатки сложившейся*

*системы электроснабжения в сельской местности. На современном этапе электрификации сельского хозяйства стоят задачи повышения: качества электроэнергии; надежности электроснабжения; пропускной способности существующих сетей и уменьшение потерь электроэнергии. Показаны мероприятия для достижения этих задач.*

*Ключевые слова: распределительные сети, сельскохозяйственные потребители, схемы присоединения подстанций, надежности электроснабжения, качества электроэнергии.*

К сетям сельскохозяйственного назначения относятся линии электропередач и подстанции, в которых более 50 % общей нагрузки приходится на долю сельских потребителей [1-2].

Сельскохозяйственные потребители получают электроснабжение по электрическим сетям напряжением 0,4-110 кВ. Протяженность воздушных линий 0,4-35 кВ составляет примерно 2 млн км, количество трансформаторных подстанций – около 7000 напряжением 35/10 кВ, и 500 тысяч трансформаторных подстанций 35/0,4 кВ.

Электроснабжение в сельской местности характеризуется охватом огромной территории с малой плотностью населения и соответственно малой плотностью потребляемой нагрузки 5-15 кВ на квадратный километр. На первом этапе развития электроэнергетики решалась задача централизованного электроснабжения всех сельских потребителей. На этом этапе электроэнергия в основном использовалась только для освещения и электрификации некоторых механических процессов.

Следующий этап развития электрификации сельского хозяйства характеризуется ростом электропотребления, связанный с ростом механизации и автоматизации процессов производства. Особенно возросло электропотребление на крупных животноводческих и птицеводческих комплексах по производству молока, говядины, свинины, яиц, мяса птицы на промышленной основе [3-4].

Система электроснабжения сельских потребителей состоит из двух типов сетей:

- распределительных высокого напряжения (110- 35 кВ);
- распределительных низкого напряжения 0,4-10 кВ.

Распределительные сети как высокого, так и низкого напряжения, на первом этапе строились по радиальному принципу (рисунок 1 а, б) с использованием ответвительных подстанций.

Основной задачей первого этапа являлся максимальный охват сельскохозяйственных потребителей при минимальных капитальных затратах на сооружение этих сетей. Вследствие этого в это время нашли широкое распространение упрощенные схемы распределительных

устройств высокого напряжения подстанций. Используемые в качестве коммутационных аппаратов отделители и короткозамыкатели.

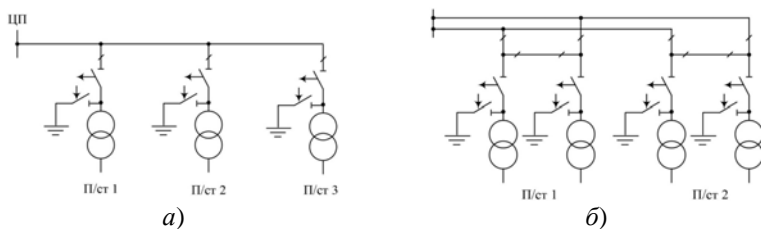


Рис. 1. Схемы присоединения подстанций к сети с отделителями и короткозамыкателями

Сейчас постройка подстанций с отделителями и короткозамыкателями запрещено, а на действующих подстанциях они должны быть заменены на выключатели.

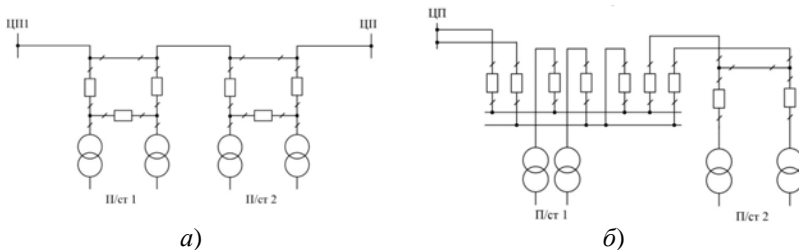
Большая протяженность сети 0,4-10 кВ приводит к значительным трудностям при поддержании качества электроснабжения. В сельских сетях гораздо хуже показатели надежности электроснабжения и качества электроэнергии, чем в городских сетях, велик технологический расход электроэнергии на ее передачу и распределение.

Устранение данных недостатков является первоочередной задачей сельской энергетики. На современном этапе электрификации сельского хозяйства стоят задачи повышения: качества электроэнергии; надежности электроснабжения; пропускной способности существующих сетей и уменьшение потерь электроэнергии [5].

Система электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения должна обеспечить потребителей электроэнергией требуемого качества с соблюдением требований к надежности электроснабжения. Для этого необходимо производить следующие мероприятия:

- постройка новых подстанций 110/35/10 и 110(35)/10 кВ для уменьшения радиуса действия и протяженности сетей 10 кВ, отходящих от подстанции;
- установка второго трансформатора на подстанциях 110(35)/10 кВ;
- использование замкнутых сетей кольцевой конфигурации, сети с двухсторонним питанием, (рисунок 2, а) или двойные радиальные сети (рисунок 2, б);
- постепенный переход к системе напряжений 110/10 кВ.





**Рис.2.** Схемы присоединения подстанций к сети с выключателями

**Библиографический список:**

1. Электрические станции и Подстанции / Ярош В.А., Ефанов А.В., Привалов Е.Е., Ястребов С.С. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2019. Том. Часть 1. 79 с.
2. Электрические станции и Подстанции / Ярош В.А., Ефанов А.В., Привалов Е.Е., Ястребов С.С. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2019. Том. Часть 2. 92 с.
3. Presentation of spatial data of electric networks in geo-information systems / Yarosh V., Efanov A., Yastrebov S., Privalov E. // *Engineering for Rural Development*. 2019. P. 1661-1666.
4. Geo-information system in the intellectual network management structure / Efanov A.V., Oskin S.V., Khorolsky V.Ya., Yarosh V.A., Shemyakin V.N. // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Т. 9. № 6. P. 1582-1587.
5. Исследование погрешностей от неточного задания исходных данных при определении загрузки линий и отклонений напряжения в распределительной сети / Идельчик В.И., Кужев В.Х., Ярош В.А.; СтПИ – г. Ставрополь, 1993. – 18 с. Деп. в ВИНТИ РАН 29.03.94, № 757-В94.
6. Логачева Е.А., Жданов В.Г., Пилипенко А.Н. Определение качества теплоизоляции с помощью тепловизора. В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 78-я научно-практическая конференция. 2014. С. 106-109.
7. Электробезопасность / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2018. 209 с.
8. Логачева Е.А., Жданов В.Г., Зобнин В.И. Исследование частотных характеристик сельскохозяйственных материалов с целью обеспечения безопасности СВЧ-технологий. // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2019. № 55. С. 203-209.



УДК 621.1

## **К ВОПРОСУ МОДЕРНИЗАЦИИ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Гусева А.М., Иванов А.А., Чуб М.Е.**

*Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия*

*В статье проведен анализ вопросов энергетики, связанных с эксплуатацией, ремонтом и техническим перевооружением котельных агрегатов. На основе анализа выявлены проблемы и недостатки инфраструктуры, трудности, возникающие при взаимодействии с зарубежными производителями энергетического оборудования, а также предложены варианты замены иностранных компонентов.*

*Ключевые слова: теплоэнергетика, модернизация, энергоресурсы, энергетическое машиностроение.*

На современном этапе развития человечества одной из важных составляющих полноценной жизни является наличие электричества, так как большинство бытовых операций для поддержания жизнедеятельности требуют использования приборов, питающихся от «розетки». Электрическая же энергия, в свою очередь, вырабатывается на разных источниках. Генерация электрической энергии происходит на тепловых станциях (ТЭС, ТЭЦ), атомных станциях, гидроэлектростанциях и путем использования нетрадиционных источников энергии (солнечные, ветряные, геотермальные электростанции) и др. Наибольшую долю в выработке электрической энергии (более 45%) составляет выработка на тепловых электростанциях [1].

ТЭЦ являются крупными генерирующими предприятиями и поставляют тепловую энергию в централизованную систему. В свою очередь, состояние сектора централизованного теплоснабжения имеет множество нерешенных проблем. Износ магистральных сетей составляет около 70%, самих генерирующих станций – 50-80%. Тяжелое состояние оборудования и системы в целом вызывает большие потери теплоносителя и, как следствие, неэффективный расход топлива на нагрев воды в котлах [2].

Ремонт и модернизация тепловых сетей и оборудования требует не только огромных финансовых затрат, но и может занять большое количество времени, при этом необходимо надолго останавливать производство тепла и электричества, что также влечет за собой финансовые потери, нарушение режимов поставки энергоносителей и другие негативные последствия. Поиск поставщиков, заказ нового оборудова-

ния, модернизация и замена требуют больших временных затрат и четко налаженных логистических операций.

Одним из наиболее важных составляющих экономической, безопасной и надежной работы энергетического оборудования, является способ сжигания топлива. Совершенствование, правильное внедрение и рациональное использование теплогенерирующих установок, а также грамотная наладка и своевременное проведение обследований и ремонтов, квалификация и уровень подготовки обслуживающего персонала является ключевым для энергоэффективной работы всей энергетической отрасли.

Кроме вышеперечисленных мер повышения эффективного использования энергоресурсов, следует также обратить внимание на нетрадиционные методы выработки тепловой или электрической энергии.

В настоящее время также актуальной стала проблема наличия и возможности поставок оборудования зарубежных фирм на энергетические объекты страны. Хотя в распоряжении магазинов розничной торговли всё еще имеется теплотехническое оборудование непромышленного назначения немецких и итальянских производителей, поставки крупных энергетических систем для различных производств задерживаются или вовсе оказались сорваны.

Важнейшие элементы котельного оборудования (горелки, насосы, котлы, КИПиА) в ходе проводимых модернизаций и ремонтов заменялись на системы иностранных компаний-производителей, которые в настоящее время прекратили поставку и сервис, либо существенно ограничили продажу своего оборудования российскому энергетическому сектору в связи с санкциями.

Некоторые иностранные компании, локализовавшие производства или сборку на территории России, продолжают выпуск и поддержку своего оборудования. Одной из таких компаний является немецкая фирма Wilo, производящая насосное оборудование и имеющая 30 своих складов на территории России.

Многие предприятия сферы оказались в сложной ситуации: были произведены работы по модернизации для конкретного иностранного оборудования, которое впоследствии не было поставлено. Из-за этого оперативно найти и затем повторно перенастроить технику под параметры другого производителя оказалось крайне затруднительно. В связи со сложившейся ситуацией, возникла необходимость в поиске других предложений на рынке теплоэнергетики с более надежными поставщиками.

Новым для нашей страны может стать рынок теплотехники китайских производителей. Одним из крупных производителей подобного оборудования является фирма Henan Yuanda Boiler Corporation Ltd. Она основана в 1956 году и специализируется на поставке готовых комплексов «под ключ». Фирма экспортируется в 60 стран мира и имеет представительство в России [3].

Кроме Yuanda Boiler, существуют и другие крупные китайские производители, готовые поставлять на российские предприятия свое оборудование и предоставлять дальнейший сервис на приемлемых условиях.

Также не стоит забывать и о российских изготовителях энергооборудования, которые являются конкурентоспособными в сравнении с иностранными аналогами. Одним из таких производителей является компания «ЭНТРОРОС». Компания имеет крупный завод в Санкт-Петербурге, производственной мощностью 1000 котлов в год.

Еще одним крупнейшим игроком российского рынка энергетического машиностроения является «Сибэнергомаш», расположенный в Барнауле.

Кроме крупных заводов-изготовителей, выпускающих большой объем единиц продукции в год, существуют и небольшие предприятия, занимающиеся мелкосерийными и индивидуальными заказами, которые также имеют опыт в выпуске специализированной техники и комплектующих.

Таким образом, в настоящее время сложилась ситуация на российском рынке теплоэнергетики, из которого можно сделать вывод о том, что в условиях непредсказуемости экономической и геополитической ситуации, невозможности прогнозирования и фактического отсутствия гарантий между участниками рынка, возникает необходимость в поиске более надежных и удовлетворяющих потребности поставщиков. Исходя из этого, многие европейские производители выступают крайне ненадежными поставщиками важнейшего оборудования для отрасли на данный момент.

Наша страна имеет широкий потенциал для развития энергетического машиностроения. Россия располагает крупными заводами-изготовителями котельной техники и комплектующих к ней. Помимо отечественных компаний, стоит обратить внимание на китайских производителей, для которых российский рынок откроет новые возможности для реализации своей продукции.

#### ***Библиографический список***

1. *Глобальный рынок электроэнергии [Электронный ресурс] // BOOMIN: информ.-аналит. журн. – 2022 Режим доступа: <https://boomin.ru/publications/article/globalnyy->*

гупок-elektroenergii/ (Дата обращения 18.10.2022)

2. Сагитов Р. Ф., Увеличение энергоэффективности при применении мини-ТЭЦ в сельской местности [Электронный ресурс] // Р. Ф. Сагитов, С. П. Василевская, Р. Н. Касимов, В. Е. Дудоров // Известия ОГАУ. 2019. №2 (76). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/uvvelichenie-energoeffektivnosti-pri-primenenii-mini-tets-v-selskoy-mestnosti> (Дата обращения: 18.10.2022).

3. Компания Nenap Yuanda Boiler Corporation Ltd. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://yuandaboilers.ru/companiya> (Дата обращения 19.10.2022)



УДК 697341

## СОПОСТАВЛЕНИЕ РОСТА ЦЕН НА ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ УСЛУГ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ГВС

**Курбатов Н.П., Яблонев А.Л., Щербакова Д.М.**

*Тверской государственный технический университет, г.Тверь, Россия*

*В централизованной системе теплоснабжения источником тепла служит ТЭЦ или котельная, которая вырабатывает тепло для группы потребителей: квартал, район города или даже весь город. Дана оценка роста цен на предоставление услуг централизованное теплоснабжение и ГВС в зависимости от роста цен на топливо (газ). Показано, что в системах централизованного теплоснабжения потери тепла и аварийность находятся на критическом уровне.*

*Ключевые слова. Централизованное теплоснабжение, теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), тепловые сети, аварийность состояния.*

Обеспечение тепловых нужд населенных пунктов выходит далеко за пределы отраслевой энергетической задачи. Социально-экономическая значимость теплоснабжения определяется превалирующим потреблением тепла на отопление и горячее водоснабжение жилищ и социально-бытовые нужды населения в разных природно-климатических и экономических условиях регионов России. Особенно сильно значение тепла проявляется в холодное время года, когда от обеспечения теплом, по существу, зависит жизнедеятельность страны [1]. Климатические условия на территории России повсеместно требуют отопления жилого, общественного и производственного фондов. Так, например, в г. Тверь Тверской области отопительный сезон со-

ставляет от 7 до 8 месяцев при средней годовой температуре наружно-го воздуха 4-6°С [2].

Выработку тепловой энергии в г. Тверь осуществляют 40 отдельно стоящих котельных и 3 теплоэлектроцентрали. Монополистом в производстве тепловой и электрической энергии является предприятие ООО «Тверская генерация», в состав которой входят 3 теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и 20 котельных. Суммарная вырабатываемая тепловая мощность 2110,254 Гкал/час. В качестве потребителя тепловой энергии выступают предприятия легкой и пищевой промышленности, предприятия машиностроения и железобетонных конструкций. Также тепловой мощностью (отопление) и горячим водоснабжением (ГВС) снабжаются жилой и общественный фонд с общей протяженностью тепловых сетей 91,4 км [3].

Передача тепловой энергии потребителям осуществляется по трубопроводам – тепловым сетям. Теплопроводы – дорогостоящий и трудоемкий элемент системы. По сравнению с затратами на строительство ТЭЦ их стоимость составляет очень значительную часть[4].

Преобладающим способом прокладки трубопроводов тепловых сетей является подземная прокладка. Трубопроводы сооружают в проходных и полупроходных каналах в защитных оболочках различной формы. В настоящее время 80% городских сетей проложены в непроходных каналах. Это дорогостоящие и трудоемкие сооружения, но имеют относительно небольшой срок службы - он вдвое меньше нормативного и не превышает 10-12 лет [5].

Анализ распределения стоимости прокладки тепловых сетей показал, что строительные работы внутриквартальных и межквартальных тепловых сетей в сухих грунтах составляет 80 %, а в мокрых — 90 % общей стоимости трассы. В г.Тверь грунтовые воды залегают не большой глубине от поверхности земли, поэтому трудоемкость при прокладке коммуникаций выше среднестатистической по стране. Кроме того, тепловые сети, проложенные под землей, в непроходных каналах, трудно контролировать на износ.

В настоящее время энергетики обеспокоены большим износом тепловых сетей. Городские теплосети очень старые и нуждаются в капитальном ремонте. Более 80% сетей находятся в критическом состоянии. Частые прорывы трубопроводов особенно в зимний период вызывают негативное отношение населения к теплоснабжающей компании. И вместе с этим постоянно растут тарифы на тепловую энергию, так как растет стоимость топлива (в основном газа), дорожают материалы, возрастает стоимость обслуживания и стоимость ремонта сетей.

Основным топливом ТЭЦ и котельных является газ. Его стоимость год от года растет. С 2017 года по 2022 год стоимость 1000 м<sup>3</sup> газа возросла в 1,29 раза. Вместе с тем стоимость тепловой энергии, которую отдает ООО «Тверская генерация» населению, поднялась за одну Гккал на 1,15 раза, что свидетельствует о неравномерном росте цен на предоставление услуг (рис.1).

Городская администрация и руководство теплогенерирующей компании стараются сдерживать рост тарифов, но из-за общего долга «Тверской генерации» перед «Газпром Межрегионгаз Тверь» – объем оспариваемых требований составляет более 1 млрд рублей, приходится идти на непопулярные меры [6] .



**Рис. 1. Анализ повышения роста стоимость природного газа и предоставление услуг теплоснабжения и ГВС с 2017 по 2022 год**

Унификация, централизация, автоматизация, увеличение мощности объекта согласно законам экономики должно вести к снижению стоимости продукта, а рыночные отношения должны вести к росту производительности труда, но в настоящее время капиталистическая экономика пагубно повлияло на теплоэнергетику.

Отопительный сезон в городе, как уже сказано ранее, может продолжаться в среднем 7-8 месяцев. Подача тепла населению носит больше социальный характер, чем коммерческий. Модернизация предприятий и сложность экономической ситуации привели к сокращению рабочих мест. Повышенный риск безработицы, не высокая оплата труда способствуют несвоевременной оплате за пользование тепловой энергией.

Государственная поддержка отрасли могла бы существенно изменить ситуацию с подачей тепла в городе. Каждую зиму в г.Тверь на-

блюдаются 2-3 крупные аварии на сетях. Часто без тепла на 2-3 дня остаются сотни горожан при морозе  $-25^{\circ}\text{C}$ .

#### *Выводы*

Не смотря на сдерживание роста цен на предоставление услуг тепловой энергии, социальная защита населения должна быть приоритетной над коммерческими программами, и не допускающей промерзание системы теплоснабжения в жилых и общественных домах с бесперебойным обеспечением тепловой энергии. Политика государственной поддержки теплоэнергетики и населения, в первую очередь, в отопительный период, а также общий план восстановления тепловых сетей позволят избежать необратимых коррозионных и усталостных процессов на городских и магистральных тепловых сетях.

#### **Библиографический список**

1. Некрасов А.С. Современное состояние теплоснабжения России / А.С. Некрасов, Ю.В. Синяк, С.А. Воронина, В.В. Семикашев // *Проблемы прогнозирования* – 2011. № 1(124). С. 30–43.
2. URL: <http://ecology-of.ru/priroda/klimat-goroda-tveri/> дата обращения [13.10.2022]
3. URL: <https://tvgen.ru/about> дата обращения [10.10.2022]
4. СП 124.13330.2012 *Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003*. М.: ООО «Аналитик», 2012 – 74с.
4. Тихомиров К. В. *Теплотехника, теплогасоснабжение и вентиляция* / К.В. Тихомиров, Э. С. Сергеенко: Учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.
5. Заманов Р.И. *Способы прокладки тепловых сетей* / Р.И. Заманов, Д.А. Никифоров // *Проблемы и перспективы международного трансфера международных технологий. матер. между. конф.* – 2017. С – 26–34.
6. URL: <https://tvgen.ru/news/detalis/868> [ дата обращения 19.10.2022]



УДК 622.331

## **ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА НА ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЯХ ГОРОДА ТВЕРИ**

**Иванов А.А., Гусева А.М.**

*Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия*

*Рассмотрен вариант использования торфяного топлива на электростанциях города Твери в настоящее время. Показаны положительные и отрицательные стороны возобновления использования торфяного топлива на теплоэлектроцентралях г.*



*Твери. Приведено обоснование возможности замены потребления газового топлива торфяным.*

*Ключевые слова: торф, торфяное топливо, теплоэнергетика, сжигание торфа.*

На территории Тверской области имеются огромные запасы такого ценного вида топлива, как торф. Использование торфа известно еще с далеких времен – еще Петр I в 1696 году издал указ о добыче торфа в районе Воронежа и поиске залежей на Азове. Начало промышленной добычи торфа в России датируется 1789 годом, когда стали разрабатывать залежи в районе Санкт-Петербурга. Из него добывали газ для освещения, поставляли на предприятия металлургии. До 1918 года объемы добычи торфа в России были небольшими – не более 2 млн. тонн в год. Позже торф в качестве топлива начинают активно использовать на электростанциях. Индустрия развивалась, торфяные месторождения активно использовались, открывались новые, а вместе с ними возникали и росли поселки и города, расположенные рядом. К середине XX века торф в СССР играл огромную роль не только в энергетическом, но и в сельскохозяйственном секторе. К 1975 году, по официальным данным, СССР добывал до 90 млн. тонн торфа, что во много раз превышало добычу стран, которые имеют и разрабатывают торфяные месторождения. Однако когда на территории Сибири были обнаружены огромные месторождения газа, добыча торфа начала сокращаться. Масштабная перестройка энергетического сектора на использование газа, а также угля и нефтепродуктов, газификация регионов, сокращение государственной поддержки торфяной промышленности и устаревание парка техники серьезно усложнили работу отрасли и поставили под удар существование сектора в целом.

Подобный упадок в секторе торфодобычи наблюдался не только в СССР, но и в других странах, где имеются разработки торфяных месторождений. К этим странам принадлежат Финляндия, Беларусь, Канада, страны Прибалтики, Польша и другие. Стоит отметить, что некоторые из этих стран продолжили, либо возродили добычу торфа, при этом добыча является не просто безубыточной, но и приносит существенную выгоду.

Добыча торфа в прибалтийских странах (Латвия, Литва и Эстония) является полностью экспортноориентированной. Торфяную продукцию они поставляют во многие страны мира, что говорит о повсеместном спросе на этот продукт, а также об экономической целесообразности перевозок торфопродуктов на большие расстояния по морю.

Отметим также, что Нидерланды, занимающие 4 место по экспорту торфа в мире, являются при этом крупнейшим импортером данной продукции. Это связано с тем, что в стране в больших объемах перерабатывается импортированный торф на нужды сельского хозяйства и после переработки он экспортируется во многие страны мира.

По прогнозам BusinessStat объем экспорта торфа в мире будет ежегодно расти в среднем на 1,9% и в 2023 году объем продукции, вывезенной из стран мира, достигнет 10,92 млн тонн, что превысит уровень 2018 года на 10,1%. При этом в тройке стран-лидеров ожидается перераспределение ведущих позиций. Например, в 2023 году на долю Латвии будет приходиться 19,7% от общемирового объема экспортных поставок продукции. Второе место в 2023 году займет Канада с долей 13,7%, а третье – Германия (12,2%) [1].

Эти данные говорят о том, что добыча и переработка торфа может быть ориентирована не только на местные рынки, но и поставляться за рубеж. В то же время, практика показывает, что использование местного вида топлива имеет большую конкурентоспособность и гораздо менее сильно зависит от положения дел на мировом рынке. Затраты на поставку местных видов топлива существенно снижаются ввиду близости мест добычи и мест использования. Во многом из-за низких транспортных затрат во времена СССР около крупнейших мест торфодобычи строились предприятия, требующие больших объемов дешевой тепловой и электрической энергии, которую на тот момент могли обеспечить торфяные теплоэлектростанции.

Тверская область обладает крупнейшими запасами торфа Центрального экономического района. Доля запасов торфа – 2 млрд. т (при содержании влаги 40%), что составляет 43,5% всех запасов Центрального экономического района.

Высокую рентабельность использования торфяного топлива можно оценить по городским теплоэлектроцентралям – все три имеющиеся на сегодняшний день станции проектировались под использование торфа как основного вида топлива. Большинство оборудования было также запроектировано под торфяное топливо. Например, Тверская ТЭЦ-4, расположенная в крупном промышленном районе г. Твери, была запущена в 1949 году. Станция обеспечивала электричеством и горячей водой близлежащие крупные предприятия («Химволокно», «Искож», «Тверской экскаваторный завод»), а также жилой фонд города [2]. ТЭЦ-4 имела в ведении железнодорожную станцию для доставки топлива и оборудования, станцию перегрузки торфа с вагонов узкой колеи на вагоны широкой колеи, а также хранилище торфяного топлива с вагоноопрокидывателем. После пуска природного газа на

станцию в 1980-х годах, многие агрегаты и механизмы, необходимые при сжигании торфа, перестали использовать за ненадобностью. Торф стал резервным топливом и на станции сохраняют лишь стратегически необходимые запасы этого вида топлива. В связи с отсутствием необходимости в постоянном подвозе торфа, перестала действовать торфоперегрузочная станция. Постепенно она пришла в аварийное состояние и была разрушена. Железнодорожный цех ТЭЦ-4 был ликвидирован в конце 80-х, на железнодорожной станции снята контактная сеть, освещение и сигнализация, ликвидированы некоторые подъездные пути.

Тверская ТЭЦ-1, первая очередь которой была запущена в 1912 году, строилась на нужды текстильной промышленности города. Постепенно увеличивая мощность, увеличивалась и территория станции. Топливное хозяйство расположилось на другой стороне улицы. Для доставки торфяного топлива была построена канатная дорога, пересекающая улицу и р. Тьмака. Позднее дорога была ликвидирована и для доставки топлива использовали конвейерную ленту. После газификации Калинина, котлы станции были переоборудованы под использование газа как основного и мазута как резервного вида топлива. Технологическая эстакада для конвейера в настоящее время существует и в ней расположены трубопроводы.

ТЭЦ-3, расположенная на северной окраине города Тверь, несмотря на то, что проектировалась под сжигание торфа, Госпланом СССР в 1975 году определен кузнецкий уголь как основной вид топлива [3,4]. Станция имеет подъездные пути для доставки топлива по железной дороге. Подъезд к станции осуществляется через действующие перегоны между станциями «Дорошиха – Васильевский Мох». Данная ветка в советские годы активно использовалась для перевозки торфяного топлива и других грузов с торфопредприятия «Васильевский Мох» к предприятиям города Твери, а также для междугородней доставки грузов по Октябрьской железной дороге.

В 1980 году к теплоэлектроцентрали был проложен газопровод и после проведения реконструкции станция начала использовать природный газ. Необходимость в доставке угля, мазута и торфа отпала.

Однако, топливное хозяйство станции продолжает обслуживать склады твердого топлива и резервуары с мазутом, ведь по сей день некоторые котлы ТЭЦ-3 используют в качестве резервного топлива уголь, а в качестве растопочного – мазут.

Таким образом, после проведения поверхностного анализа энергетического сектора города Твери, стоит отметить, что первоначально все тепловые электростанции города проектировались и строились для использования местного вида топлива – торфа. Две из трех дейстующих

щих станций работали на торфе. Одна – проектировалась под него. Все ТЭЦ города имели топливные хозяйства для хранения, транспортировки и обслуживания твердого топлива, в частности – торфа. Однако, газификация и переход крупных энергопроизводителей на сжигание природного газа, избавила от необходимости содержания больших объемов твердого топлива в хранилищах. В настоящее время достаточно небольшой (аварийный) объем твердого топлива (угля и торфа) содержится в хранилищах ТЭЦ-3 и ТЭЦ-4.

Станции успешно используют газовое топливо для подогрева воды и получения электрической энергии, но из-за сложного экономического состояния, сильной изношенности теплосетей, и, как следствие, большого перерасхода теплоносителя, расход топлива на нагрев сильно увеличен, чем возможный расход при отсутствии существующих потерь.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что использование местных видов топлива возможно не только на малых энергообъектах (малые котельные в поселках и автономные котельные для отдельных домов), но и на крупных промышленных производителях тепла и электричества. В настоящее время быстрая перестройка инфраструктуры городских электростанций для использования твердого топлива невозможна, так как большая часть существовавших ранее объектов находится в неработоспособном состоянии, либо требует полной замены и реконструкции. Кроме того, несмотря на высокую цену газа для промышленного сжигания, его поставки наиболее мобильны и требуют минимального участия людей, объектов транспорта и логистики. Потребление газа является экологически чистым, не оставляет несжигаемого остатка.

В перспективе перевод котельных и электростанций на использование местных видов топлива в Тверском регионе имеет целесообразность лишь в случае значительного роста цен на газ, а также при условии, что добыча торфяного сырья в непосредственной близости от города Твери будет возобновлена. Однако, для возобновления использования торфа потребуются значительные материальные и физические затраты на перевод котлов на твердые виды топлива, на ремонт и модернизацию транспортного и топливного хозяйства, на создание новых и расконсервацию старых мест хранения торфяной золы и шлама, а также потребуются значительные человеческие ресурсы.

#### ***Библиографический список***

1. *Объем экспортных поставок торфа на мировой рынок [Электронный ресурс] // BUSINESSSTAT: информ.-аналит. журн. – 2019. Режим доступа: <https://businessstat.ru/catalog/id8891/> (Дата обращения 04.10.2022)*

2. Тверская ТЭЦ-4 [Электронный ресурс] // Общество с ограниченной ответственностью "Тверская Генерация" – 2022. Режим доступа: <https://tvgen.ru/unit/view/3> (Дата обращения 05.10.2022)

3. Тверская ТЭЦ-1 [Электронный ресурс] // Общество с ограниченной ответственностью "Тверская Генерация" – 2022. Режим доступа: <https://tvgen.ru/unit/view/1> (Дата обращения 05.10.2022)

4. Тверская ТЭЦ-4 [Электронный ресурс] // Общество с ограниченной ответственностью "Тверская Генерация" – 2022. Режим доступа: <https://tvgen.ru/unit/view/4> (Дата обращения 06.10.2022)



УДК 697.1

## РАСЧЕТ ГАЗОВОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ

**Солодков С.А.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Предложена методика расчета периодического режима работы систем газового лучистого и воздушного отопления производственных зданий на основе теории тепловой устойчивости.*

*Ключевые слова: газовое отопление, программное управление, периодический режим, проектирование.*

Автономные системы отопления с газовыми инфракрасными обогревателями и газовыми воздухонагревателями, которые размещаются непосредственно в отапливаемых помещениях большого объема, обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными системами отопления с промежуточным теплоносителем [1]. Кроме того, лучистое отопление считается наилучшим и с санитарно-гигиенической точки зрения вследствие более глубокого проникновения лучистого тепла в организм человека и равномерного распределения температуры воздуха по вертикали помещения [2].

В помещениях с переменным тепловым режимом используют понижение температуры помещений в нерабочие периоды суток. В таких случаях устраивают прерывистое отопление с автоматическим программным регулированием со снижением или полным прекращением теплоподдачи в нерабочие периоды для обеспечения дополнительной экономии тепловой и электрической энергии по сравнению с

обычными методами регулирования. Расчет режима работы такой системы является сложной задачей [3].

Сокращении теплопоступлений от системы отопления в нерабочий период суток вызывает снижение температуры воздуха помещения и температуры внутренних поверхностей ограждений.

В сухих производственных помещениях допустимо понижение температуры в нерабочий период до 5 °С. В помещениях общественных зданий также можно допустить в ночной период снижение температуры помещений. При этом следует избегать конденсации водяного пара из воздуха на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций.

В соответствии с требованием санитарных норм при температуре воздуха 20 °С к концу рабочего дня относительная влажность воздуха в помещениях может составлять 40%, тогда температуру помещений в нерабочий период времени можно снизить до 8—10 °С. Минимально допустимую температуру таких помещений принимают (с запасом) равной 12 °С.

Для рабочих помещений производственных зданий характерна суточная периодичность использования. В соответствии с этим обеспечивается переменный тепловой режим.

Методика расчета переменного теплового режима основана на теории тепловой устойчивости и зависимостях, полученных А.М. Шкловером для нестационарного периодического теплового режима помещения [4].

В течение суток выделим рабочий период, когда необходимо поддерживать постоянную температуру. В этот период теплопоступления в помещение от людей, оборудования и пр. частично или полностью возмещают теплопотери и требуется главным образом обеспечить вентиляцию помещения (преобладающим является режим вентилирования). Нерабочий период можно разделить на период, когда отопление отключено, и, при отсутствии прочих теплопоступлений, происходит естественное охлаждение помещения (режим охлаждения), и период форсированного нагрева помещений перед началом рабочего режима (режим «натоп»). Длительность этих периодов может быть различна. Режим вентилирования может составлять 8 или 16 часов (одна или две смены). Продолжительность режима «натоп» определяется от температурой наружного воздуха и тепловой мощностью системы отопления. Оставшаяся часть нерабочего режима составит продолжительность периода охлаждения.

Недельная периодичность теплового режима связана с перерывом в работе в субботу и воскресенье (или только воскресенье). Недельную периодичность нарушают дни праздников.

Прерывистые теплопоступления вызывают периодические изменения температуры помещения, которые зависят от величины и продолжительности теплопоступлений и от теплотехнических свойств ограждений помещения. Конвективные теплопоступления от отопления поступают в воздух помещения, который нагревает внутренние поверхности ограждений. Температура воздуха несколько отличается от радиационной температуры помещения; их изменения различаются во времени.

Для расчета режима изменения температуры воздуха помещения и радиационной температуры ограждений рассчитывают показатель теплоусвоения помещения  $Y_o F_o$  (Вт/°С). Показатель теплоусвоения помещения характеризует изменение температуры поверхностей всех ограждений помещения.

Минимальная температура помещения при прерывистом отоплении устанавливается к концу периода естественного охлаждения. Величина ее зависит от теплозащитных свойств наружных ограждений и теплоустойчивости этого помещения.

Перед началом работы осуществляется натоп, в ночное время для поддержания допустимой температуры внутреннего воздуха осуществляется сниженная теплоподача с помощью воздухонагревателя приточной камеры, работающей в режиме рециркуляции или с помощью газовых воздухонагревателей.

Экономия теплоты при прерывистом отоплении помещений, зависит от теплозащитных свойств ограждающих конструкций, теплоустойчивости помещений, установленной тепловой мощности системы отопления. Переменный тепловой режим помещений в совокупности с повышением теплозащитных свойств ограждений обеспечивает дополнительную экономию теплоты вследствие сокращения продолжительности «натопов» и даже полного устранения промежуточных «натопов» в период длительного охлаждения помещений в воскресные и праздничные дни. В этих случаях продолжительность периода охлаждения можно дополнительно увеличить путем относительного повышения минимальной температуры воздуха в помещениях (на 2—3°С).

Повышение установленной тепловой мощности системы периодического отопления (по сравнению с мощностью традиционной системы отопления постоянного действия) позволяет при прочих равных условиях дополнительно сократить энергозатраты. Дополнительные

капитальные вложения на увеличение тепловой мощности окупятся за счет снижения эксплуатационных затрат.

Увеличение располагаемой мощности отопительной системы ограничено располагаемой мощностью источника тепла, рассчитанной на покрытие затрат тепла на отопление и на вентиляцию в рабочее время. Коэффициент «натопа» экономически целесообразно увеличивать до величины 2—2,2 и выше. При этом мощность источника тепла должна остаться неизменной. Изменится только суточный график отпуски теплоты на отопление и вентиляцию. Общая экономия тепловой энергии при прерывистом отоплении различных зданий за отопительный сезон может достигать 20—30% относительно затрат тепла при постоянном отоплении.

Расчет режимов работы периодического отопления сводится к расчету графика подачи теплоты в помещения в рабочее время и определению требуемой продолжительности натопа перед рабочим режимом.

При рассмотрении недельного режима работы системы отопления принято, что в течение каждого часа рабочего дня подача теплоты постоянна, и что изменения происходят ступенями. Таким образом, рассматриваются  $N \cdot n$  теплоподач, каждая из которых длится 1ч с перерывом на остальные 167 ч. Здесь  $N$  – количество рабочих дней в неделе, а  $n$  – длительность рабочего дня в часах.

Каждая из этих теплоподач дает повышение температуры внутреннего воздуха, которое может быть определено для каждого часа в течение недели.

Кроме того, система отопления перед началом рабочего режима работает в режиме натопа, используя всю установленную тепловую мощность. Каждый натоп также дает повышение температуры внутреннего воздуха.

Повышение температуры в конце первого часа первого рабочего дня недели составит:

$$D_{вз}^1 = \frac{1}{Y_o F_o} (w_1 a_1 + w_2 a_{168} + w_3 a_{167} + \dots + w_{N \cdot n} a_{169 - N \cdot n}) + \frac{w_1 h_k}{F_o a_k} + D \overset{N \cdot n}{\underset{i=1}{\overset{\circ}{a}}} w_i + \overset{N}{\underset{j=1}{\overset{\circ}{a}}} D_{нат. j}^1, \quad (1)$$

где  $Y_o F_o$  - показатель теплоусвоения ограждений помещения;  $w_i$  - теплоподача в  $i$ -тый час рабочего времени;  $a_i$  - коэффициент прерывистости часовой теплоподачи;  $h_k$  - доля теплоты, передаваемой в помещение конвективным теплообменом;  $a_k$  - усредненный



коэффициент конвективного теплообмена на поверхностях ограждений помещения;

$$D = \frac{1}{zq_0} - \frac{h_k}{zF_0 a_k};$$

$z$  – продолжительность периода;  $q_0$  – отопительная характеристика помещения;  $D_{\text{нат.}j}^1$  - повышение температуры воздуха в конце первого часа первого рабочего дня недели от  $j$ -го натопа:

$$D_{\text{нат.}j}^1 = W_{\text{нат.}j} \frac{\alpha W}{\epsilon Y_0 F_0} - \frac{z_{\text{нат.}j} h_k}{z F_0 a_k} + \frac{z_{\text{нат.}j} \ddot{\theta}}{z q_0};$$

$W_{\text{нат.}j}$  - теплоподача при  $j$ -том натопе;

$z_{\text{нат.}j}$  - продолжительность  $j$ -го натопа;

$W$  - коэффициент прерывистости:

$$W = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k \sqrt{k}} \frac{\epsilon \sin \zeta}{\epsilon} \frac{\alpha p}{\epsilon} + pk2 \frac{t \ddot{\theta}}{z \theta} \sin \zeta \frac{\alpha p}{\epsilon} + pk2 \frac{t - t_0}{z} \frac{\ddot{\theta}}{\dot{\theta}};$$

$\tau_0$  – длительность теплоподачи за период;

$\tau$  – время от начала теплоподачи.

Уравнения вида (1) можно составить для каждого часа рабочего времени за неделю. Таких уравнений будет  $N'$  п.

Повышение температуры в начале рабочего дня недели составит:

$$D_{\text{вз}}^0 = \frac{1}{Y_0 F_0} (w_1 a_{168} + w_2 a_{167} + w_3 a_{167} + \dots + w_{N'n} a_{168-N'n}) + \frac{W_{\text{нат.}1} h_k}{F_0 a_k} + D \sum_{i=1}^{N'n} w_i + \sum_{j=1}^N D_{\text{нат.}j}^0 \quad (2)$$

Уравнения вида (2) можно составить для каждого рабочего дня недели. Таких уравнений будет  $N$ . Таким образом, получим систему  $N' p + N$  уравнений. В течение рабочего времени требуется поддерживать температуру внутреннего воздуха на определенном уровне, т.е. левые части равенств являются заданными. Будем считать, что во время натопа будут работать все отопительные агрегаты, установленные в помещении. Требуется определить  $w_i$  и  $z_{\text{нат.}j}$ . Общее число неизвестных  $N' p + N$ .

Система уравнений решена численными методами. Расчеты проведены для различных температур наружного воздуха с интервалом 5°C.

В среднем за год экономия тепла при периодическом газовоздушном отоплении составляет 22,3%. А при периодическом газовом лучистом отоплении – 28,5%.

**Библиографический список:**

1. Сканава, А.Н. Отопление : учебник для вузов / А.Н.Сканава, Л.М.Махов. М. : МГСУ:АСВ, 2006. 576с.
2. Пелипенко, В.Н. Газовые горелки инфракрасного излучения : учеб. пособие / В.Н. Пелипенко, Д.Ю. Слесарев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2012. – 118 с.
3. Солодков С.А. Методика расчета экономии теплоты при местном программном регулировании// Сборник научных трудов: БНТУ, Минск, 2019, т. 2. С. 150-154.
4. Шкловер А.М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва ; Ленинград : Госэнергоиздат, 1961. - 160 с.



УДК 628.24

## **МЕТОДИКА УВЯЗКИ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ ПО ВЫСОТЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ**

**Сальников Б.Ф., Халилова А.И.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Предлагается упрощение увязки водоотводящих сетей при проектировании продольного профиля.*

*Ключевые слова: продольный профиль, перепадные узловые колодцы.*

При проектировании продольного профиля трубопровода соединение труб разных диаметров в колодце принимают по шельгам труб, руководствуясь [1]. При обосновании допускается соединение труб по расчетному уровню воды. При любом варианте нельзя допускать подпора в лежащих выше участках сети, приводящего к нарушению самоочищения трубопроводов. Наиболее трудоемкой задачей проектирования продольных профилей является увязка трубопроводов в узловых колодцах по высоте при присоединении двух-трех боковых веток. Решение задачи дополнительно осложняется, если ориентиро-

ваться на существующие типовые проекты, в которых перепадные колодцы разработаны только для линейных участков.

В этом случае «идеальный» вариант присоединений к узловому колодцу означает, что отметки шельг всех подходящих и отходящих трубопроводов равны между собой. При разнице в заглублении трубопроводов, подходящих к проектируемому узловому колодцу, требуется устройство перепадного колодца перед присоединением на боковой ветке. Однако при проектировании трубопроводов с минимальными уклонами зачастую приходится выполнять перерасчет всех вышележащих участков коллекторов с целью их увязки в узле. Упростить увязку водоотводящей сети можно допустив некоторое отклонение от «идеального» варианта равенства между собой отметок шельг труб, подходящих к узловому колодцу. Согласно [1] на трубопроводах диаметров до 600 мм перепады высотой до 0,5 м допускаются выполняться без устройства перепадного колодца путем слива в смотровом колодце. Указанный тип перепада распространяется на линейные колодцы.

Данный тип перепада может быть отнесен к колодцу с водосливом практического профиля, конструкция которых назначается из следующих условий:

- длина колодца должна быть такой, чтобы поток сточных вод не оказывал гидродинамического воздействия на противоположную стенку колодца;

- колодец не должен образовывать подпор в подводящей трубе.

Методика гидравлического расчета таких колодцев [2] показывает, что гидродинамическое воздействие (энергия потока) и подпор зависят от высоты перепада. Согласно [1] перепадом считается взаимное расположение трубопроводов в колодце, когда лоток трубопровода, входящего в колодец, выше по отметке шельги выходящего, что при максимальных диаметре 500 мм и высоте перепада 0,5 м составит по лоткам 1 м. Принимая во внимание, что рассматривается не линейный, а узловой колодец, слив в типовом колодце диаметром 1000 мм организовать затруднительно с учетом выполнения приведенных выше условий. Ряд авторов [3] считают, что высоту перепада следует принимать до 0,3 м. Полагаем допустимым ограничить диаметр увязываемых трубопроводов 300 мм.

Вывод: увязка трубопроводов систем водоотведения диаметром до 300 мм значительно упрощается, допуская перепады в узловых колодцах до 0,3 м.

**Библиографический список:**

1. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения.
2. Калитун В.И. Водоотводящие системы и сооружения. – М.: Стройиздат, 1987.

3. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков С.К. Канализация. М.: Стройздат, 1975.



УДК 626.01+532.543

## **ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ КАМЕР НА СЕТЯХ ПЕРЕД АККОМУЛИРУЮЩЕМИ ДОЖДЕВЫМИ РЕЗЕРВУАРАМИ**

**Сальников Б.Ф., Евгранов Д. А.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Представляется более рациональная конструкция на водо-  
сточных сетях*

*Ключевые слова: разделительная камера, полопогружной  
щит, задержание плавующих веществ*

С учетом высокой степени неравномерности поступления расхода поверхностного стока в систему водоотведения следует применять регулирование его расхода как водоотводящей сети, так и перед очистными сооружениями. Для регулирования расхода сточных вод в коллекторах большой протяженности устанавливают разделительные камеры (ливнесбросы) и (или) регулирующие резервуары, в которые направляются пиковые расходы стока при выпадении интенсивных ливневых дождей [1]. При устройстве разделительных камер для регулирования расхода стока в сети дождевой канализации следует применять конструкции, обеспечивающие постоянное значение зарегулированного расхода при изменении в широком диапазоне расхода перед камерой: разделительные камеры типа донного слива и камеры с разделительной стенкой с отверстием [1].

Существует несколько типов конструкций разделительных камер, каждая конструкция имеет ряд своих преимуществ и недостатков.

В основном используются:

- Разделительная камера с боковым прямолинейным водосливом с односторонним сбросом
- Разделительная камера с боковым криволинейным водосливом

Преимущество заключается в том, что они традиционно применялись на общесплавных системах водоотведения в качестве ливнеспусков. В СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [1] рекомендуется комплектовать аккумулирующие резервуары с разделительными камерами с донным сливом, с боковым водосливом и полупогруженным щитом.

Разделительная камера с донным сливом предусматривает собой щель в прямоугольном лотке или круглой трубе. Камера может быть без порога или с порогом за щелью. При малых расходах весь поток, вытекающий из отверстия, поступает в отводящий трубопровод (на очистку). При больших расходах весь поток, вытекающий из того же отверстия, отлетает за стенку и сбрасывается по ливнеотводу в водоем. При этих же больших расходах переливы воды через водосливы с подачей воды в отводящий трубопровод. Достоинство ливнеспуска заключается в обеспечении сброса в отводящий трубопровод практически постоянного расхода независимо от расхода воды, подходящего к ливнеотводу [2].

Рекомендуемо к эксплуатации конструкцию разделительной камеры с боковым водосливом и полупогруженным щитом, которая состоит из лотка, внешняя стенка которого является водосливом, и дополнительного лотка с полупогруженным щитом. Полупогруженный щит обеспечивает задержание плавающих веществ и иного мусора (нефтепродукт, ветки, листья, пластик и т.д.). При выборе конструкций разделительных камер следует учитывать совокупность требований, вытекающих из конкретных условий проектирования.

**Библиографический список:**

1. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения.
2. Калишун В.И. Водоотводящие системы и сооружения. – М.: Стройиздат, 1987.



УДК 628.171

## **ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА РАБОТУ СИСТЕМ**

**Корнеева Н.Н., Хорошилова А.Д.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Рассматривается степень водоподготовки для горячего и холодного водоснабжения населения городов на территории Тульской области.*

*Ключевые слова: дефицит водных ресурсов, качество природных вод, жесткость природных вод, степень водоподготовки.*

Важным фактором формирования и распространения подземных вод является сложное геологическое строение региона, приуроченность водоносных комплексов к различным гидрогеологическим структурам.

Выделяются пресные (питьевые и технические) подземные воды, используемые для водоснабжения населения и объектов промышленности и минеральные подземные воды, используемые в питьевых, бальнеологических и технологических целях.

Водоснабжение Тульской области практически полностью обеспечивается за счёт добычи подземных вод. Эксплуатируются преимущественно водоносные горизонты и комплексы каменноугольных и верхнедевонских отложений: Каширский, Протвинский, Алексинско-Тарусский, Бобриковско-Тульский, Упинский и Фаменский водоносный комплекс, состоящий из Озёрско-Хованского, Плавского и Елецко-Лебедянского водоносных горизонтов.

Качество подземных вод Тульской области обуславливается рядом факторов: гидрогеологических, геологических, структурно-тектонических и антропогенных. Характерной чертой химического состава подземных вод является отчетливо выраженная гидрогеохимическая зональность, при которой увеличение общей минерализации и изменение типа воды происходит по мере погружения водоносного горизонта и удаления от области его питания.

Гидрохимическое состояние подземных вод определяется, прежде всего, природным качеством воды, зависящим в свою очередь от состава водовмещающих пород и условий питания водоносных горизонтов и комплексов. Природное качество подземных вод на территории Тульской области практически повсеместно не соответствует нормам [1]. Наиболее часто в пределах всего округа встречаются

несоответствия по показателям природного происхождения: общей жесткости и содержанию железа, на значительных территориях отмечаются превышения ПДК по содержанию в воде фтора, стронция, кремния, марганца и лития. [4]

Несмотря на отсутствие дефицита водных ресурсов в Тульской области (по данным открытых источников по территории протекает 1682 реки, протяженностью 10933 км, и расположено свыше 2000 озёр и искусственных водоёмов) проблема выбора и степень подготовки воды является для региона актуальной.

Тула считается промышленным регионом, где на относительно не большой территории находится много промышленных предприятий, таких как АО «АК «Туламашзавод», АО «Новомосковская АК «Азот», ОАО «Щекиноазот», ООО «Проктер энд Гэмбл - Новомосковск», ПАО «Тулачермет», ПАО «Косогорский металлургический завод», АО «Ревякинский металлопрокатный завод» и многие другие.

Это сильно сказывается на экологической ситуации, так как около 98% стоков, сбрасываемых в водные объекты региона, не проходят предварительную очистку и обеззараживание. По данным интернет-издания в Упе, Тулице, Шате, Воронке, Бешке, Мышеге, Сеже, верховье Дона было выявлено превышение ПДК меди и никеля до 50 раз, лития и никеля – до 10 раз, таллия и ртути - в 2 раза. Из-за этого поверхностные воды в Тульской области не пригодны для использования в питьевых нуждах. [5]

По состоянию на 01 января 2021 по предварительным данным государственного баланса на территории Тульской области утверждены запасы в количестве 852,48 тыс. м<sup>3</sup>/сут по 277 месторождениям пресных подземных вод.

По предварительным данным статистической отчетности в 2020 г. на территории Тульской области суммарная добыча подземных вод составила 298,43 тыс. м<sup>3</sup>/сут, в т.ч. на месторождениях – 290,65 тыс. м<sup>3</sup>/сут (в эксплуатации находилось 146 месторождений), на участках с неутвержденными запасами – 7,78 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Степень освоения запасов в целом по области составила 34%. [6]

Были изучены образцы проб воды из скважин, расположенных на территории Тульской области. Результаты исследований предоставлены ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Тульской области». Даты отбора: 01.01.2021 – 26.02.2022. Объект исследования – подземные источники питьевого централизованного водоснабжения. Показатели, по которым проведено сравнение: железо общее (мг/л) и жесткость общая (°Ж). Результаты исследований и сравнение их с нормами по [1] приведены в таблице 1.

Как видно, 62,5% проб не соответствует требованиям [1] по железу и 56,25% по жесткости.

В настоящее время, по данным открытых источников, участились случаи выхода из строя элементов водотранспортирующей системы горячего водоснабжения. Процесс приобрёл масштабы после широкого внедрения пластикового трубопровода при использовании в качестве источника водоснабжения артезианских скважин (подземных источников).

Требования к качеству воды в горячем водоснабжении в соответствии с [2] по пункту 4.7 должно соответствовать нормам холодного водоснабжения.

Подземные источники, как правило, характеризуются повышенным содержанием жесткости, железа, марганца и углекислот, как видно на примере Тульской области в таблице 1.

Жесткость воды характеризуется концентрацией растворённых в ней солей магния (Mg) и кальция (Ca).

Различают временную (карбонатную) жёсткость, обусловленную гидрокарбонатами кальция и магния  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ;  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , и постоянную (некарбонатную) жёсткость, вызванную присутствием других солей, не выделяющихся при кипячении воды: в основном, сульфатов и хлоридов Ca и Mg ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ).

Соли карбоната кальция могут выпадать в осадки, при нагревании образуя карбонатные отложения. Карбонатные отложения бывают плотные или рыхлые. Плотные – имеют ярко выраженную кристаллическую структуру, не содержат органических включений. Рыхлые – содержат минеральные и органические примеси и образуются, как правило, при нагреве воды менее 80°C.

На образование осадков в сетях водоснабжения существенное влияние оказывает углекислота  $\text{CO}_2$ , легко реагирующая с водой образуя радикалы бикарбоната и карбоната. В растворе двуокись углерода может существовать в 3 видах: – связанная углекислота (карбонаты),  $\text{HCO}_3^-$  – полусвязанная (гидркарбонаты) и  $\text{CO}_2$  – свободная. Все они находятся в углекислотном равновесии.

При соответствии  $\text{CO}_2$  и  $\text{HCO}_3^-$  вода называется стабильной. А количество  $\text{CO}_2$  соответствующее концентрации  $\text{HCO}_3^-$  – равновесной углекислотой:  $\text{Ca} + \text{CO}_2 + = \text{CaCO}_3$ , где  $\text{CaCO}_3$  – карбонатный осадок, который практически не растворим при увеличении температуры.

Воды, в которых имеется избыточное (над равновесным) содержание гидрокарбонатов, т. е. повышенная щелочность, называются нестабильными. Поскольку такие воды не насыщены свободной угольной кислотой, карбонатное равновесие в таких водах смещается в



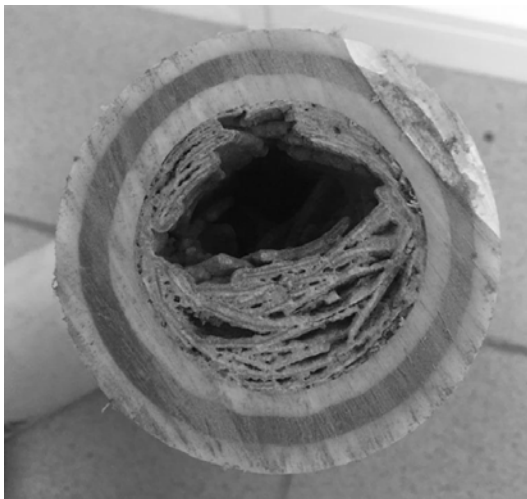
сторону разложения гидрокарбонатов. При наличии ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  в нестабильной воде наблюдается отложение карбонатов на стенках.

**Таблица 1.**

Результаты исследований проб по Тульской области

№	Место отбора	Железо общее, мг/л		Жесткость общая, °Ж	
		Результат	Норма $\leq 0,3$	Результат	Норма $\leq 7$
1	Киреевский р-н, д. Липки	3,8	–	8,7	–
2	Ленинский р-н, д. Севрюково	0,1	+	5,6	+
3	Чернский р-н, р. п. Чернь	0,1	+	7,2	–
4	г. Тула, Щегловская засека	0,48	–	10,8	–
5	Ленинский р-н, с. Зайцево	0,4	–	6,5	+
6	Ленинский р-н, п. Обидимо	1,1	–	9,1	–
8	Веневский р-н, г. Венев	0,1	+	6,6	+
9	Ленинский р-н, с. Бушево	1,83	–	5,9	+
10	г. Тула, ул. Скуратовская	1,1	–	18,2	–
12	Плавский р-н, г. Плавск	0,17	+	6,9	+
13	г. Тула, ул. Смидович	0	+	12,5	–
14	Ленинский р-н, Высоковское лесничество Тульского лесхоза	0,51	–	10,2	–
15	Дубенский р-н, д. Слобода	8,1	–	6,0	+
16	Щекинский р-н, с. Супруты	0,37	–	26,7	–

Необходимо учитывать водородный показатель потребляемой/используемой воды, так как этот показатель влияет на образование карбонатных осадков.



**Рис. 1. Магистральный трубопровод горячего водоснабжения многоквартирного жилого дома за 2 года эксплуатации**

Не последнюю роль в зашламлении систем водоснабжения играет содержание в воде гидроксидов железа и марганца.

Вследствие чего, в системах горячего водоснабжения, возможно лавинно образующиеся зарастания трубопроводов, особенно характерные для труб из углеродосодержащих материалов (пластика). Содержащиеся в большом количестве в подземных водах гидроксиды железа (II) при нагревании без доступа кислорода воздуха образует оксид железа (II), а при присутствии кислорода гидроксид железа (II) окисляется, образуя гидроксид железа (III). Эти нерастворимые соединения окрашивают воду и могут выпадать в осадок внутри систем в местах сужений, перемены диаметров, поворотах и т.д., что приводит к износу и уменьшению диаметра условного прохода. [5]

Кроме этого, зарастание систем может быть обусловлено заселением стенок трубопроводов железобактериями, которые выносятся из источника водоснабжения и закрепляются на стенках водопроводной сети (так как поверхность трубы не является идеально гладкой, а железобактерии в большей своей части представлены нитчатými формами). Далее происходит размножение бактерий и формирование биопленки. Окисляя закисное железо, клетки образуют гидроокись, которая откладывается на их поверхности в формируемом слизистом чехле. Таким образом, на поверхности трубопровода появляются участки, покрытые обильными охристыми отложениями, образованными

биогенным путем. При резких изменениях давления и скоростей течения воды охристые отложения с внутренней поверхности трубы срываются, ухудшая тем самым качество воды по органолептическим показателям. Если же гидравлический режим водопроводной сети достаточно ровный, то охристые отложения минерализуются, в результате чего на внутренней поверхности трубопровода образуются плотные бугристые отложения, которые с течением времени уменьшают его поперечное сечение.

Проводя аналогию с системами отопления, где происходит нагрев воды до высоких температур, требования к ее качеству гораздо жестче.

Железо и жесткость при нагревании в еще большей степени оказывают негативное влияние на основные элементы системы водоснабжения, в частности на элементы сети и на нагревательные элементы системы водоподготовки горячего водоснабжения.

Так, для горячего водоснабжения, вода в системе должна подогреться до температуры 60-75°C, что достигается в нагревательных элементах котельных. В результате чего на пластинчатом теплообменнике образуется накипь, а также колонии железо- и магний-содержащих бактерий.

Качество воды для котельной описано в приложении №3 к Федеральным нормам и правилам [3] в области промышленной безопасности, которые были приняты 25 марта 2014 года.

Такие требования к котловой воде позволяют уменьшить (или избежать вовсе) вероятность зарастания нагревательных элементов со стороны движения данного типа жидкости. В свою очередь, вода питьевая, которая подвергается нагреву и постоянно поступает в проточный водонагреватель, не может быть доведена до таких характеристик, так как такой состав воды будет отрицательно сказываться на жизни и деятельности человека.

Частое употребление мягкой воды может привести к тому, что из организма человека начнут вымываться полезные микроэлементы. Прежде всего, это опасно для костей.

Рост числа сердечно-сосудистых заболеваний наблюдается в регионах с пониженным содержанием солей кальция и магния. Также, в связи с низким уровнем минерализации мягкая вода обладает неудовлетворительными органолептическими свойствами и оказывает неблагоприятное воздействие на водно-солевой обмен и функциональное состояние гипофиз-адреналиновой системы, регулирующей основные обменные процессы в организме человека.

Слишком мягкая вода может привести к коррозии труб, так как, в этом случае отсутствует кислотно-щелочная буферность, которую обеспечивает гидрокарбонатная жёсткость.

В большинстве случаев качество воды в поверхностных источниках неудовлетворительное и требует достаточно больших степеней очистки, вследствие чего необходимо строить дорогостоящие станции водоподготовки, что является экономически нецелесообразным. Но, несмотря на это, безоговорочно принимать подземное водоснабжение как альтернативу поверхностному мы не можем, так как в последствии эксплуатации городских систем возникают трудности и проблемы с выходом из строя трубопроводов, транспортирующих жидкость, что приводит к большим затратам на ремонт.

Выбор источника водоснабжения для населенных пунктов – это очень серьезная задача. Необходимо рассматривать качество всех доступных вод и делать прогнозирование, как в дальнейшем вода может повлиять на здоровье человека, состояние систем водоснабжения и на эксплуатацию сети. Должны проводиться комплексные исследования моделирующие процессы эксплуатации и по их результатам делаться выводы по выбору источника водоснабжения.

#### **Библиографический список**

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» – М.: Инф.-изд. центр Госкомсанэпиднадзора России, 2021 –990 с.

2. СП 30.13330.2020 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\* (с Поправкой, с Изменением N 1)

3. Приложение №3 к Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением", утвержденным приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 марта 2014 г. № 116

4. Отчет о результатах работ по объекту Государственный мониторинг состояния недр по территории Российской Федерации в 2016 году. Государственное задание № 049-00028-16 от 11.03.2016 г. Том III. Книга 16. Приложение 11.2. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Центрального федерального округа в 2015 году

5. Хорошилова А.Д., Корнеева Н.Н. «Степень водоподготовки для различных водопотребителей»// 57-я Научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ТулГУ с всероссийским участием: сборник докладов в 2 ч. / под ред. д-ра техн. наук М.С. Воротилина. Ч. 1. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021. 524 с. 8-12 февраля 2021.

6. Краткая информация о состоянии подземных вод в районе г. Тула, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://geomonitoring.ru/download/spravki/cfo/Справка\\_Тульская\\_область.pdf](http://geomonitoring.ru/download/spravki/cfo/Справка_Тульская_область.pdf)



УДК 658.382.2

## ОБОСНОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ЗОН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МАССИВОВ

**Логачёва В.М., Коровин Н.А.**

*Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева,  
г. Новомосковск, Россия.*

*Перечислены задачи исследования опасных нарушений при отработке горных массивов. Проведён анализ использования электрометрического метода в Подмосковном угольном бассейне. Определены основные опасности для проведения горных работ. Проанализировано геологическое строение Подмосковного угольного бассейна. Произведён и представлен расчет экологических прорывоопасных зон. Сделан вывод о целесообразности внедрения электрометрии.*

*Ключевые слова: зона, горный, порода, метод, угольный, электрометрический, экология, геологический, прогноз, нарушение, массив, Подмосковный угольный бассейн, надёжность.*

Электрическая разведка – раздел геофизических методов исследования, предназначенный для изучения геосфер Земли и геологической среды, поисков и разведки полезных ископаемых на основе изучения различных естественных и искусственных электромагнитных полей [1].

При проведении анализа характеристики исследования пологих угольных слоёв в тяжелых эколого-геологических условиях Подмосковного угольного месторождения было установлено, что для обеспечения эффективности добычи важных полезных ископаемых вполне возможно достичь за счет усовершенствования методов прогноза, оценивания, динамики горно-геологических условий, технологических характеристик и имеющихся нарушенных и обводненных участков в надугольном комплексе, пород при проектировании и использовании угольных шахт.

Исследование имеющихся методов, связанных с прогнозом геологического состояния пластов горных пород позволило определить, что самым действенным для угольных шахт являются геофизические методы и самое значимое место в них занимают электрометрические.

Современные знания по данной проблеме, а также конечная цель и идея работы определили важность постановки и решения следующих задач исследований:

- установить условия и возможность образования прорыва подземных вод и пльвунов в горных пластах и объяснить главные типы прорывоопасных зон;

- создать геоэлектрическую модель анизотропного массива надугольных пластов и объяснить параметры прогноза обводненного состояния массива;

- определить критерии для обнаружения зон и основных параметров горно-гидрогеологического нарушения, увеличивающие возможность подземно-полевой электрометрического метода;

- выявить закономерности образования и распространения электрического поля в пласте надугольных пород;

- создать модели инструментов, разработать алгоритм, блок-схему и прикладные программы, которые смогут обеспечить автоматизацию обработки электрометрической информации и прогнозирования условий ведения горных работ;

- разработать подземно-полевой электрометрический способ прогноза нарушенности и обводненности угольного массива для создания эффективного и экологически безопасного ведения горных работ.

Электроразведка наряду с другими геофизическими методами исследования является одним из эффективных современных методов разведки полезных ископаемых, а также исследования земной коры. Значения физических способов изучения земных недр непрерывно возрастает. Они становятся ведущими в создаваемом в настоящее время рациональном комплексе методов геологической разведки, включающем съемку, бурение, геохимические и геофизические исследования [2].

Уже в начале 80-х гг. на шахтах Подмосковского бассейна начали использовать подземные и полевые методы электроразведки. Вскоре с введением в эксплуатацию новых шахт, которые обладали в геологическом разрезе мощным (до 70 м) высокоомным окским известняком, являющимся защитным экраном от электрического поля, использование отдельно полевых или подземных методов стало не очень эффективным. Сложность горно-гидрогеологического строения слоя пород на шахтах в изучении распределения нормального и аномального полей требовала приближения приемно-питающих электродов к поверхности горных пород. Рациональным решением данной задачи по эффективности использования линейных питающих

электродов - прогноз нарушенных и обводненных зон в надугольных пластах методом наземно-скважинной и подземно-скважинной электротометрии, получившим название комбинированного способа подземной и полевой электротометрии. Главное преимущество этого способа состоит в использовании обсадных колонн скважин в качестве питающих электродов и измерении электрического поля на поверхности и из горных выработок. При этом эффективное использование этого метода сдерживается вопросами его физико-математического объяснения, несовершенностью математических моделей геоэлектрических условий расположения горных пластов и рациональной системы способов обработки электротометрических данных.

Надежность прогноза в усложненных горно-геологических условиях при использовании данных методов не более 70%. Данные цифры обуславливаются сложностью и разнообразием геологического состояния пласта и его переменам в процессе ведения горных работ. С быстрым развитием вычислительной техники и компьютерных технологий открылась возможность создания моделей электрических полей в заданных горно-геологических условиях для проведения быстрой предварительной оценки структуры и параметров электрического поля, с влиянием аномальных зон в углевмещающих породах.

Пласты горных пород угольных бассейнов - сложная анизотропная, дискретная, слоистая, трещиноватая, обводненная среда, в которой содержится огромное количество нарушений (сбросов, надвигов, и др.), находящаяся в напряженном состоянии. Постоянное развитие горных работ меняет состояние и характеристики массива и несет изменения в техногенные процессы, которые происходят в нем, что приводит к началу образования экологических аномальных зон. Проведение горных работ близко или непосредственно в этих зонах приводит к изменениям и нарушениям режима работы шахты, а иногда и к авариям. Можно сказать, что предварительный прогноз состояния массива горных пород при подземной разработке обводненных угольных месторождений необходим.

Геологическое строение Подмосковского бассейна - это слоистая структура, которая имеет надугольный комплекс пород, характеризующаяся невыдержанностью по мощности и составу отдельных слоев, наличием геологических нарушений в них. По данным геологических служб шахт отмечены главные типы геологических нарушений и обводненных зон в надугольном комплексе пород Подмосковского бассейна по генезису, морфологии, физическим и технологическим характеристикам, которые в сумме дают результаты, объясняющие эти зоны как потенциальные прорывоопасные. Это карсты, эрозионные долины,

мульдообразные понижения и трещиноватые зоны, характеризующиеся локальной обводненностью, дифференцируемостью физико-механических свойств горных пород, составляющий тот или иной слой (рис.1,а). При отработке угольных массивов происходит обрушение вышележащих пород, что приводит к экологическим катастрофам, таким как прорыв воды и пльвунов в лавы, затопление шахт. Повышенная влажность и наличие мелких абразивных частиц (песка и илистых отложений) приводит к ухудшению качества добываемого угля. Самый худший случай наступает при выходе силы напора вод за предельные безопасные значения. В результате получается практически неконтролируемый прорыв воды в горные выработки, закономерным итогом которого является затопление и запесочивание самой зоны выработки, потере горной техники, человеческим жертвам [3]. Также обрушения приводят к сильному материальному ущербу. Продолжительность выхода из строя лавы - от десяти суток до одного года, но бывает, что горные выработки не подлежат восстановлению.

Гистограмма частоты встречаемости нарушений Р и способы их обнаружения по максимальному размеру d в плане (рис.1,б) показывают то, что целесообразно применять электрометрический метод прогнозирования. Анализ исследований данных шахтных геологических служб показал, что причиной прорывов в горные выработки произошли из вышележащих пород (95-97 %) и лишь немного из нижележащих (3-5 %). Таким образом, можно сказать, что решение экологических проблем с помощью электрометрического метода основано на внимании при прогнозировании прорывоопасных зон изучения массива надугольных пород.

В шахтах бассейна проводились электрометрические исследования методом наземно – скважинной и подземно – скважинной электрометрии на 23 выемочных столбах. Число точек измерения составило 17380, число обнаруженных прогнозных аномальных зон – 55; 28 – карстовые и эрозионные, 9 – трещиноватые, 17 – мульдообразные понижения и литифицированные породы, которые также способствуют прорывам воды в горные выработки. Девять оставшихся – 4 пропущенные, 5 – ложные.

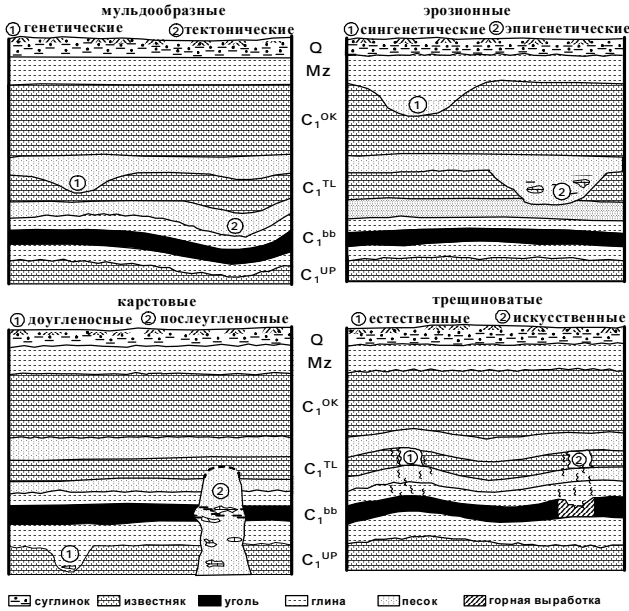
На основе этих данных можно получить показатель надежности метода электрометрии, степень его безотказности. Формула надежности обнаружения действительных существующих прорывоопасных зон:

$$P_1 = \frac{n_B}{n_\phi}, \quad (1)$$



где  $N_B$  - число прорывоопасных зон;  $N_f$  - число фактических зон.

а)



б)

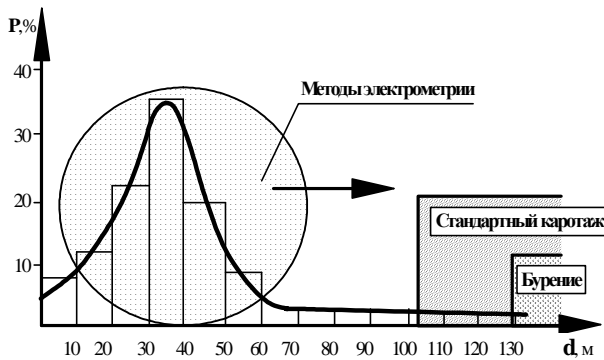


Рис. 1. Основные типы геологических нарушений в надугольном комплексе пород (а) и гистограмма частоты встречаемости нарушений  $P$  и способы их обнаружения по максимальному размеру  $d$  в плане (б)

Формула надежности при без ложных прогнозов:

$$P_2 = \frac{n_B - n_L}{n_B}, \quad (2)$$

где  $n_L$  - число ложных прогнозов.

Формула общей надежности:

$$P_2 = P_1 + P_2 - 1. \quad (3)$$

С помощью данных формул был произведен расчет и составлена таблица:

**Таблица 1**

Статистика показателей внедрения методики электротриэтри

Показатели	Значения	Единица измерения
Выемочные столбы	23	шт.
Геофизические точки наблюдения	17380	шт.
Общая протяженность исследованных штреков	158	км.
Аномальные зоны	54	шт.
Подтвержденные зоны	45	шт.
Пропущенные зоны	5	шт.
Ложные аномалии	4	шт.
Надежность нарушений	91	%
Надежность без учета ложных аномалий	93	%
Вероятность безошибочного прогноза	84	%

Таким образом, на основе вышеописанного можно сделать вывод, что экологическую безопасность при отработке угольных массивов обеспечит электротриэтрический метод прогнозирования прорывоопасных зон. По результатам проведенных расчетов видно, что он позволяет достигать довольно высокую надежность (более 70%), а также неплохой показатель безошибочного прогноза, что дает электротриэтри свободно конкурировать с другими методами.

**Библиографический список:**

1. Хмелевской В.К. и Бондаренко В.М. *Электроразведка. 2-е издание.* – М.: Москва “Недра”, 1989. - 427 с.
2. Хмелевской В.К. *Основной курс электроразведки. Часть 1. Электроразведка постоянным током.* – 1-е изд. – М.: Московский университет, 1970. - 241 с.
3. Логачёва В.М. *Разработка подземно-полевой электротриэтрического метода прогнозирования состояния обводненных углепородных массивов Подмосковского бассейна: Дис. докт. техн. наук.* – М.: Московский государственный горный университет, 2010. – 258 с.



УДК 622.867.32

## ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ВИХРЕВОЙ КОНДИЦИОНЕР КАК СРЕДСТВО ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ГОРНОРАБОЧИХ

Ковалев Р.А., Раक्षा А.И.

Тульский государственный университет, г.Тула, Россия

*Средства индивидуальной защиты горнорабочих служат для создания и поддержания комфортных условия труда, а именно изменение температуры, влажности, давления вдыхаемого воздуха и его очистки при необходимости.*

*Ключевые слова: средства защиты органов дыхания, горнорабочий, охлаждение вдыхаемого воздуха, индивидуальный вихревой кондиционер.*

Условия охраны труда горнорабочих регламентируют комфортную работоспособность и жизнедеятельность в выработках, которые определяются следующими свойствами: состав воздуха, его температура и влажность, скоростью его движения.

В шахтах на большой глубине из-за увеличения температуры горных пород, повышения вредного влияния горного давления, увеличения количества и интенсивности горных ударов, внезапных выбросов угля, газов и пород, тепловыделений от людей и от работающих машин, электрических аппаратов, необходимые атмосферные условия могут быть достигнуты только с помощью вентиляции и кондиционирования воздуха.

Зависимость увеличения температуры горных пород с увеличением глубины шахты определяется по формуле (1):

$$t = t_{н.з} + d(H - H_{н.з}), \quad (1)$$

где  $d$  - геотермический градиент (изменение температуры породы, приходящийся на 1 м глубины ( $^{\circ}C/м$ )),  $H_{н.з}$  - глубина нейтральной зоны ( $м$ ), такая глубина, на которой температура  $t_{н.з}$  постоянна, независящая от сезонного изменения температуры наружного воздуха.

При увеличении глубины шахты возникает необходимость в интенсификации процессов вентиляции и кондиционирования воздуха.

В шахтах применяют такие схемы охлаждения воздуха:

$\frac{3}{4}$  централизованное - всего воздуха, поступающего в выработки;

$\frac{3}{4}$  полуцентрализованное - части воздуха;

- $\frac{3}{4}$  местное – той части воздуха, поступающего в отдельные забои;
- $\frac{3}{4}$  с помощью передвижных кондиционеров;
- $\frac{3}{4}$  индивидуальное кондиционирование воздуха.

Схемы вентиляции и кондиционирования воздуха, размещение оборудования выбирается для каждой шахты индивидуально, учитывая технико-экономическое сравнение возможных вариантов и ее климатические параметры.

Особенно актуально применение таких систем вентиляции, которые способствуют снижению температуры воздуха непосредственно в местах работы людей. К таким способам вентиляции относятся индивидуальный вихревой кондиционер и защитный охлаждающий костюм горнорабочего [1]. В этих устройствах разделение исходного потока происходит с помощью вихревой трубы [2-3].

На рисунке 1 представлена конструктивная схема индивидуального вихревого кондиционера, который может работать в режимах охлаждения или подогрева воздуха.

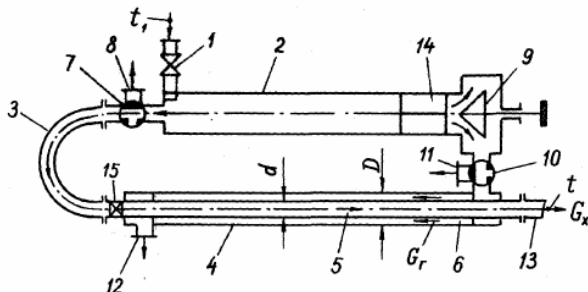


Рис. 1. Конструктивная схема индивидуального кондиционера:

- 1 – входной вентиль, 2 – вихревая труба, 3 – соединительный патрубок, 4 – теплообменник, 5 – внутренняя полость теплообменника, 6 – межтрубное пространство, 7, 10 – трехходовой кран, 8, 11, 12, 13 – выходные патрубок, 9 – вентиль, 14 – развихритель, 15 – завихритель [35]

В режиме охлаждения кран 7 полностью открыт, и весь холодный поток проходит из вихревой трубы в теплообменник. Кран 10 закрыт, и горячий поток выводят через патрубок 11 в атмосферу. При постепенном открывании крана 10 часть горячего потока поступает в теплообменник, подогревая в нем холодный воздух до требуемой температуры. Однако температура подогрева холодного воздуха остается на этом режиме всегда (даже при полностью открытом кране 10) ниже температуры исходного сжатого воздуха. В режиме подогрева кран 10 полностью открыт, и весь горячий воздух поступает в межтрубную

полость теплообменника. Кран 7 частично закрыт, в результате чего часть холодного воздуха выходит в атмосферу через патрубок 8. Поскольку в теплообменник поступает меньшее количество холодного воздуха, последний нагревается до температуры, превышающей температуру исходного сжатого воздуха.

**Библиографический список:**

1. Ракиа А.И. Индивидуальных вихревой кондиционер для применения в горной отрасли [Текст] / А.И.Ракиа // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 10. – 2021 – 139–140 с.
2. Ракиа А.И. Индивидуальное кондиционирование воздуха горнорабочих с использованием вихревых труб [Текст] / А.И. Ракиа // 17-ая Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы конференции. – 2021. – С. 122–124
3. Ракиа А.И. Расчет вихревой трубы с целью ее применения для индивидуального вихревого кондиционера [Текст] / А.И. Ракиа, Р.А. Ковалев // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 10. – 2021. – С. 162–166.



УДК626.01+532.543

## ПРОГРАММНАЯ ОБОЛОЧКА «ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБ И КАНАЛОВ»

**Белоусов Р.О., Ковалев Р.А.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Представляется программная оболочка для определения гидравлических параметров безнапорных потоков.*

*Ключевые слова: гидравлический расчет, безнапорные (открытые) потоки.*

При проектировании каналов и безнапорных труб необходимо выполнять ряд достаточно трудоемких гидравлических расчетов для оптимизации параметров сооружений [1, 2].

Для облегчения этой работы, авторами разработана и подготовлена к сертификации «Программная оболочка «Гидравлический расчет безнапорных труб и каналов (вер. 1.0)».

Назначение: определение гидравлических параметров безнапорных потоков для каналов прямоугольного, трапецеидального (с возможностью использования неодинаковых углов наклона боковых

стенок) и кругового поперечного сечения при проектировании каналов (лотков) в строительстве, мелиорации и гидротехнике.

Определяются:

Для призматических участков каналов: нормальная глубина, скорость, критические параметры потока (критическая глубина, критическая скорость, критический продольный уклон).

Для не призматических участков каналов: параметры гидравлического прыжка (вид гидравлического прыжка, сопряженные глубины, длина).

Предусмотрен расчет гидравлического прыжка при падении потока с уступа.

В основу алгоритма расчета заложены методики расчета рекомендуемые при проектировании безнапорных водопропускных сооружений.

Интерфейс программы позволяет оптимизировать проектируемые каналы (лотки) достижением оптимальных гидравлических параметров.

Разработанное программное обеспечение состоит из 16 процедур написанных на VBA, встроенных в виде макросов в лист Excel.

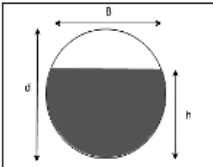
Исходные данные:			
Поперечное сечение:		круг	
Диаметр (d), мм		600	
Коэффициент шероховатости русла (n)		0,014	
			
Расход (Q), л/с		180	
Продольный уклон дна (i), ‰		3	
		Критический продольный уклон дна (i <sub>кр</sub> ), ‰	4,914
		Тип потока:	спокойный
Расчет:			
Скорость (V), м/с	1,154	Критическая скорость (V <sub>кр</sub> ), м/с	1,389
Глубина (h), см	32,45	Критическая глубина (h <sub>кр</sub> ), см	28,039
Наполнение (h/d)	0,54		
Ширина потока по верху (B), см	59,80		
Площадь поперечного сечения (ω), см <sup>2</sup>	1560,37		

Рис. 1. Безнапорные трубы и каналы

Так как общий объем процедур составляет 1537 строк программного кода (примерно 30 страниц), ограничимся общим описанием.

Определение нормальных, сопряженных и сжатых глубин реализовано численными методами (итерациями) с погрешностью в четвертом знаке после запятой.

Расчет призматических каналов: по уравнению равномерного движения открытых потоков (коэффициент Кориолса принят равным 1,1).

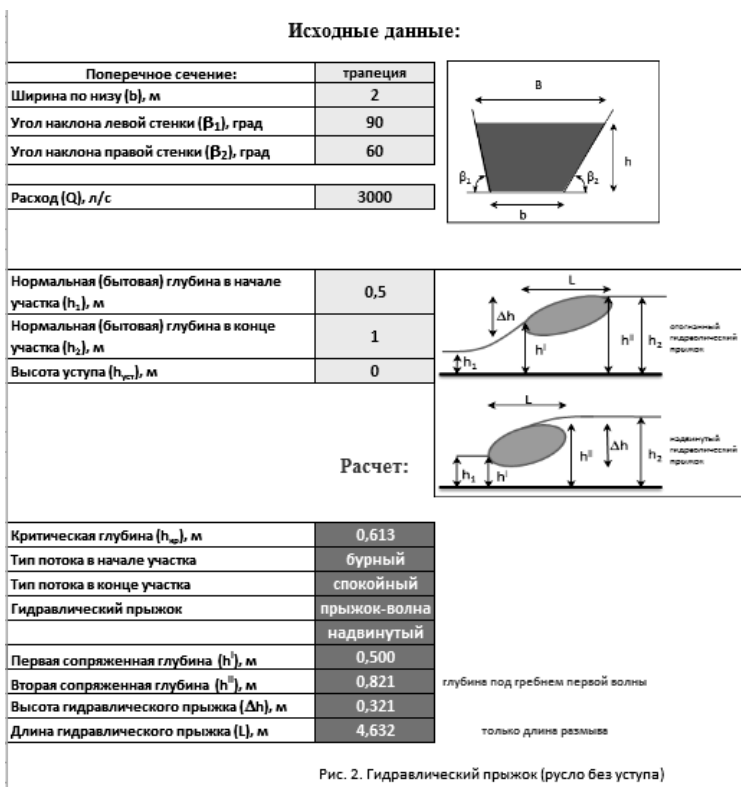


Рис. 2. Гидравлический прыжок (русло без уступа)

Расчет критических параметров: по параметру кинетичности потока.

Интерфейс представлен на рис.1:

Расчет сопряженных глубин: при параметре кинетичности в начале гидравлического прыжка (ПК1) более 3 - по уравнению прыжко-

вой функции (коэффициент Буссинеска принят равным 1,02); при ПК1 от 1 до 3 - учитывается волновой характер прыжка (определяется глубина под гребнем первой полуволны).

Расчет длины прыжка: совершенного – по методике Айвазяна (в отличие от других методик, она дает приемлимые результаты и при малых значениях ПК1); для прыжка-волны по методике Дмитриева (определяется только длина размыва).

Интерфейс представлен на рис.2:

Расчет падения потока с уступа: при спокойном потоке в верхнем бьефе глубина на уступе принимается не критической, как следует из уравнения свободной поверхности, а меньше на 15%, как дают экспериментальные данные.

Интерфейс представлен на рис.3:

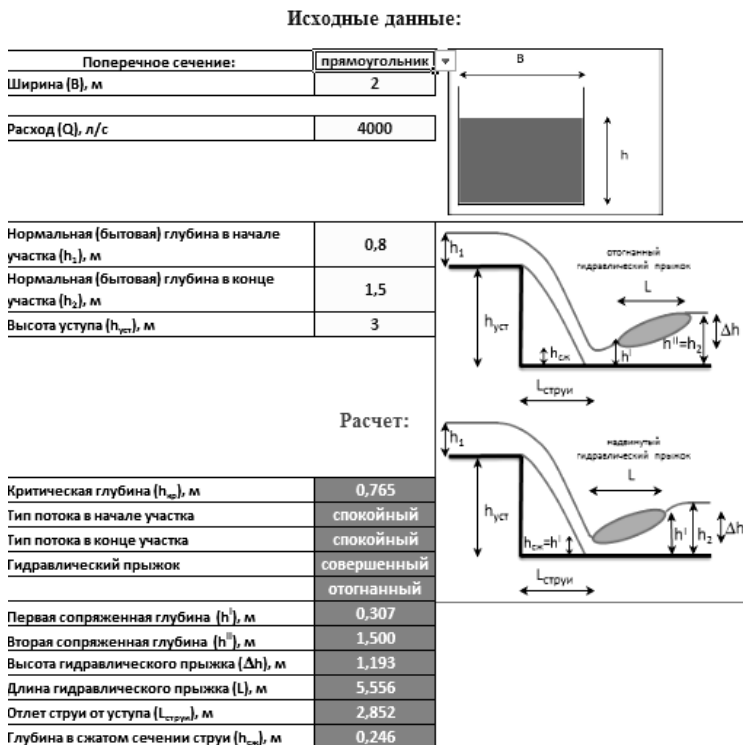


Рис. 3. Гидравлический прыжок (русло с уступом)

**Библиографический список:**

1. Белоусов Р.О. Гидравлический расчет безнапорных труб. В сборнике: Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и



энергетики. Сборник научных трудов 15-й международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. 2019. С. 285-288.

2. Белоусов Р.О. К вопросу выбора продольных уклонов канализационных сетей. В сборнике: 57-я Научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ТулГУ с всероссийским участием. Сборник докладов в 2-х частях. 2021. С. 297-300.



УДК 621.313

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛОМЫ РАПСА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

**Зеленухо Е.В.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь*

*Проведен анализ возможности использования соломы рапса в качестве источника энергии. Представлены результаты исследования топливных характеристик соломы рапса.*

*Производство энергии, солома рапса, теплота сгорания топлива, композитное топливо.*

В связи с ограниченностью топливно-энергетических ресурсов значительную роль для Республики Беларусь играет производство энергии из местных источников сырья. В соответствии с Государственной программой «Энергосбережение» на 2021-2025 гг. их доля в валовом потреблении должна составить не менее 16,5% [1]. В качестве возможного источника получения энергии в данной работе рассматривается солома рапса.

Солома рапса является практически отходом сельскохозяйственного производства (растениеводства) и соответственно не требует дополнительных площадей и затрат для выращивания. В настоящее время данный отход в основном используется в качестве органического удобрения путем измельчения и заправки.

В соответствии с [2] в Республике Беларусь наблюдается тенденция увеличения посевных площадей рапса. Так, в 2015 г. посевная площадь составляла 259 тыс. га, а в 2020 г. - 364 тыс. га. Валовый сбор рапса в хозяйствах всех категорий республики в период с 2015 г. по 2020 г. увеличился на 47,7 % . Также наблюдается рост урожайности рапса с 15,7 ц/га в 2015 г. до 20,6 ц/га в 2020 г. При сохранении таких

показателей часть соломы рапса может быть использована в качестве топлива.

Эффективность использования соломы рапса в энергетических целях зависит от следующих топливных характеристик: теплоты сгорания, определяющей энергетическую ценность ресурсов, влажности, зольности, химического состава.

Целью работы является анализ возможности использования соломы рапса в качестве источника энергии.

Для ее достижения решены следующие задачи:

- проведены исследования топливных характеристик: влажности, зольности, теплотворной способности соломы рапса;
- проведен анализ возможности использования соломы рапса в качестве компонента композитного топлива.

Определение влажности рапсовой соломы проводилось в соответствии с методикой [3] основным методом. Сущность метода заключается в высушивании пробы в сушильном шкафу с электрическим обогревом при температуре 105°C-110°C и определении потери массовой доли влаги. Предварительно солома была измельчена до 1-2 см.

Определение зольности проводилось основным методом в соответствии с [3] в муфельной печи путем озоления навески с соломой рапса и прокаливанием зольного остатка в тиглях.

Определение теплотворной способности проводилось калориметрическим методом в соответствии с [4]. Калориметрический эксперимент по сгоранию топлива происходит в измерительной камере, состоящей из внутреннего сосуда, мешалки, обеспечивающей равномерное распределение тепла во внутреннем сосуде, водяного цикла с нагревающим элементом для выравнивания температуры и автозаполнения внутреннего сосуда, температурного датчика для регистрации значений эксперимента, прибора подачи кислорода в сосуд разложения. При проведении эксперимента сосуд разложения с образцом погружается во внутренний сосуд. Для оптимизации процесса горения в сосуд разложения поступает чистый кислород до заданного давления (3 МПа). Внутренний сосуд заполняется водой рабочей температуры 25-30 °С, которая поддерживается в постоянном движении магнитной мешалкой. Образец топлива зажигается посредством электричества от медной проволоки, зафиксированной на зажигательной проволоке. Измеряется возрастание температуры в калориметрической системе. Фазы измерительного прибора отслеживаются с помощью измерительной программы. Далее вычислялась общая теплотворная способность образца исходя из значений веса образца, теплоемкости

калориметрической системы и возрастания температуры воды в сосуде измерительной камеры [5].

Высшая теплота сгорания анализируемой пробы определялась по следующей формуле [4], кДж/кг:

$$Q_a^a = Q_b^a - (94 \times S^a + a Q_b^a),$$

где 94 – коэффициент, учитывающий теплоту образования серной кислоты из диоксида серы и растворения серной кислоты в воде на 1% серы, перешедшей при сжигании топлива в серную кислоту, кДж/кг;

$S^a$  – массовая доля серы в топливе, %;

$a$  – коэффициент, учитывающий теплоту образования и растворения в воде азотной кислоты, для соломы принимается равным 0,0015.

Низшая теплота сгорания анализируемой пробы определялась по формуле [4], кДж/кг:

$$Q_n^a = Q_b^a - 24,42(8,94 \times H^a + W^a),$$

где 24,42 – теплота парообразования 0,01 кг водяного пара, кДж; 8,94 – коэффициент пересчета содержания водорода в топливе на воду;

$H^a$  – массовая доля водорода в аналитической пробе топлива, %;

$W^a$  – массовая доля воды в анализируемой пробе топлива, %.

Результаты определения основных топливных характеристик соломы рапса приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные топливные характеристики соломы рапса

Наименование показателя	Значение показателя
Аналитическая влажность, %	10,8
Высшая теплота сгорания, кДж/кг	16980
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	15580
Зольность сухого топлива, %	4,6
Содержание серы, %	0,04

Среднее значение влажности анализируемых образцов соломы рапса составило 10,8%, среднее значение зольности сухого топлива – 4,6%. Зольность соломы в несколько раз выше зольности древесного топлива (опилок, пеллет). Однако, исходя из химического состава золь, она может использоваться в качестве минерального удобрения.

Теплота сгорания соломы рапса достаточно высокая: высшая теплота сгорания анализируемых образцов составила 16,98 МДж/кг, а низшая теплота сгорания – 15,58 МДж/кг. На величину теплотворной способности оказывает влияние влажность соломы. Зависимость низшей теплоты сгорания соломы рапса от влажности представлена на рисунке 1. Так, при влажности соломы рапса равной 10%, низшая теплота сгорания выше низшей теплоты сгорания при влажности 25% на 19,3%.

Солома рапса может также использоваться в качестве компонента композитного топлива из местных источников сырья, например, путем добавления к торфу. Выбор данного вида сырья обусловлен развитием в республике предприятий торфяной отрасли [6].

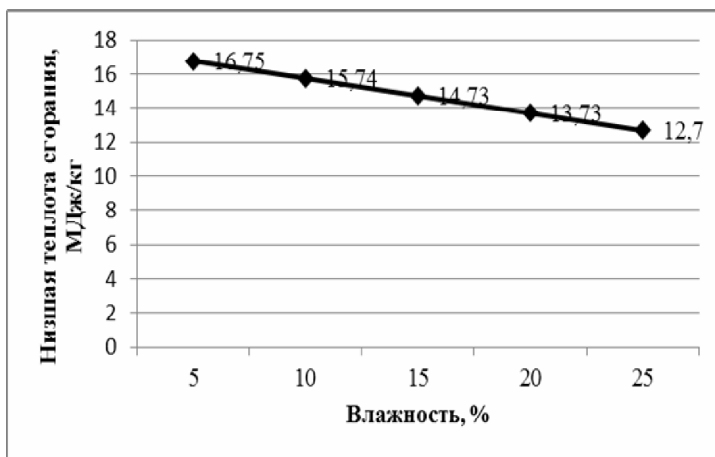


Рис. 1. Зависимость низшей теплоты сгорания соломы рапса от влажности

В связи с этим, проведены исследования по определению изменения теплоты сгорания композитного топлива, базовым компонентом, которого выбран торф со следующими техническими характеристиками: влажностью – 20% и низшей теплотой сгорания рабочего топлива – 13,68 МДж/кг. В соответствии с данными, представленными на рисунке 2, величина низшей теплоты сгорания композитных образцов выше, чем у чистого торфа.

Результаты определения влажности, зольности, а также теплоты сгорания позволяют обосновать возможность использования соломы рапса в качестве возобновляемого топлива, как в чистом виде, так и с использованием добавок. Она обладает достаточно высокой тепло-

творной способностью, невысокой влажностью (до 25%) и низким содержанием серы. При влажности 10,8% низшая теплота сгорания составила 15,58 МДж/кг, а содержание серы – 0,04%.

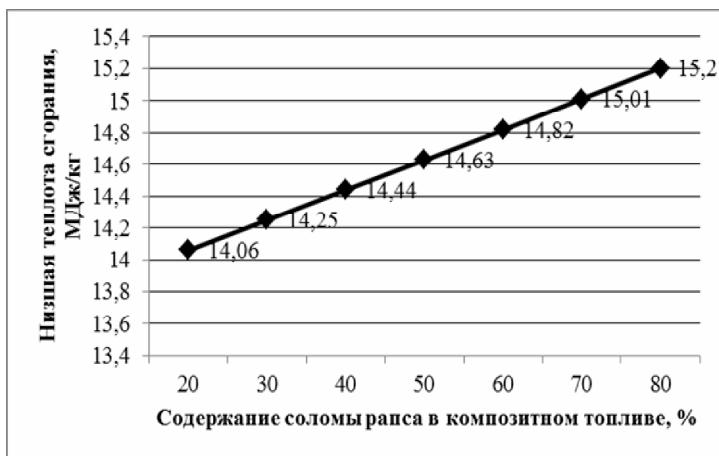


Рис. 2. Изменение теплоты сгорания топлива при добавлении соломы рапса к торфу

#### Библиографический список

1. Государственная программа «Энергосбережение» на 2021-2025 гг. Утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24.02.2021 г. №103.
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Мн., 2021. – 179 с.
3. СТБ 2042-2010 Торф. Методы определения влаги и зольности.
4. ГОСТ 147-2013 Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и расчет низшей теплоты сгорания. – М., 2019. – 52 с.
5. Зеленуха Е.В. Оценка эффективности использования вторичных топливных ресурсов при производстве энергии. Сборник материалов второго молодежного экологического форума. Кемерово, 2014. – с. 138-143.
6. Казаченко Г.В. Горные машины. В 2 ч. Ч. 2. Машины и комплексы для добычи полезных ископаемых / Г.В. Казаченко, В.Я. Прушак, Г.А. Басалай: под общ. ред. В.Я. Прушака. – Минск, Высшая школа, 2018. – С. 197–224.



## **ГЕОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

УДК 556.5+502.5

### **УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА**

**Двизова А.Е., Бельская Г.В.**

*Белорусский национальный технический университет, г.Минск, Беларусь*

*В статье указаны особенности управления водными ресурсами в условиях потепления климата, включающие мониторинг поверхностных вод и применение принципов экологического менеджмента в хозяйственной деятельности.*

*Ключевые слова: водные ресурсы, управление, глобальное потепление, ухудшение гидрологических показателей, биогенные элементы, экологический менеджмент в промышленности и агро - промышленном секторе.*

В соответствии с резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН 70/1 «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» шестой целью для мирового сообщества является чистая вода и санитария для всех. Для условий Республики Беларусь эта цель обозначена как обеспечение рационального использования водных ресурсов и существенное повышение эффективности водопользования во всех секторах экономики. Ресурсы пресной воды являются стратегической составляющей устойчивого развития любого государства.

Современное глобальное потепление привело к увеличению частоты и интенсивности наводнений и засух, усилению дефицита пресной воды в некоторых регионах, ухудшению экологического со-



стояния водных экосистем суши. Речь идет о повышенных рисках загрязнения воды и заражения патогенными организмами, вызванных наводнениями или более высокими концентрациями загрязняющих веществ в периоды засухи. В наиболее уязвимом положении оказываются экосистемы малых и средних рек, а также водохранилища.

Национальный мониторинг поверхностных вод Республики Беларусь в 2022 г. проводился по гидрохимическим показателям в 231 пункте наблюдений, расположенных на 118 поверхностных водных объектах страны - в бассейнах рек Западная Двина, Неман, Западный Буг, Днепр и Припять. В апреле 2022 г. водность рек Неман, Виляя, Березина, Припять, Днепр (на участке г. Жлобин – г. Речица) и реки Сож (г. Гомель) была меньше нормы на 40-50 %. В мае на реках также преобладал спад уровней воды. Уровни воды превышали опасные (критические) низкие отметки на реке Сож (г. Гомель) и его притоках - реке Проня (д. Летяги) и реке Ипать (г. Добруш). В июне водность рек Неман, Виляя, Днепр и Березина была в сезонной норме или несколько больше ее, в частности, для реки Сож - больше обычной для этого времени года на 40-90 %. В это же время водность рек Западная Двина и Припять оказалась меньше нормы на 20-40 %. Таким образом, изменение климата является ключевой причиной нестабильного уровня воды в малых и средних водотоках.

За период наблюдений 2021 года основными компонентами, во многом определяющими качество поверхностных вод республики, оставались биогенные и органические вещества, а также содержание растворенного кислорода. Превышения ПДК по биогенным веществам выявлены для следующих водных объектов:

- 1) бассейн реки Неман - для 19,63% проб по нитрит-иону и 13,08% проб по фосфат-иону;
- 2) бассейн реки Западный Буг - для 50% проб по нитрит-иону, 43,18% проб по фосфат-иону;
- 3) бассейн реки Днепр - для 24,62 % проб по аммоний-иону, 33,17% проб по фосфат-иону.

Относительно благополучная ситуация по содержанию биогенных веществ зафиксирована в бассейне реки Припять.

Дефицит содержания растворенного кислорода отмечен для малых и средних рек - Щара, Сервечь, Березина, Цна (н.п. Липки), Мухавец (выше г. Кобрин), реки Плисса, реки Свислочь (н.п. Свислочь), реки Ясельда (г. Береза). Некоторые из вышеперечисленных водотоков являются средой обитания лососевых и осетровых рыб.

В 2021 году отмечено превышение норматива качества воды по содержанию легко-окисляемых органических веществ (показатель

БПК<sub>5</sub>) в воде рек Черная Ганьча, Исса, Вилия, Гожка, Березина (г. Светлогорск и г. Бобруйск), и некоторых других. Превышения данного норматива зафиксированы в воде водохранилищ Волпянское и Селец.

Превышения норматива качества воды по содержанию органических веществ (по показателю ХПК<sub>Cr</sub>) были характерны для бассейнов всех рек Беларуси, а в бассейнах рек Западная Двина и Западный Буг сложилась критическая ситуация – превышение норматива по содержанию органических веществ составило 81,98 % и 97,73 % случаев соответственно. Максимальное содержание органических веществ (по ХПК<sub>Cr</sub>) составило 78 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (при ПДК 2,6 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) и отмечалось в воде реки Мухавец (ниже г. Кобрин) в мае 2022 года.

Кроме вышеперечисленных показателей, система национально-го мониторинга Республики Беларусь включает наблюдение за содержанием ионов тяжелых металлов (железа, меди, марганца, цинка) и нефтепродуктов в поверхностных водах. Результаты наблюдений 2022 г. показали относительно стабильное состояние водных объектов по этим показателям (1).

Важнейшим гидрологическим показателем состояния речных экосистем является объем их стока. В южной части республики на протяжении последних десяти лет наблюдается снижение речного стока практически во все сезоны, что в свою очередь затрудняет функционирование водо-потребляющих секторов экономики, а также водопользователей, например, работу водного транспорта. Водообеспеченность на душу населения в Беларуси составляет 3,6 тыс. м<sup>3</sup> /год, этот показатель остается стабильным. Наиболее обеспечены водными ресурсами Витебская и Гродненская области, наименее – Гомельская и Брестская. Центральные районы республики имеют меньшие ресурсы речных вод, чем приграничные районы, располагающие транзитным стоком (2). Показатель водообеспеченности населения остается стабильным благодаря достаточно эффективной работе жилищно-коммунального хозяйства и забору воды для хозяйственно-питьевых нужд преимущественно из грунтовых водоносных слоев.

Таким образом, изменение климата негативно сказывается на состоянии поверхностных вод суши. Повышение температуры воды и уменьшение концентрации растворенного кислорода приводит к снижению способности пресноводных бассейнов к самоочищению и, таким образом, негативно влияет на качество воды и водных ресурсов (3). Кроме того, установлено, что ухудшение качества поверхностных вод страны может быть связано с техническими причинами. В настоящее время результаты измерений в части контроля за сбросом норма-





тивно-очищенных сточных вод в поверхностные водные объекты подтверждают неэффективную работу около 40 коммунальных очистных сооружений по территории всей республики, в результате их физического и морального износа (4).

Для более эффективного управления водными ресурсами в условиях глобального потепления необходимо применять системный подход и инновационные методы управления. Применяемая стратегия митигации (замедления) глобального потепления включает возможность декарбонизации хозяйственной деятельности секторов экономики - промышленности, сельского хозяйства, лесосырьевого комплекса. Митигация предполагает поэтапное снижение выбросов в атмосферу парниковых газов (в первую очередь, углекислого газа). Цифры по снижению определены в документе «Предполагаемые национальные определяемые вклады Республики Беларусь» (INDC) к 2030 г. – сократить выбросы не менее чем на 28% по отношению к уровню базового 1990 г., то есть, до 96,1млн. т CO<sub>2</sub> экв. (5).

Для выполнения этих обязательств необходимо сократить выбросы парниковых газов, в первую очередь, в энергетическом и промышленном секторах. Энергетический сектор – это основной источник выбросов парниковых газов. На его долю приходится более 60 % от общенациональных выбросов (4). Для достижения этих целей в Республике Беларусь применяют подходы экологического менеджмента, а именно: систему национального мониторинга окружающей среды, более чистые технологии, экологический контроль на предприятиях, управление отходами. Эти подходы полностью соответствуют мировой практике циркулярной (зеленой) экономики и энергетики.

Стратегия адаптации агропромышленного комплекса (АПК) к условиям потепления климата имеет цель сохранить урожайность с.-х. культур, при соблюдении принципов адаптивности земледелия, а также снизить негативное влияние на окружающую среду, в т.ч. водные объекты. Одновременно, стратегия нацелена на связывание углерода в сельском хозяйстве (декарбонизацию), включая биогазовые технологии для получения возобновляемой энергии. Использование биогазовых технологий позволяет уменьшить воздействие на природную воду и почвы, поскольку одновременно эти технологии являются инструментом управления органическими отходами сельского хозяйства. Более чистые технологии в АПК предполагают контроль применения минеральных удобрений и пестицидов, использование экологически обоснованной системы обработки почвы, внедрение адаптивных систем растениеводства, в зависимости от почвенно-климатических условий.

В условиях глобального потепления и изменения гидрологических условий функционирования водоемов, представляется абсолютно необходимым применение адаптивной системы обработки почвы. Это касается, в первую очередь, сохранения почвенной влаги посредством минимального использования тяжелой техники для предупреждения образования подплужной подошвы (сильно уплотненный слой почвы на глубине 30 см). Для сохранения почвенной влаги на низко засоренных почвах можно использовать мировой опыт чизельной (chisel - англ.) обработки, т.е. обработки без оборота почвенного пласта (5). Как показал мировой опыт, использование «альтернативного органического земледелия» (т.е. без применения пестицидов и минеральных удобрений) практически может привести к резкому снижению урожайности и значительному повышению цен на продукты питания (6).

Эффективное связывание углерода возможно путем искусственного и естественного лесовосстановления и других защитных мер, способствующих развитию лесохозяйственного комплекса. В соответствии с приоритетными задачами Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2030 года лесистость территории будет увеличена с 39,4% в 2013 году до 41% к 2030 году (7). Это огромный резерв по декарбонизации хозяйственной деятельности. Таким образом, для снижения негативных последствий потепления климата, следует применять интерактивный, системный подход к управлению рисками в различных секторах хозяйственной деятельности.

Система управления водными объектами в Республике Беларусь в условиях глобального потепления имеет определенные особенности. Мониторинговые наблюдения последних лет показывают ухудшение состояния поверхностных вод по содержанию биогенных элементов и дефициту кислорода. Кроме того, понижается уровень водотоков и уменьшается объем речного стока. В этих условиях необходимо применять системные стратегии управления - митигации (замедления) глобального потепления и адаптации водных объектов к новым условиям функционирования.

Библиографический список:

1. Состояние поверхностных вод в 2 квартале 2022г.- Режим доступа: <https://rad.org.by/articles/voda/sostoyanie-poverhnostnyh-vod-v-2-kvartale-2022-g/> @rad.org.by. Дата доступа 12.10.2022
2. Система управления использованием и охраной поверхностных и подземных вод Беларуси.- Режим доступа: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/231577/1/17-21.pdf> . Дата доступа 13.10.2022
3. Доклад Организации Объединенных Наций о состоянии водных ресурсов.-Режим доступа: <https://ru.unesco.org/water-security/wwap/wwdr>. Дата доступа: 20.05.2022



*4.1-Выбросы-парниковых-газов-в-секторе-энергетики-Республики-Беларусь.pdf (ecoinfo.by)*

5. Бельская Г.В., Басалай И. А Более чистое производство агропромышленного комплекса как основа сохранения агро-ландшафтов // Матер.15-й МНТК «Наука - образованию, производству, экономике», Минск, 3-й том, май 2017,1с.

6. Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года.-Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/ru/news-ru/view/o-proekte-natsionalnoj-strategii- upravlenija-vodny>. Дата доступа:23.09.2022

7. Предполагаемые национально-определяемые вклады Республики Беларусь. Согласно параграфам 13 и 14 решения 1/СР.20 Конференции сторон РКИК ООН.-Режим доступа:

<https://www4.unfccc.int/sites/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx>. Дата доступа 10.03.2022



УДК 504.06:51-74

## **СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА И РАСЧЕТА УРОВНЕЙ КОНКОРДАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

**Лаптёнок С.А., Кологривко А.А., Хорева С.А., Кляусова Ю.В.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

**Родькин О.И.**

*Международный государственный экологический университет*

*имени А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск*

**Лазар И.В.**

*Белорусский государственный медицинский колледж, г.Минск*

*В работе представлена сравнительная оценка эффективности использования методов корреляционного анализа и расчета коэффициентов конкордации при анализе влияния некоторых геоэкологических факторов на состояние здоровья населения.*

В процессе исследования комбинированного воздействия некоторых природных и антропогенных геоэкологических факторов на состояние здоровья населения Воложинского и Столбцовского районов Минской области Республики Беларусь [1,2] использовался метод расчета коэффициентов конкордации (классической и по Кэндаллу) для оценки согласованности структуры заболеваемости злокачественными

новообразованиями по их локализации в пределах ряда временных периодов с 1953 по 2003 гг. Были выделены следующие периоды: 01.01.1953 - 31.12.1964 гг. (кодированное обозначение «1959»); 01.01.1965 - 31.12.1974 гг. («1970»); 01.01.1975 - 30.06.1984 гг. («1979»); 01.07.1984 - 30.06.1994 гг. (1989»); 01.07.1994 - 31.12.2003 гг. («1999»).

Коэффициент конкордации используется для определения уровня статистической связи между произвольным количеством показателей. В упомянутом выше исследовании коэффициенты конкордации были рассчитаны для пяти, трех и двух выделенных периодов (01.01.1953 - 31.12.2003, 01.01.1975 - 31.12.2003 и 01.07.1984 - 31.12.2003 соответственно). Оценка уровня статистической связи между двумя показателями также может осуществляться с использованием корреляционного анализа. Таким образом, целью данной работы явилась сравнительная оценка эффективности использования различных методов корреляционного анализа и расчета коэффициентов конкордации при анализе динамики структуры заболеваемости.

По признаку изолированного и комбинированного воздействия геоэкологических факторов исследуемые населенные пункты были разделены на категории. Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над Украинско-Балтийским линейным элементом, не загрязненной радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$ , были обозначены кодом «101», а при наличии загрязнения – кодом «102». Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над разломами, образующими Украинско-Балтийский линейный элемент, не загрязненной радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  – кодом «111», при наличии загрязнения – кодом «112». Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной вне Украинско-Балтийского линейного элемента, не загрязненной радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$ , были обозначены кодом «200», при наличии загрязнения – кодом «202». Населенные пункты, входящие в «Перечень населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения», утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 132 от 01.02.2010 г., обозначены кодом «300» [1,2].

Коэффициенты конкордации структур заболеваемости для периодов «1989» и «1999» были оценены ранее [2]. Их согласованность дополнительно оценивалась также методом расчета коэффициентов корреляции по Пирсону, Кэндаллу и Спирману.

В таблице 1 приведены коэффициенты корреляции и конкордации, рассчитанные по различным методикам, для каждой из категорий населенных пунктов между двумя периодами («1989» и «1999»)



Для сравнения оценок согласованности структур заболеваемости, осуществленных различными методами, использовался критерий знаков [3,4]. Результаты его применения приведены в таблицах 2-8.

**Таблица 1**

Значения коэффициентов корреляции и конкордации, характеризующих согласованность структур заболеваемости за периоды 01.07.1984 - 30.06.1994 и 01.07.1994 - 31.12.2003 гг.

	Корреляция по Пирсону		Корреляция по Кэндаллу		Корреляция по Спирмэнэ		Конкордация		Конкордация по Кэндаллу	
	группы	МКБ	группы	МКБ	группы	МКБ	группы	МКБ	группы	МКБ
111	0.864**	0.744**	0.531	0.585**	0.634*	0.631**	0.817	0.815	0.806	0.627
112	- 0.205	- 0.060	- 0.221	- 0.060	- 0.231	- 0.060	0.358	0.470	0.179	0.076
101	0.939**	0.859**	0.728**	0.627**	0.852**	0.717**	0.926	0.859	0.920	0.778
102	0.909**	0.848**	0.692**	0.582**	0.868**	0.703**	0.934	0.852	0.934	0.812
202	0.851**	0.745**	0.526*	0.444**	0.648**	0.487**	0.824	0.744	0.786	0.566
200	0.993**	0.991**	0.890**	0.698**	0.957**	0.840**	0.979	0.920	0.977	0.917
300	0.924**	0.848**	0.838**	0.519**	0.924**	0.619**	0.962	0.809	0.950	0.740

Примечание: \*\* – корреляция значима на уровне 0.01  
\* – корреляция значима на уровне 0.05

**Таблица 2**

Сравнение результатов оценки статистической связи структур заболеваемости с использованием расчета коэффициента корреляции по Пирсону и коэффициента конкордации

	Корреляция по Пирсону	Конкордация	Знак разности
1	0,864	0,817	-
2	- 0,205	0,358	+
3	0,939	0,926	-
4	0,909	0,934	+
5	0,851	0,824	-
6	0,993	0,979	-
7	0,924	0,962	+
8	0,744	0,817	+
9	- 0,060	0,358	+
10	0,859	0,926	+
11	0,848	0,934	+
12	0,745	0,824	+
13	0,991	0,979	-
14	0,848	0,962	+

**Таблица 3**

Сравнение результатов оценки статистической связи структур заболеваемости с использованием расчета коэффициента корреляции по Кэндаллу и коэффициента конкордации

	Корреляция по Кэндаллу	Конкордация	Знак разности
1	0,531	0,817	+
2	- 0,228	0,358	+
3	0,728	0,926	+

4	0.692	0.934	+
5	0.526	0.824	+
6	0.890	0.979	+
7	0.838	0.962	+
8	0.585	0.817	+
9	- 0.060	0.358	+
10	0.627	0.926	+
11	0.582	0.934	+
12	0.444	0.824	+
13	0.698	0.979	+
14	0.519	0.962	+

**Таблица 4**

Сравнение результатов оценки статистической связи структур заболеваемости с использованием расчета коэффициента корреляции по Спирмэну и коэффициента конкордации

	Корреляция по Спирмэну	Конкордация	Знак разности
1	0.634	0.817	+
2	- 0.233	0.358	+
3	0.852	0.926	+
4	0.868	0.934	+
5	0.648	0.824	+
6	0.957	0.979	+
7	0.924	0.962	+
8	0.631	0.817	+
9	- 0.060	0.358	+
10	0.717	0.926	+
11	0.703	0.934	+
12	0.487	0.824	+
13	0.840	0.979	+
14	0.619	0.962	+

**Таблица 5**

Сравнение результатов оценки статистической связи структур заболеваемости с использованием расчета коэффициента корреляции по Пирсону и коэффициента конкордации по Кэндаллу

	Корреляция по Пирсону	Конкордация по Кэндаллу	Знак разности
1	0.864	0.806	-
2	- 0.205	0.179	+
3	0.939	0.920	-
4	0.909	0.934	+
5	0.851	0.786	-
6	0.993	0.977	-
7	0.924	0.950	+
8	0.744	0.627	-
9	- 0.060	0.076	+
10	0.859	0.778	-
11	0.848	0.812	-



12	0.745	0,566	-
13	0.991	0,917	-
14	0.848	0,740	-

**Таблица 6**

Сравнение результатов оценки статистической связи структур заболеваемости с использованием расчета коэффициента корреляции по Кэндаллу и коэффициента конкордации по Кэндаллу

	Корреляция по Кэндаллу	Конкордация по Кэндаллу	Знак разности
1	0.531	0.806	+
2	- 0.228	0.179	+
3	0.728	0.920	+
4	0.692	0.934	+
5	0.526	0.786	+
6	0.890	0.977	+
7	0.838	0.950	+
8	0.585	0.627	+
9	- 0.060	0.076	+
10	0.627	0.778	+
11	0.582	0.812	+
12	0.444	0.566	+
13	0.698	0,917	+
14	0.519	0.740	+

**Таблица 7**

Сравнение результатов оценки статистической связи структур заболеваемости с использованием расчета коэффициента корреляции по Спирмэну и коэффициента конкордации по Кэндаллу

	Корреляция по Спирмэну	Конкордация по Кэндаллу	Знак разности
1	0.634	0.806	+
2	- 0.233	0.179	+
3	0.852	0.920	+
4	0.868	0.934	+
5	0.648	0.786	+
6	0.957	0.977	+
7	0.924	0.950	+
8	0.631	0.627	-
9	- 0.060	0.076	+
10	0.717	0.778	+
11	0.703	0.812	+
12	0.487	0.566	+
13	0.840	0,917	+
14	0.619	0.740	+

Статистические различия количественных оценок согласованности структур заболеваемости достоверны с уровнем значимости  $P < 0.05$  при сравнении между собой результатов применения практически всего ансамбля методов (расчета коэффициента конкордации,

расчета коэффициента конкордации по Кэндаллу, расчета коэффициентов корреляции по Кэндаллу и Спирмэну) (табл. 3,4,6-8). При сравнении результатов использования метода расчета коэффициента корреляции по Пирсону с результатами расчета коэффициентов конкордации (классического и по Кэндаллу) гипотезы о достоверности различий были отвергнуты (табл. 2, 5).

**Таблица 8**

Сравнение результатов оценки статистической связи структур заболеваемости с использованием расчета классического коэффициента конкордации и коэффициента конкордации по Кэндаллу

	Конкордация	Конкордация по Кэндаллу	Знак разности
1	0.817	0.806	-
2	0.358	0.179	-
3	0.926	0.920	-
4	0.934	0.934	0
5	0.824	0.786	-
6	0.979	0.977	-
7	0.962	0.950	-
8	0.817	0.627	-
9	0.358	0.076	-
10	0.926	0.778	-
11	0.934	0.812	-
12	0.824	0.566	-
13	0.979	0.917	-
14	0.962	0.740	-

Имея ряды оценок уровней статистической связи между структурами заболеваемости для различных категорий населенных пунктов, полученных в результате применения различных методов, целесообразным представляется анализ уровней статистических связей между ними с использованием классических методов корреляционного анализа – расчета коэффициентов корреляции по Пирсону, Кэндаллу и Спирмэну. Результаты данных расчетов представлены в таблицах 9-11.

Результаты корреляционного анализа по Пирсону, Кэндаллу и Спирмэну демонстрируют высокий и крайне высокий (значения коэффициентов корреляции 0.75 – 0.99) (см.табл. 9-11) уровень статистической связи между всеми парами оценок, полученных с применением методов корреляционного анализа и расчета коэффициентов конкордации, что, особенно в случае метода расчета коэффициента корреляции по Пирсону (отсутствие достоверных различий между результатами использования данного метода и результатами использования методов расчета коэффициентов конкордации), позволяет при необходимости говорить о возможности экспресс-моделирования результатов оценки уровня конкордации результатами корреляционного анализа.





**Таблица 9**

Корреляционная матрица (по Пирсону) результатов оценки статистической связи структур заболеваемости с использованием различных методик

	Корреляция (Пирсон)	Корреляция (Кэндалл)	Корреляция (Спирмэн)	Конкордация (классическая)	Конкордация (Кэндалл)
Корреляция (Пирсон)	1	0.944**	0.961**	0.982**	0.969**
Корреляция (Кэндалл)	0.944**	1	0.992**	0.939**	0.964**
Корреляция (Спирмэн)	0.961**	0.992**	1	0.953**	0.985**
Конкордация (классическая)	0.982**	0.939**	0.953**	1	0.950**
Конкордация (Кэндалл)	0.969**	0.964**	0.985**	0.950**	1

Примечание: \*\* – корреляция значима на уровне 0.01

**Таблица 10**

Корреляционная матрица (по Кэндаллу) результатов оценки статистической связи структур заболеваемости с использованием различных методик

	Корреляция (Пирсон)	Корреляция (Кэндалл)	Корреляция (Спирмэн)	Конкордация (классическая)	Конкордация (Кэндалл)
Корреляция (Пирсон)	1	0.749**	0.749**	0.636**	0.767**
Корреляция (Кэндалл)	0.749**	1	0.867**	0.575**	0.796**
Корреляция (Спирмэн)	0.749**	0.867**	1	0.644**	0.884**
Конкордация (классическая)	0.636**	0.575**	0.644**	1	0.618**
Конкордация (Кэндалл)	0.767**	0.796**	0.884**	0.618**	1

Примечание: \*\* – корреляция значима на уровне 0.01

**Таблица 11**

Корреляционная матрица (по Спирмэну) результатов оценки статистической связи структур заболеваемости с использованием различных методик

	Корреляция (Пирсон)	Корреляция (Кэндалл)	Корреляция (Спирмэн)	Конкордация (классическая)	Конкордация (Кэндалл)
Корреляция (Пирсон)	1	0.884**	0.908**	0.759**	0.916**
Корреляция (Кэндалл)	0.884**	1	0.956**	0.718**	0.902**
Корреляция (Спирмэн)	0.908**	0.956**	1	0.754**	0.964**
Конкордация (классическая)	0.759**	0.718**	0.754**	1	0.762**
Конкордация (Кэндалл)	0.916**	0.902**	0.964**	0.762**	1

Примечание: \*\* – корреляция значима на уровне 0.01

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Методы расчета коэффициентов конкордации, предназначенные для количественной оценки статистической связи (уровня согласованности) нескольких выборочных совокупностей (более двух), могут при необходимости эффективно использоваться при оценке двух выборок.

2. Методы расчета коэффициентов парной корреляции (по Пирсону, Кэндаллу и Спирмэну) могут эффективно применяться в качестве инструментария контроля качества полученных результатов при использовании методов расчета коэффициентов конкордации для двух выборочных совокупностей.

3. При необходимости методы парного корреляционного анализа могут использоваться для экспресс-моделирования с определенной степенью точности результатов расчета коэффициентов конкордации в процессе оценки статистической связи двух выборочных совокупностей. Эффективность моделирования предполагается оценить в дальнейшем на выборочных совокупностях большего объема.

#### **Библиографический список**

1. Лаптенюк, С.А. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций – Минск: БНТУ, 2013, – 287 с.
2. Лаптёнок, С.А. Оценка влияния некоторых геоэкологических факторов на структуру заболеваемости злокачественными новообра-зованиями с применением методов расчета коэффициентов конкордации / Лаптёнок С.А. и др. // Вопросы организации и информатизации здравоохранения № 2, 2021. – С.88-97.
3. Johnson, R., *Elementary Statistics. 4th edition.* / R. Johnson. – Boston: Duxbury Press, 1984. – 557 p.
4. Бубнов, В.П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / В.П.Бубнов, С.В. Дорожко, С.А. Лаптенюк – Минск: БНТУ, 2009. – 266 с.





УДК 628.5.05: 628.395

## ПРОВЕДЕНИЕ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В РАЙОНЕ РЕКУЛЬТИВИРОВАННОГО ПОЛИГОНА ТБО

**Вакунин Е.И., Коряков А.Е.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Рассмотрены основные вопросы организации мониторинговых исследований атмосферы от источников выделения загрязняющих веществ несанционированных свалок твердых бытовых отходов. Приведены конструкция дегазационной трубы и схема расположения дегазационных труб и замерных постов на теле свалки.*

*Ключевые слова: мониторинг, загрязнение атмосферы, рекультивированное пространство, мусор, отходы, биогаз, полигон.*

Основной задачей экологического мониторинга является изучение изменений природной среды, возникающих в результате техногенного воздействия на нее человека, получение как качественных, так и количественных характеристик изменений в природной среде.

Пространство любой свалки коммунальных отходов является постоянным источником негативного воздействия на атмосферный воздух, подземные и поверхностные воды, почвенный покров.

Причиной образования биогаза являются биоразлагаемые компонентами ТБО: пищевые отходы с периодом биологического разложения 1 - 2 года, отходы бумаги, текстиль – 2 - 3 года, дерево – до 10 лет. В результате процесса разложения в массе складированных ТБО выделяются летучие вещества, загрязняющие атмосферный воздух и являющиеся причиной неприятных запахов, распространяющихся на большие расстояния.

Для разработки прогнозной оценки проявлений негативных процессов на период восстановления нарушенных экологических систем необходим систематический мониторинг состояния действующих полигонов ТКО и рекультивированных территорий.

В данной работе рассматривается рекультивированный в 2015-16 годах полигон на территории Ленинского района Тульской области, в 500м к северо-западу от д. Судаково.

По данным рекогносцировочного обследования и анализа космоснимка (рис.1), территория бывшей свалки расположена в верховьях небольшого оврага-лога. Овраг имеет северо-западное простирание,

ширина по всей его протяженности изменяется от 100 до 200 м. Устье оврага открывается в р. Сухая воронка, длина от свалки до устья около 400 м. Поперечный профиль оврага корытообразной формы, четко выраженное русло отсутствует. Водоток образуется в водообильные периоды года.



**Рис. 1.-фрагмент космоснимка (масштаб ~1:10 000)**

Согласно инженерно-геологических изысканий [1] верхним слоем, слагающим исследуемую территорию, является насыпной грунт (свалочный грунт), образованный в связи с освоением территории под свалку ТКО.

Свалка велась в разные периоды года с начала 1960-70 -х годов по 2015 г. Насыпной грунт в плане и по глубине не однороден по своему составу и плотности, состоит из бытового, строительного мусора и глинистого грунта (рис. 2-3).

Наибольшая мощность насыпных грунтов вскрыта в центральной части и составляет 11,7 м.

Бытовой мусор представлен: полиэтиленовыми пакетами, пластиковыми бутылками, бумагой, тряпками, стеклом, жестью, проволокой, железом, резиной, древесиной. Согласно проведенных исследований [2], массовая доля бытовых отходов в насыпном грунте значительна и составляет 60 %.



Строительный мусор состоит из бетонных блоков, битого кирпича, железа, стекла, рубероида. Массовая доля в насыпном грунте 5-7 %.

Крупный строительный мусор (массовая доля в насыпном грунте 30-35%) представлен в виде элементов строительных конструкций.



**Рис. 2. Строительный мусор на территории свалки**



**Рис. 3. Бытовой мусор на территории свалки**

В результате выполненных на площади свалки ТКО в 2014 г. геолого-экологических исследований установлено образование биогаза (свалочного газа), количество которого может достигать больших объемов на протяжении десятков лет [2].

Биогаз это смесь, состоящая из метана (до 55 %), углекислого газа (до 45 %) и других летучих веществ. На практике содержание метана часто ниже, так как при сборе и выходе газа происходит его разжижение в воздухе. При нормальных условиях протекания процессов, содержание метана может достигать от 35 до 55 объемных процентов. К загрязнителям, сопутствующим свалкам ТКО, также относят углеводороды, формальдегид, сероводород, меркаптаны и др., [4].

В соответствии с разработанным проектом рекультивации [3] для обеспечения процесса отбора проб и сбора биогаза по системе пассивной дегазации в рекультивированном свалочном теле предусмотрена система дренажных канавок для сбора биогаза, по которым биогаз собирается и отводится к дегазационным трубам по которым, за счет самотяги, выбрасывается в атмосферу.

Для организации дренажа биогаза, канавки заполняется щебнем фракции 10-40 мм. В точки пересечения канав устанавливаются дегазационные трубы длиной 2,1 м, в которые входит 0,3 м перфорированной части в основании трубы (рис. 4).

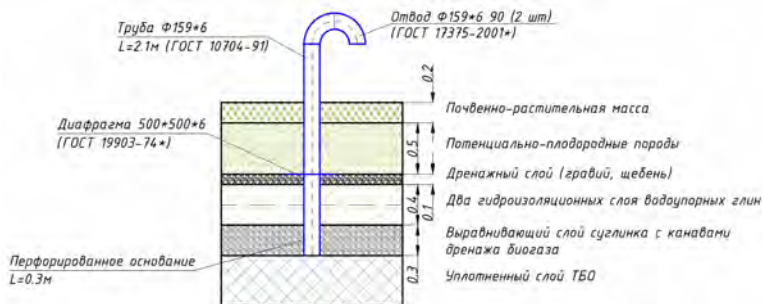


Рис. 4. Конструкция дегазационной трубы

На рис.5. приведена схема расположения на свалочном теле дегазационных труб в количестве 20 шт. и используемых в дальнейшем для осуществления отбора проб воздуха с целью определения качественного состава и количества биогаза, выделяемого в процессе распада органической составляющей твердых отходов из свалочного пространства рекультивированного полигона.



Расчет выбросов компонентов биогаза целесообразно проводить для условий стабилизированного процесса разложения отходов с учетом того, что стабилизация процесса газовыделения наступает в среднем через два года после захоронения отходов. На эту фазу приходится 80% выделяемого биогаза. А остальные 20% выбросов учитываются концентрациями компонентов биогаза, определяемыми анализами (при анализах отобранных проб биогаза не представляется возможным дифференцировать, какая часть из общей определяемой концентрации того или иного компонента создается при смешанном брожении, а какая - при анаэробном разложении с постоянным выделением метана).

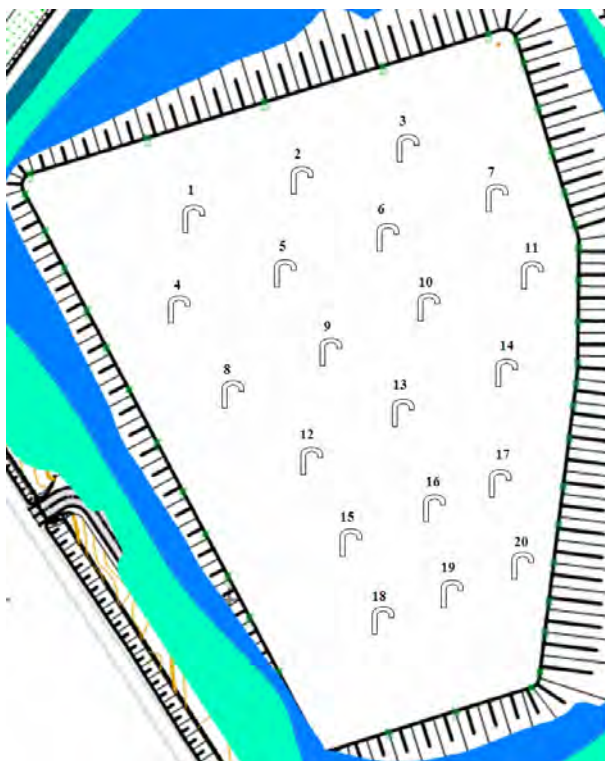


Рис. 5. Схема расположения дегазационных труб и замерных постов

Поступление биогаза с поверхности полигона в атмосферный воздух может происходить равномерно, без заметных колебаний его количественных и качественных характеристик.

Наблюдения за интенсивностью выделения биогаза целесообразно осуществлять в течение всего активного цикла процессов разложения в массе складываемых ТКО. Периодичность отбора проб – 2 раза в год, весенний период - апрель-май, осенний период - сентябрь-октябрь.

**Библиографический список**

1. Несанкционированная свалка отходов производства и потребления, расположенная западнее д. Судаково, Ленинского района Тульской области. 361.14-00-ИГИ. Инженерно-геологические изыскания.
2. Несанкционированная свалка отходов производства и потребления, расположенная западнее д. Судаково, Ленинского района Тульской области. 361.14-00-ИЭИ. Инженерно-экологические изыскания.
3. Отчет о выполнении НИОКР по теме: "Анализ негативных воздействий рекультивированного пространства бывшей свалки коммунальных отходов в д. Судаково на прилегающие объекты окружающей среды", 2017г. 58 стр. (договор №311701 от 27.10.2017)
4. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. Утверждена Министерством строительства Российской Федерации 2 ноября 1996 г.



УДК 628.5.05: 628.395

## **МОНИТОРИНГ ЭМИССИИ МЕТАНА ИЗ ТЕЛА РЕКУЛЬТИВИРОВАННОГО ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

**Вакунин Е.И., Коряков А.Е.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Рассмотрены основные процессы и фазы деструкции органического вещества ТКО, приведены результаты мониторинговых исследований эмиссии метана и углекислого газа из свалочного тела рекультивированного полигона. Показано, что процесс газовыделения непостоянен во времени и пространстве. Выявлены аномальные зоны газовыделений.*

*Ключевые слова: мониторинг, загрязнение атмосферы, рекультивированное пространство, мусор, отходы, биогаз, полигон, метан, диоксид азота.*





В результате анаэробных процессов разложения свалочных материалов, основными компонентами биологического газа, являются метан, оксид углерода, диоксид углерода, оксиды азота, сероводород, углеводороды, метилмеркаптан, аммиак [2].

Проводимые исследования эмиссий метана в период подготовки предпроектной документации на рекультивацию Судаковской свалки ТКО в 2014г. и после проведения рекультивации в 2017-2020 гг. [3, 4, 5, 6, 7] показали высокие концентрации в биогазе метана и диоксида углерода.

В соответствии с СП 47.13330.2012 потенциально опасными в газогеохимическом отношении считаются грунты с содержанием метана более 0,1 % и диоксида углерода более 0,5 %; опасными грунтами – с содержанием метана более 1,0 % и диоксида углерода до 5 %; пожаровзрывоопасными грунтами – с содержанием метана более 5,0 % и диоксида углерода более 5 %.

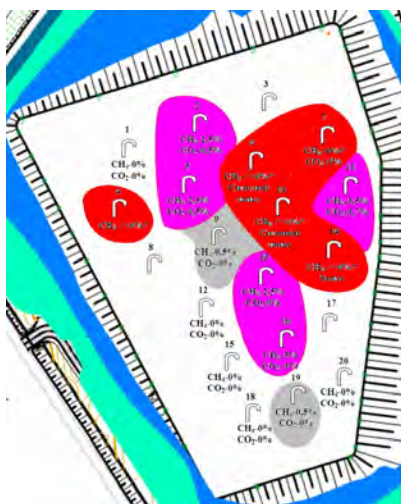
На рис.1. приведены результаты районирования территории свалки ТКО по газогеохимическому загрязнению метаном и диоксидом углерода по состоянию на осенние периоды 2017-2020 гг.

Анализ результатов обследования качества атмосферного воздуха непосредственно на территории полигона (замерный пост в центре полигона) за периоды времени 2017-2020 гг. [3, 4, 5, 6, 7] позволяет, с определенной вероятностью утверждать, что непосредственно из свалочного тела выделяются метан, углекислый газ и (с незначительными концентрациями) вещества – углеводороды, метилмеркаптан, аммиак, сероводород. По остальным компонентам (оксид углерода, оксид серы, оксиды азота, формальдегид) концентрации представлены следовыми концентрациями.

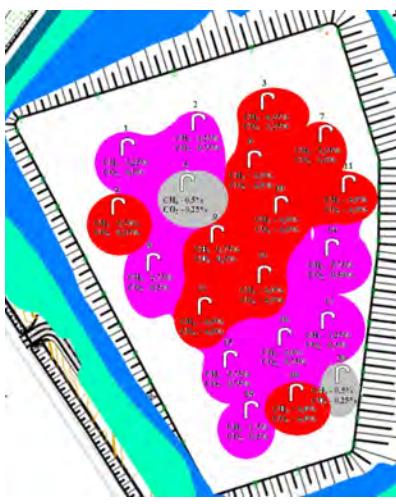
Цветом на рисунках выделены потенциально опасные в газогеохимическом отношении грунты с содержанием метана более 0,1 % и диоксида углерода более 0,5 % серым цветом; опасные грунты – с содержанием метана более 1,0 % и диоксида углерода до 5 % (значение принято в соответствии с СП 47.13330.2012) розовым цветом; пожаровзрывоопасные грунты – с содержанием метана более 5,0 % и диоксида углерода более 5 % красным цветом.

Анализ газохимического состояния рекультивированного свалочного пространства в динамике за исследуемый период времени свидетельствует о снижении интенсивности биологических процессов, протекающих в толще свалочного пространства, что дает основание классифицировать состояние исследуемого объекта в четвертой фазе процесса распада органической составляющей твердых отходов на по-

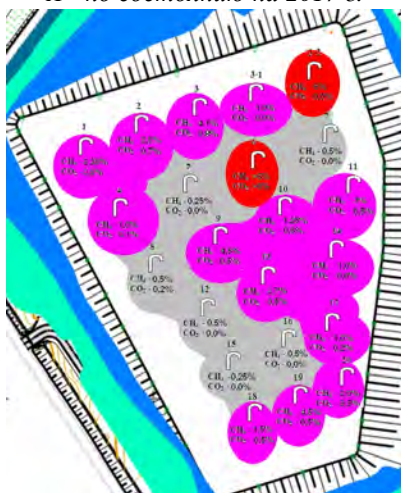
лигонах, характеризующейся анаэробным разложением с постоянным выделением метана.



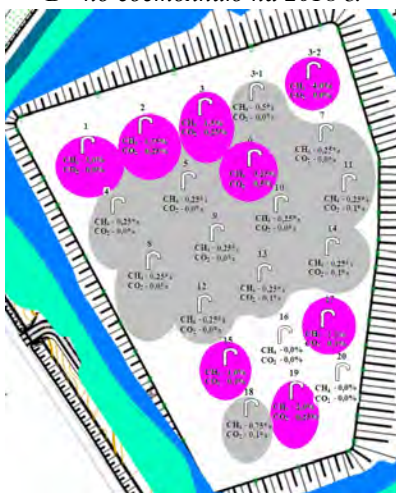
А - по состоянию на 2017 г.



Б - по состоянию на 2018 г.



В - по состоянию на 2019 г.

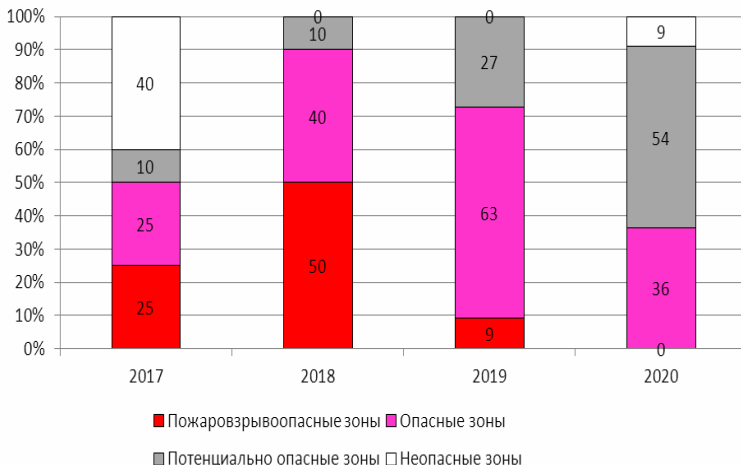


Г - по состоянию на 2020 г.

Рис. 1. Результаты районирования территории свалки ТКО по газогеохимическому загрязнению метаном и диоксидом углерода



На рис. 2. приведены результаты картографического районирования газохимического состояния рекультивированного полигона в д. Судаково общей площадью 10,2 га за 4-х летний период наблюдений. Результаты систематических наблюдений свидетельствуют о значимом уменьшении площадных пространств с интенсивным метанообразованием.



**Рис. 2.** Динамика процессов изменения площади газохимического загрязнения метаном территории рекультивированной свалки

На основании выполненных за период 2017-2020 гг. исследований газовыделений метана на территории рекультивированной свалки ТКО можно сделать следующие выводы:

- наблюдается тенденция устойчивого снижения эмиссий метана и углекислого газа из свалочного тела по всей рекультивированной территории свалки, что свидетельствует о затухании химических процессов образования биогаза;

- на текущий момент времени на территории полигона не отслеживаются зоны с содержанием метана 5% и более, что дает основания для перекалфикации свалочных грунтов из категории пожаровзрывоопасных в категорию опасных грунтов с содержанием метана 1-5 % и концентрации диоксида углерода до 5 %.

- текущее состояние рекультивированного полигона по фактору метановыделений позволяет сделать вывод о возможном хозяйственном использовании территории в качестве пространств для устройства промышленных (складских) незаглубленных сооружений, открытых

складов для хранения строительных и других различных невзрывоопасных материалов.

**Библиографический список:**

1. Несанкционированная свалка отходов производства и потребления, расположенная западнее д. Судаково, Ленинского района Тульской области. 361.14-00-ИЭИ. Инженерно-экологические изыскания.

2. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. Утверждена Министерством строительства Российской Федерации 2 ноября 1996 г.

3. Отчет о НИР Анализ негативных воздействий рекультивированного пространства бывшей свалки коммунальных отходов в д. Судаково на прилегающие объекты окружающей среды (заключительный) договор №311701 от 27.10.2017.

4. Отчет о НИР Мониторинговые исследования состояния объектов окружающей среды в районе рекультивированной свалки ТКО в д. Судаково на весенний период 2018 г. договор № 311802 от 03.05.2018.

5. Отчет о НИР Мониторинговые исследования состояния объектов окружающей среды в районе рекультивированной свалки ТКО в д. Судаково на осенний период 2018 г. договор № 311803 от 10.09.2018.

6. Отчет о НИР Анализ негативных воздействий рекультивированного пространства бывшей свалки твердых коммунальных отходов в д. Судаково на прилегающие объекты окружающей среды на летний и осенний периоды (3-4 кв.) 2019г.

7. Отчет о НИР Анализ состояния объектов окружающей среды в районе рекультивированной свалки ТКО в д. Судаково на осенний период 2020г. договор № 2020/093543 от 20.09.2020г.

8. Вакунин Е.И., Симанкин А.Ф., Коряков А.Е., Любин И.Н. Анализ результатов газохимического обследования объекта рекультивированной свалки// «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» - 14-я Международная Конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы конференции: ТулГУ, Тула, 2018, Т1, с.407-411.



УДК 548.64.01

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ ИОНИТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ МАТЛАБ**

**Абдувалиев А.А., Наджмутдинова Н.А., Жуманова С.Г.**  
Ташкентский архитектурно-строительный институт, г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*В статье рассмотрены некоторые возможности оптимизации свойств новых ионитов, полученных на основе отходов химической промышленности. Показаны, оптимальные варианты*



*сорбции ионов, содержащихся в составе сточных вод нефтегазовой промышленности.*

*Ключевые слова: ионит, сточная вода, сорбция, кинетика, оптимизация, математическая модель, ионы металлов.*

Сегодня нет острой необходимости доказывать, что принцип потребительства, точнее, условия природно-материальной жизни общества, послужившие его основанием, по существу уже исчерпаны. Изменения в биосфере, являющиеся результатом активной человеческой деятельности в нынешнем столетии (повышение температуры поверхности Земли, глобальное загрязнение воды, воздуха и почвы, опустынивание планеты, загрязнение Мирового океана, разрушение озонового слоя), известны сейчас каждому человеку. Поэтому современные концепции природопользования должны базироваться на принципах гармоничной оптимизаций условий взаимодействия человека с природой [1].

Общеизвестно, что нефтегазовая отрасль любой страны оказывает отрицательное влияние на разные компоненты окружающей среды, загрязняя атмосферу - выбросами вредных и токсичных газопылевых выбросов, гидросферу - сбросами промышленных сточных вод, литосферу – образованием и размещением вредных, ядовитых твердых отходов. По уровню отрицательного воздействия на окружающую природную среду нефтедобывающее и нефтеперерабатывающее производство занимает одно из первых мест среди отраслей промышленности, и это обусловлено теми особенностями, что это производство загрязняет практически все сферы окружающей среды – атмосферу, гидросферу и литосферу. Данными экологического мониторинга показано, что многообразие воздействия предприятий нефтяного комплекса (нефтедобычи, транспортировки, нефтепереработки) на окружающую среду не сводится к одним только мутагенным или канцерогенным действиям углеводородов на клетки живых организмов. Энергетическое и химическое воздействие нефтепереработки и нефтяных технологий на окружающую среду часто сопоставимо с последствиями крупнейших природных катаклизмов, например, извержение вулканов [2].

Одним из самых серьезных источников загрязнения окружающей среды являются сточные воды нефтегазовой промышленности. В планетарном масштабе по разным оценкам ежегодно на землю и воду попадает от 3 до 45 млн. т нефтепродуктов. Нефть и нефтепродукты, попадая на водную поверхность, быстро распространяются на значительные территории, образуя тончайшую пленку. Образующаяся нефтяная пленка препятствует естественному газообмену, оказывая нега-

тивное воздействие на местные биоценозы, приводя к необратимым изменениям в водной среде. Кроме того, она препятствует проникновению в толщу морской воды света, который необходим для жизнедеятельности фитопланктона, в результате чего происходит уменьшение исходного пищевого звена в акватории и снижение интенсивности кислородного снабжения атмосферы.

Аспекты экологически ориентированного маркетинга в нефтегазовой промышленности, в мировом сообществе [3], связаны с быстрым развитием технологий и процессов, снижающих воздействие на окружающую среду, а также с ускоренным формированием рынка экологических услуг, который, естественно, требует соответствующего развития маркетинговых средств управления. В промышленности для очистки сточных вод, а также для сорбции и извлечения ионов меди, никеля, хрома и других редкоземельных элементов, применяются иониты, полученные на основе химического превращения инертных полимеров обработкой монохлоруксусной кислотой сополимеров 2-метил-5-винилпиридина и дивинилбензола с последующим окислением азотной кислотой. При этом не исключается возможность значительного разрушения пиридиновых колец и сетчатого полиэлектролита в целом.

Главными недостатками промышленных ионитов этого типа является сложность получения регулярности структуры и композиционного состава, многостадийность синтеза, малая доступность исходных продуктов, низкая скорость установления ионообменного равновесия в нейтральных и слабокислых средах и растворителях, токсичность. Кроме того, объем их сильно меняется в процессе ионного обмена.

В этом аспекте нами предприняты попытки упрощения процесса синтеза и оптимизации свойств ионитов, применяемых для очистки промышленных сточных вод. Для этого нами были разработаны эффективные иониты на основе доступных и дешевых реагентов.

Поставленная задача достигается самопроизвольной полимеризацией ортофосфорной кислоты, полученной на основе отходов ОАО «Махам-Аммофос» с N,N-диэтиламиноэтилметакрилатом (N,N-ДЭАЭМА) в среде диоксана, при температуре 20-25°C в течение 3 часов, последующей обработкой 5%-ным водным раствором щелочи. при следующем соотношении компонентов, вес. %:

Сравнительный анализ ионитов показал, что применением нового ионита, полученного на основе самопроизвольной полимеризации ортофосфорной кислоты с N,N-диэтиламиноэтилметакрилатом, значительно повышается степень извлечения ионов двухвалентных и драгоценных металлов из состава сточных вод нефтеперерабатывающих



предприятий, а также способствует упрощению технологии ионообменной очистки сточных вод, при меньших материальных и энергетических затратах, что существенно понижает себестоимость единицы продукции, таким образом, данный состав компонентов придает композиции новые свойства (табл.1).

Таблица 1

Основные физико-химические характеристики ионитов.

Ионит на основе	Температура полимеризации, К	СОЕ (мгэкв/г) по 0,1н		Сорбция по	
		NaOH	HCL	Cu <sup>2+</sup> из раствора (5г/л)	Cu <sup>2+</sup> из раствора (5г/л)
ОФК+ДЭАЭМА	293	4,08	3,2	4,6	3,15
ВБХ+ДЭАЭМА	293	3,2	1,6	1,0	3,0
ВП+ДЭАЭМА	293	-	4,3	1,4	1,0

Проведенные исследования показали, что разработанные нами иониты обеспечивают необходимую степень для очистки сточных вод. Был поставлен полный двухфакторный эксперимент, целью которого было получение адекватной математической модели процесса модификации при варьировании концентрации сточной воды и ионита. Параметром оптимизации являлась сорбционная способность ионита.

Уровни варьирования и матрица планирования эксперимента приведены в таблице 2.

Натуральное обозначение факторов:

X<sub>1</sub>- концентрация сточной воды, %

X<sub>2</sub>- концентрация ионита, %

Погрешность эксперимента определяется дисперсией параметра оптимизации:

Таблица 2

Уровни и интервал варьирования факторов

№	Фактор	X <sub>1</sub> ,%	X <sub>2</sub> ,%
1.	Основной уровень, x <sub>0</sub>	6	0,15
2.	Интервал варьирования, x <sub>1</sub>	2	0,10
3.	Верхний уровень, x <sub>b</sub>	8	0,25
4.	Нижний уровень, x <sub>n</sub>	4	0,20

$$S^2(y) = \frac{1}{N(m-1)} \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^m (y_{nv} - y_u)^2 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N \hat{\sigma}_u^2 y$$

$$S^2_{(y)1}=(3,7-3,7)^2+(3,7^{0,01}-3,6)^2+(3,7-3,9)^2=0,05$$

$$S^2_{(y)2}=(7,3^{0,09}-7,6)^2+(7,3^{0,01}-7,2)^2+(7,3-7,0)^2=0,19$$

$$S^2_{(y)3}=(4,6^{0,04}-4,8)^2+(4,6-4,6)^2+(4,6-4,4)^2=0,08$$

$$S^2_{(y)4}=(10,2-10,5)^2+(10,2-10,0)^2+(10,2-10,2)^2=0,13$$

Значимость коэффициентов в уравнении регрессии оценивается по критерию Стьюдента [4]. Табличное значение для доверительной вероятности  $P=95\%$  и число степеней свободы  $f=m-1=2$ ;  $t_{\text{табл}}=4,30$  сравнивая  $t_{\text{расч}}$  с  $t_{\text{табл}}$ , определяются значимые и незначимые коэффициенты. Статистический анализ показал, что можно пренебречь членом, содержащим  $X_1X_2$  упростить уравнение регрессии  $y=6,45-2,3X_1-0,95X_2$ . Расчетные значения параметра оптимизации:

$$Y^1_{\text{расч}}=6,45-2,3(+1)-0,95(+1)=3,2$$

$$Y^2_{\text{расч}}=6,45-2,3(-1)-0,95(+1)=7,8$$

$$Y^3_{\text{расч}}=6,45-2,3(+1)-0,95(-1)=5,1$$

$$Y^4_{\text{расч}}=6,45-2,3(-1)-0,95(-1)=9,7$$

Проверка адекватности полученного уравнения регрессии проведена по критерию Фишера.

Табулированное значение Фишера  $F_{\text{табл}}=9,48$  (при доверительной вероятности 0,95)  $F_{\text{расч}} < F_{\text{табл}}$ , следовательно, математическая модель адекватна изучаемому процессу:

$$Y=13,25-1,16X_1-0,34X_2$$

Для решения полученного уравнения регрессии, кодированное обозначение факторов заменяется натуральным [4-5].

Полученные уравнения позволяют определить сорбционные характеристики фосфорсодержащих ионитов на основе отходов. Математическая модель процесса служит не только для определения показателя процесса при фиксированном наборе значений независимых технологических параметров и его применимости, но с ее помощью можно проанализировать вклад каждого фактора и парных эффектов процесса [6].

К настоящему времени нами накоплен большой объем экспериментальных данных, характеризующих, в основном, изменение свойств и структуры ионитов и ионообменных мембран. Однако, представления о механизме этого процесса существуют в самом общем виде и являются феноменологическими. Это обстоятельство связано со сложностью обоих объектов, принимающих участие в процессе ионного обмена.

Однако, недостаточность современных знаний о механизме модификации ионообменных мембран и ионитов на основе отходов не является препятствием для использования этого процесса в конкретных технологиях. При их разработке выбирают вид сомономера и тща-





тельно определяют оптимальные условия его проведения с целью получения у модифицируемого полимера необходимых характеристик. При переходе от лабораторных исследований к промышленному процессу эти данные оптимизируют и отрабатывают применительно к конкретной используемой установке.

#### **Библиографический список**

1. Степанов Б.А., Конопленко Л.А. Экологические проблемы нефтедобычи. Журн. Экологические системы и приборы. – 2012. - № 2. – С. 35-41.
2. Дряхлов В.О. Исследование разделения водомасляных эмульсий, стабилизированных ПАВ марки «Неонол», с помощью плазменно-модифицированных мембран. Журн. Экология. -2011. -№5, - с.44-45.
3. Макаров М.К. и др. Ионный обмен и иониты. –С-Пб. Наука, 2012 г. -с.27.
4. Херинг Р. Хелатообразующие ионообменники. М. Мир. 2011 г. -с.245.
5. Корнев С.А. Термодинамические расчеты в химических процессах. - М.: Химия. 2011 г. с.342.
6. Фомин В.М. Сопряжённые и нестационарные задачи механики реагирующих сред. -Новосибирск.: Наука, 2013. 319 с.



УДК 332.142.6

## **АСПЕКТЫ МИНИМИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ И ВОЗДЕЙСТВИЯ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Скуратович И.В.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь*

*Образование сточных вод, использование воды в промышленности, содержание загрязняющих веществ в сточных водах, отведение сточных вод, методы очистки сточных вод, исследование качественного и количественного состава сточных вод, оборотное водоснабжение.*

Загрязнение гидросферы – одна из глобальных экологических проблем, существенный вклад в которую вносят сточные воды промышленных предприятий. Вопрос минимизации воздействия промышленных стоков на окружающую среду является актуальным, так как ежегодно увеличивается сброс сточных недостаточно очищенных вод.

Применение воды в промышленности можно разделить на три группы:

1) в контактных процессах вода используется для мытья, промывки и разбавления сырья, продуктов производства и промежуточных продуктов, для транспортировки материалов и в качестве реагента;

2) в неконтактных процессах вода используется для производства пара и нагревания, для процессов охлаждения (например, охлаждения насосов и компрессоров);

3) в непроизводственных процессах вода используется для бытовых нужд: санузлов, уборки подсобных помещений, столовых, кухонь, на сооружениях предварительной очистки или деминерализации воды, для регенерации и промывки установок смягчения воды.

Состав сточных вод, содержание в ней загрязняющих веществ зависят от: технологических процессов, в которых используется вода; компонентов, сырья и материалов, участвующих в процессе; промежуточной и конечной продукции; состава исходной воды.

Например, в стоках металлургической промышленности содержатся тяжёлые металлы, кислоты, масла, песок, окалина и минеральные примеси; в сточных водах целлюлозно-бумажной промышленности содержатся селен, соединения хлора и серы, скипидар; в сточных водах машиностроительных предприятий содержатся нефтепродукты, фенолы и взвешенные вещества; сточные воды нефтеперерабатывающих предприятий содержат, хлориды сульфаты, нефтепродукты и взвешенные вещества; в сточных водах текстильной промышленности содержатся реагенты, моющие средства, волокна и взвешенные вещества, минеральные и органические примеси.

Основные проблемы при использовании воды в промышленности: большой объем воды, необходимый для производственных процессов и высокие требования, предъявляемые к качеству используемой воды.

Очевидно, что вода, которая используется неэффективно и в чрезмерных количествах приводит к увеличению объемов сточных вод. Например, использование большого количества воды для мытья/очистки или промывки можно избежать, если при очищении поверхности использовать сначала механические способы очистки (с помощью щетки или скребка), а после – применить оптимальную комбинацию способов очистки, основанных на использовании воды, энергии и химикатов.

Не всегда в технологических процессах нужна вода наивысшего качества. Примеры нерационального водопотребления: использование



воды хозяйственно-питьевого назначения для мытья полов или слив теплой воды из систем охлаждения без дальнейшего использования тепла

В настоящее время отведение сточных вод промышленных предприятий производится двумя принципиально разными методами: сброс в городскую канализацию (как очищенных, так и неочищенных сточных вод, как правило, основные загрязнители сточных вод – органические вещества) и сброс очищенных сточных вод в водоем.

Методы очистки производственных сточных вод выбирают в зависимости от их состава, свойств и степени загрязненности. Применяют следующие методы очистки:

- механические (сита, решетки, отстойники, фильтры, мембраны);
- физико-химические (коагуляция, флотация, сорбция);
- химические (реакции окисления или восстановления, нейтрализации, обезвреживание методом хлорирования и др.);
- биологические (активный ил, метантенки, биофильтры).

Для выбора одного или нескольких методов очистки необходимо провести анализ сточных вод, исследовать их качественный и количественный состав. Анализ проводится и после очистки для определения ее эффективности и контроля результатов, а также чтобы обнаружить и повторно использовать ценные компоненты в стоках.

Для анализа сточных вод используются органолептические методы, химический и бактериологический анализ, анализ сухого остатка.

Приоритетным направлением на промышленных предприятиях должен стать вопрос повышения процента вод в системе оборотного водоснабжения. Оборотное водоснабжение сокращает потребление чистой воды от 85 до 90% и устанавливаются на предприятиях энергетической отрасли; в пищевой промышленности; на металлургических заводах при газоочистке; на машиностроительных предприятиях при гальванической обработке металла; на предприятиях химической, целлюлозно-бумажной отрасли; на нефтеперерабатывающих заводах.

Важно не смешивать в один поток различные сточные воды, тогда в дальнейшем их можно будет использовать повторно. Например, смешение бытовых сточных вод или воды из системы охлаждения со стоками гальванического цеха увеличит объем воды, требующей трудоемкой и дорогостоящей очистки от тяжелых металлов, чего можно легко избежать, предварительно разделив стоки.

Из воды, используемой повторно, должны быть удалены вредные, ядовитые и ценные вещества посредством различных технологий

переработки (начиная от простых фильтров, и заканчивая мембранами). Выбор конкретной технологии зависит от уровня загрязнения.



УДК 616-056:005.334]:061.5

## **ДИСКРЕТНОЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫМИ НОЗОЛОГИЯМИ**

**Лаптёнок С.А., Кологривко А.А., Хорева С.А., Кляусова Ю.В.**  
*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь*  
**Синкевич Ю.Д., Родькин О.И.,**  
*Международный государственный экологический университет  
имени А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь*

*В статье представлены результаты дискретного пространственного моделирования динамики интенсивных показателей заболеваемости туберкулезом населения Ошмянского района Гродненской области Республики Беларусь за период с 1971 по 2021 гг.*

Несмотря на положительную динамику, эпидемическая ситуация по туберкулезу в Республике Беларусь остается напряженной. Прежде всего, это связано с особенностями современного отрицательного патоморфоза туберкулеза, характеризующегося острым прогрессирующим течением процесса и преобладанием лекарственно-устойчивых форм.

Формируются новые группы риска по заболеванию туберкулезом, в частности, мигранты из стран с высоким уровнем распространенности туберкулеза, ВИЧ-инфицированные лица, а также лица, прибывающие из пенитенциарных учреждений. Социально неблагополучные контингенты населения, так называемые лица социального риска, с трудом привлекаются к обследованию и лечению, среди них часто диагностируются хронические формы туберкулеза с бактериовыделением, что представляет опасность заражения для окружающих и становится одним из ведущих факторов эпидемического неблагополучия.



Решение проблемы заболеваемости туберкулёзом требует системного подхода, одной из составных частей которого является применение как общепринятых, так и новых методик, в частности, метода пространственного анализа.

Если методология и методы математической обработки в тех или иных объемах, пусть не всегда достаточных, уже давно используются в эпидемиологии, то технологии географических информационных систем (ГИС), и, в особенности, возможности пространственного анализа, в эпидемиологических исследованиях применяются пока крайне редко. Включение в традиционные методологические и методические схемы эпидемиологических исследований методов пространственного анализа на основе географических информационных систем позволит получить дополнительную информацию о развитии изучаемых процессов для ее использования при прогнозировании и разработке адекватных профилактических мероприятий.

Целью данного исследования явилась предварительная оценка динамики интенсивных показателей заболеваемости туберкулезом населения Ошмянского района Гродненской области Республики Беларусь методом динамического пространственного моделирования с применением технологии географических информационных систем.

Поскольку исследование охватывает временной период с 1971 по 2021 гг. (51 год), во избежание перегруженности публикации дискретные пространственные модели формировались не по каждому году, а по периодам длительностью 5 лет. Весь временной период был разделен на 10 подпериодов: «1» – 1971-1975 гг.; «2» – 1976-1980 гг.; «3» – 1981-1985 гг.; «4» – 1986-1990 гг.; «5» – 1991-1995 гг.; «6» – 1996-2000 гг.; «7» – 2001-2005 гг.; «8» – 2006-2010 гг.; «9» – 2011-2015 гг.; «10» – 2016-2021 гг. (см. табл.)

По данным таблицы построены дискретные пространственные модели распределения интенсивных показателей заболеваемости туберкулезом по территориям сельских советов Ошмянского района Гродненской области Республики Беларусь (рис. 1-10), отражающие динамику распространенности данной социально значимой нозологии. На представленных моделях увеличение значения интенсивного показателя обозначено градацией цвета от светлого к темному.

Анализ полученной динамической пространственной модели показал, что на фоне общей мозаичности в течение практически всего периода наблюдения максимальный уровень интенсивного показателя заболеваемости туберкулезом наблюдался на территории Крейванцовского сельского совета. Повышенным уровнем интенсивного показате-

ля заболеваемости туберкулезом характеризуются также территории Каменологского, Борунского, Муровано-Ошмянковского и Гольшанского сельских советов. (см. рис.1-10).

**Таблица**

Абсолютные и интенсивные показатели заболеваемости туберкулезом населения Ошмянского района за период с 1971 по 2021 гг.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Каменологский</b>	3	4	2	3	3	11	7	2	2	2
<i>На 100000</i>	395	526	263	395	395	1447	921	263	263	263
<b>Гродневский</b>	2	2	-	2	-	2	6	4	3	3
<i>На 100000</i>	256	256	0	256	0	256	768	512	384	384
<b>Журанский</b>	7	2	4	6	6	8	7	7	8	1
<i>На 100000</i>	201	57	115	172	172	230	201	201	230	29
<b>Муровано-Ошмянковский</b>	5	2	3	2	1	2	3	2	-	1
<i>На 100000</i>	846	338	508	338	169	338	508	338	0	169
<b>Ошмяны</b>	12	8	14	12	12	21	29	27	26	23
<i>На 100000</i>	72	48	84	72	72	126	174	162	156	138
<b>Крейванцовский</b>	7	3	3	2	1	1	3	-	1	1
<i>На 100000</i>	2406	1031	1031	687	344	344	1031	0	344	344
<b>Кольчунский</b>	4	-	3	6	2	10	7	5	7	6
<i>На 100000</i>	153	0	115	230	77	383	268	192	268	230
<b>Новосёлковский</b>	1	3	2	2	2	3	5	5	4	-
<i>На 100000</i>	84	251	167	167	167	251	418	418	335	0
<b>Гравжишковский</b>	3	3	2	3	1	3	4	6	1	2
<i>На 100000</i>	347	347	231	347	116	347	462	694	116	231
<b>Гольшанский</b>	15	8	12	5	2	8	10	7	10	3
<i>На 100000</i>	621	331	497	207	83	331	414	290	414	124
<b>Борунский</b>	10	5	5	4	2	4	5	7	5	4
<i>На 100000</i>	866	433	433	346	173	346	433	606	433	346
<b>Всего по району</b>	69	40	50	47	32	73	86	72	69	46
<i>На 100000</i>	224	130	162	153	104	237	279	234	224	149

Очевидно, что объяснение полученных данных требует более глубокого исследования факторов, в том числе геоэкологических и социальных, влияющих на заболеваемость населения туберкулезом, с использованием методов анализа динамики процессов и математического, в том числе пространственного, моделирования.



Рис. 1. Дискретная пространственная модель распределения интенсивного показателя заболеваемости туберкулезом по сельским советам Ошмянского района в 1971-1975 гг.



Рис. 2. Дискретная пространственная модель распределения интенсивного показателя заболеваемости туберкулезом по сельским советам Ошмянского района в 1976-1980 гг.



Рис. 3. Дискретная пространственная модель распределения интенсивного показателя заболеваемости туберкулезом по сельским советам Ошмянского района в 1981-1985 гг.



Рис. 4. Дискретная пространственная модель распределения интенсивного показателя заболеваемости туберкулезом по сельским советам Ошмянского района в 1986-1990 гг.



Рис. 5. Дискретная пространственная модель распределения интенсивного показателя заболеваемости туберкулезом по сельским советам Ошмянского района в 1991-1996 гг.



Рис. 6. Дискретная пространственная модель распределения интенсивного показателя заболеваемости туберкулезом по сельским советам Ошмянского района в 1996-2000 гг.



Рис. 7. Дискретная пространственная модель распределения интенсивного показателя заболеваемости туберкулезом по сельским советам Ошмянского района в 2001-2005 гг.



Рис. 8. Дискретная пространственная модель распределения интенсивного показателя заболеваемости туберкулезом по сельским советам Ошмянского района в 2006-2010 гг.



Рис. 9. Дискретная пространственная модель распределения интенсивного показателя заболеваемости туберкулезом по сельским советам Ошмянского района в 2011-2015 гг.



Рис. 10. Дискретная пространственная модель распределения интенсивного показателя заболеваемости туберкулезом по сельским советам Ошмянского района в 2016-2021 гг.

#### Библиографический список

1. Абламейко, С.В. Геоинформационные системы: создание цифровых карт / Абламейко, С.В., Апарин, Г.П., Крючков, А.Н. – Минск, 2000. – 265 с.
2. Бубнов, В.П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / В.П.Бубнов, С.В. Дорожко, С.А. Лаптенюк – Минск: БНТУ, 2009. – 266 с.
3. Лаптенюк, С.А. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций – Минск: БНТУ, 2013, – 287 с.
4. Морзак, Г.И. Пространственное моделирование в промышленной и социальной экологии / Г.И. Морзак, С.А. Лаптенюк. – Минск: БГАТУ, 2011. – 210 с.
5. Сердюцкая, Л.Ф. Техногенная экология: математико-картографическое моделирование / Л.Ф. Сердюцкая, А.В. Яцишин. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 232 с.
6. Хаксхолд, В.Ё. Введение в городские географические информационные системы / В.Ё. Хаксхолд; Пер. с англ. – New York: Oxford University Press, 1991. – 317 с.





7. Longley, P.A. GIS: Teoria i praktyka / P.A. Longley [et ctr.] – Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2006. – 519 s.



УДК 502.36

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКЦИИ И ЭКОДИЗАЙНА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Хрипович А.А., Благовещенская Т.С.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь*

*В работе рассмотрены перспективы применения методики оценки жизненного цикла продукции для оценки и управления воздействиями на окружающую среду и идентификации «проблемных» стадий цикла жизни продукции.*

*Ключевые слова: жизненный цикл продукции, воздействие на окружающую среду, экодизайн, использование ресурсов.*

Современные природоохранные концепции ориентированы на предотвращение загрязнения окружающей среды, эффективное потребление ресурсов, создание экологически более чистой продукции. Оценка экологичности продукции должна охватывать все фазы жизненного цикла (ЖЦ) продукции от извлечения сырьевых материалов из окружающей среды и их предпроизводственной обработки, процесса производства готовой продукции и ее упаковки до распределения среди потребителей, использования и конечного распоряжения отслужившей продукции (переработки, повторного использования, обезвреживания и т.п.). Методика, позволяющая проводить такую оценку, называется оценка жизненного цикла продукции (ОЖЦП). Концепция ОЖЦП положена в основу экологических требований Европейской Комиссии к продукции и политике управления отходами. Таким образом, понятие расширенной ответственности производителя, которая является основой стратегии управления отходами и широко применяется во многих странах мира, совпадает с принципами концепции ОЖЦП [1].

Концепция ОЖЦП отражает то, что все стороны, вовлеченные в реализацию ЖЦ продукции, например, проектировщики, производители, дистрибьюторы, продавцы, потребители и пр., должны нести ответственность за те фазы ЖЦ продукции, в которых они непосред-

венно участвуют. Такой подход расширяет круг их ответственности за воздействие на ОС, путем включения в него всей цепочки ЖЦ продукции. Таким образом, подразумевается, что все вовлеченные стороны имеют определенную долю ответственности на всем ЖЦ. Индивидуально для каждого из них доля собственной ответственности наивысшая в том звене цепочки ЖЦ, которое им подвластно или находится под их контролем, и уменьшается на более далеких стадиях ЖЦ.

ОЖЦП как инструмент предназначена для:

- определения и оценки экологических аспектов и потенциальных воздействий, связанных с продукцией, путем сбора данных о входящих и выходящих потоках исследуемой производственной системы;

- оценки потенциальных и возможных воздействий на окружающую среду, связанных с данными входящими и выходящими потоками;

- рассмотрения и анализа результатов, полученных после инвентаризации и оценки воздействий на окружающую среду, в соответствии с целями исследования.

Результаты применения ОЖЦП дают возможность:

- улучшения экологических характеристик продукции в различные моменты ее жизненного цикла путем определения «проблемных» мест;

- применение экодизайна в том числе для удобства сборки-разборки продукции, а значит и увеличения срока службы продукции за счет возможности ремонта и замены деталей, замена материалов на более экологичные;

- маркетинга и сравнения двух или нескольких видов продукции, выполняющих идентичные функции;

- выбора критериев и показателей экологической эффективности деятельности предприятия, методов их измерений;

- повышения конкурентоспособности продукции на рынке;

- выбора поставщика с более экологически чистым сырьем или комплектующими;

- определения приоритетов при стратегическом планировании, проектировании продукции, в т.ч. использование принципов экодизайна;

- декларирования своих достижений в области охраны окружающей среды, заявления производителя о степени экологичности продукции и т.п. путем использования различного типа экологической маркировки.

ОЖЦ используется для следующих целей [1]:



1. Не сравнительного анализа и оценки существующей продукции. Проводится для создания декларации об экологичности продукции (информация для потребителя) или для внутреннего исследования с целью выявления наиболее важных областей с точки зрения воздействия на ОС («слабые» места) на протяжении жизненного цикла продукции.

2. Сравнительной оценки существующей продукции (тактическое применение). Рассматривает влияние лиц, взаимодействующих с продукцией (поставщики, производители, покупатели). Проводится для оценки аналогичной продукции, произведенной различными производителями (поставщиками), что позволяет обнаружить экологическое превосходство одного поставщика перед другим. Кроме того, организация может сравнить собственную продукцию либо для своих конкурентов, либо для привлечения внимания работников предприятия к экологизации производства и к слабым местам предприятия (экологическая сознательность), либо для применения экологической маркировки.

3. Сравнительной оценки потенциальной продукции (разработка продукции). Проводится при разработке продукции путем рассмотрения возможных путей улучшения продукции (например, замена ингредиентов, сырья, технологии, снижение количества образования отходов на стадии потребления). Этот метод также используется для проектирования новых видов продукции (экодизайн), а также дает возможность сравнения продукции с уже существующими видами.

4. Стратегической оценки продукции на экологичность. Используется для сравнения различных типов продукции на перспективу, а также для определения перспективных направлений для усовершенствования продукции.

Как правило, методика ОЖЦП состоит из четырех этапов (порядок проведения приведен в серии стандартов ISO) [2]:

1. определения целей проведения оценки жизненного цикла продукции и области применения результатов исследования;

2. инвентаризационного анализа входящих и выходящих потоков производственной системы;

3. оценки потенциальных воздействий на окружающую среду, связанных с этими потоками и интерпретации результатов проведения оценки.

4. интерпретация результатов по каждому из первых трех этапов с целью оценки соответствия выбранным критериям и корректировки в случае необходимости.

Объем ОЖЦП будет зависеть от цепочки этапов жизненного цикла продукции. Например, при сборке автомобилей, бытовой техни-

ки или электроники очень сложно собрать и проанализировать информацию о производстве и транспортировке комплектующих, т.к. их производство расположено в разных странах на множестве заводов и в свою очередь, эти производства представляют отдельные цепочки жизненных циклов своих комплектующих. Это является причиной того, что в оценке делаются исключения таких оценочных стадий жизненного цикла из оценки, т.к. высок риск получения данных с низкой достоверностью. Также можно ограничить исследование каким-либо процессом на конкретном производстве. Например, на Минском заводе холодильников внедрены результаты исследования процесса окраски деталей холодильников – взамен окраски жидкой краской методом распыления используется окраска порошковой краской в электростатическом поле. Внедрение данного мероприятия позволило использовать краску без потерь, практически исключить образование отходов лакокрасочных материалов, снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

**Библиографический список**

1. Благоевская Т.С. Оценка жизненного цикла продукции // Экология на предприятии. – 2012. – №10. – С. 45 – 61.
2. <https://www.iso.org/search.html?q=Life%20Cycle%20Assessment> (дата обращения 16.10.2022).



УДК 504.4.062.2, 504.3.054

## **СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СОЛЕСОДЕРЖАЩИХ СТОКОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА ОТ СЕРОВОДОРОДА И МЕТОДЫ ЕГО УТИЛИЗАЦИИ**

**Старцева А.А.**

*Санкт-Петербургский горный университет, г.Санкт-Петербург, Россия*

*Благополучие населения городов, где располагаются нефтеперерабатывающие заводы зависит от реализации экологической политики в области охраны окружающей среды. Следовательно, первоочередной задачей является соблюдение экологических нормативов. Статья посвящена рассмотрению способов очистки сточных вод нефтеперерабатывающего предприятия от сероводорода, а также методов его утилизации.*



*Ключевые слова: сероводород, нефтеперерабатывающий завод, сточные воды, утилизация, закрытый факел.*

Нефть является сложной многокомпонентной системой, в состав которой входят не только углеводороды различной молекулярной массы и химического строения, но и неорганические примеси. Именно они оказывают коррозионное воздействие на нефтепроводы и прочее оборудование при транспортировке нефти. Содержание таких примесей, в число которых входят соледержащие воды, сероводород и кислород, неодинаково в нефти, добываемой на разных месторождениях.

Сероводород является токсичным дурно пахнущим газом, который представляет собой одну из форм соединений серы. В зависимости от окислительной обстановки среды, данное вещество может быть представлено в виде непосредственно сероводорода, гидросульфида или сульфида.

Одним из источников поступления сероводорода в окружающую среду являются сточные воды нефтеперерабатывающих заводов. Данные, приведенные в статье Фомичева Валерия Тарасова и Чуриковой Валерии Игоревны из Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета [1], которые рассматривали экологическое состояние города Волгоград, показывают, что концентрация сероводорода, создаваемая в результате производственной деятельности предприятия ООО «Лукойл», критически близка к установленным значениям ПДК, а в некоторых точках – даже превышает данные значения.

Существует три основные группы методов, позволяющих снизить концентрацию сероводорода и других соединений серы в точных водах. Чаще всего на очистных сооружениях применяются физические методы, химические или реагентные и биологические. Рассмотрим более подробно каждую группу методов.

Физические методы удаления сероводорода из сточных вод на крупных нефтеперерабатывающих предприятиях обуславливаются применением мощного высокопроизводительного очистного оборудования, принцип работы которого заключается в использовании методов физической абсорбции. Данный способ очистки позволяет снизить концентрации сероводорода в сточных водах предприятия до приемлемых значений. В случае локальных источников, например, канализационных узлах, занимающихся перекачкой сточных вод, допустимо применение небольших, но высокоэффективных очистных устройств.

Следующая группа, включающая в себя химические методы, подразумевает добавление в очищаемые стоки реагента, который при взаимодействии с сероводородом, вступает с ним в реакцию и вызыва-

ет его окисление. Таким образом, сероводород окисляется до сульфатов или переводится в другую, менее подвижную форму. Химическими реагентами могут выступать хлор и его производные, озон, перекись водорода и кислород.

Биохимическая очистка относится к последней из рассматриваемых групп методов. Вследствие того, что принцип действия данных методов основан на дублировании естественного круговорота серы, можно добиться значительного экологического эффекта. Проведено множество исследований, в результате которых определено, что соединения серы подвержены биологическому разложению в результате жизнедеятельности активного ила или иммобилизованной микрофлоры. Поскольку процесс очистки осуществляется живыми организмами, ключевым фактором эффективности данных методов будет являться концентрация растворенного кислорода, достаточная для поддержания их жизнедеятельности [2]. Стоит отметить, что важным преимуществом метода биологического разложения является низкая себестоимость его реализации на фоне других групп методов.

Попытки полностью очистить стоки нефтеперерабатывающего завода от сероводорода могут быть не оправданы с экономической точки зрения. Кроме того, для этого придется вносить значительные изменения в технологический процесс. Наиболее рациональным решением может быть снижение концентрации сероводорода до такого уровня, чтобы не допустить его эмиссию или снизить до нормативных значений.

Существует два основных варианта снижения концентрации  $H_2S$ . Первый – это предварительная очистка непосредственно сточных вод, где он содержится. Второй вариант заключается в изоляции узла флотации очистных сооружений, где происходит значительная эмиссия сероводорода. При реализации любого из вышеперечисленных вариантов, на выходе получается смесь данного газа и воздуха, которая подлежит утилизации, различных способов которой известно достаточно много, но их реализация зависит от количества сероводорода в полученной газо-воздушной смеси.

Как было отмечено ранее, именно на очистных сооружениях происходит наибольшее выделение сероводорода, что наносит значительный вред окружающей среде. Необходимо не позволить сероводороду попасть в атмосферу на данном этапе. Добиться этого можно разными способами. В моей предыдущей статье [4] были предложены к рассмотрению три различных варианта.

1. Внедрение аэрационной установки закрытого типа.



Данный вариант предполагает предварительную аэрацию сточных вод еще до этапа механической очистки. Поскольку сама установка закрытого типа, то таким образом обеспечивается изоляция сероводорода от атмосферы. На выходе получаем сточные воды, в которых содержание  $H_2S$  будет значительно снижено, а также газо-воздушную смесь. В качестве варианта утилизации дпнного побочного продукта можно рассмотреть ее направление на узел, где осуществляется производство гранулированной серы из сероводорода. К сожалению, в качестве сырья на данной установке используется чистый сероводород, следовательно, его смесь с воздухом может значительно изменить технологические параметры процесса производства серы. Для решения указанной проблемы можно подавать в аэратор чистый кислород или перед коллектором-смесителем осуществлять очистку сероводородного газа от примесей. Поскольку производство серы не является основной задачей нефтеперерабатывающего завода, оба предложенных варианта только усложнят процесс и не принесут прибыли в лучшем случае, в худшем – значительно удорожат данный процесс.

### 2. Монтаж закрытого ангара на участке флотации.

Весьма привлекательным с экономической точки зрения может оказаться вариант изоляции всей секции флотации очистных сооружений. В данном случае отсутствует необходимость предварительной очистки сточных вод от сероводорода, однако все еще остается актуальной проблема образования значительных объемов газо-воздушной смеси, требующей дальнейшей утилизации.

Единственным логичным решением может являться монтаж качественной системы вентиляции и воздухоотведения. Затраты на проектирование и сборку которой могут превзойти стоимость самого ангара, сооруженного вокруг узла флотации. В случае неисправности в работе вентиляционной системы, условия труда для сотрудников, производящих работы на данном участке очистных сооружений, могут негативно отразиться на здоровье рабочих. Кроме того, нерешенным остается вопрос утилизации образовавшейся газо-воздушной смеси.

### 3. Установка аспирационных колпаков на флотаторы.

Аспирационные колпаки по своей конструкции похожи на специальные крышки, которые монтируются на поверхность флотационных установок, и которые оснащены системой откачки образующейся внутри смеси воздуха и сероводорода. Как было описано ранее, сооружение целого ангара над всем участком флотации может быть экономически невыгодно. В таком случае, установка аспирационных колпаков будет препятствовать эмиссии сероводорода с аналогичной эффективностью, но меньшими денежными затратами. В качестве ре-

шения проблемы утилизации образующейся смеси сероводорода и воздуха можно предложить ее подачу на факел сжигания закрытого типа, который обеспечит бездымное сгорание.

Таким образом, после удаления сероводорода, его вывода в отдельную фазу, возникает необходимость в его утилизации. В статье Старцева Анатолия Николаевича из Института катализа им. Г.К. Борескова [3] проанализированы возможности и перспективы использования термических, плазмохимических, электрохимических и фотохимических процессов разложения сероводорода для получения водорода.

При утилизации сероводорода традиционными методами, реализующимися на существующих производствах, теряется весьма ценный компонент – водород. Полученный при разложении сероводорода водород способен конкурировать с промышленно-синтезированным газом, как минимум, с точки зрения экономической целесообразности. Однако все известные способы его получения из сероводорода на сегодняшний день весьма энергозатратны.

Также, в своей статье [4] мною было рассмотрено четыре основных способа избавления от сероводорода, которые на сегодняшний день активно применяются на нефтеперерабатывающих заводах России. Все четыре предложенных способа более подробно описаны в таблице 1, где приведено краткое описание каждого способа и соответствующие особенности.

Исходя из вышеперечисленного, все предложенные способы утилизации сероводорода имеют свои особенности, которые необходимо учитывать при выборе для внедрения на предприятии. Основной проблемой является то, что при удалении  $H_2S$  из воды предложенными способами получается не чистый газ, а воздушная смесь, что значительно ограничивает выбор наиболее рациональной технологии его утилизации.

Из всех рассмотренных вариантов утилизации сероводорода, предпочтительнее его сжигание за закрытым факеле. Используя данный способ можно избежать дополнительных затрат, а бездымное горение обеспечит его экологичную утилизацию в полном объеме. Следовательно, можно предложить наиболее рациональный вариант природоохранного мероприятия, при котором можно достичь значительного уменьшения эмиссии  $H_2S$  на территории очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода. Укрупненная схема представлена на рисунке 1. В упрощенном варианте предлагается монтаж аспирационных колпаков на флотационные установки открытого типа (1). Образующаяся внутри газоздушная смесь вакуумным насосом (2) будет откачиваться из внутреннего объема флотатора. Затем, по отдельному воздуховоду (3) будет подаваться в коллектор-смеситель





вместе с остальными отходящими газами от других установок. После чего, будет осуществляться сжигание на закрытом факеле (5).

Таблица 1.

Способы утилизации сероводорода

Способ		Описание	Применение
1.	Производство гранулированной серы	Переработка сероводородного газа в серу осуществляется по трехступенчатому окислительному методу Клауса	На окислительный процесс Клауса следует подавать чистый сероводород, поскольку на первом этапе сжигание должно происходить при недостатке кислорода
2.	Сжигание на закрытом факеле	Для сжигания кислых газов применяются факела закрытого типа	Образующиеся в результате горения сероводорода газы подлежат каталитической очистке, что препятствует их попаданию в ОС
3.	Продажа сторонним организациям	Сторонние организации могут приобретать сероводородный газ для своих производственных нужд	Отсутствие потребителей сероводорода, тем более на выходе образуется не чистый сероводород, а воздушная смесь
4.	Использование в качестве топлива	Сероводород можно использовать в качестве источника тепла и электроэнергии	Более низкая теплотворная способность по сравнению с природным газом; образование сернистого ангидрида

Внедрение предложенного мероприятия на НПЗ будет способствовать соблюдению природоохранных нормативов качества окружающей среды вследствие уменьшения выделения сероводорода на очистных сооружениях. После реализации данного мероприятия на узле флотационной очистки эмиссия  $H_2S$  будет минимальна. Это можно обосновать нецелесообразностью полного удаления сероводорода из сточных вод, остаточная концентрация будет составлять 7-13 %. Однако такое содержание данного газа не будет оказывать негативного воздействия на окружающую среду вследствие минимального выделения, пропорционального его содержанию в воде. С экономической точки зрения, данный способ наиболее эффективный, поскольку исключает затраты на установку дополнительных объектов или изменение технологического режима очистки сточных вод. Более того, конструкция установки сжигания, реализованная на закрытом факеле, обеспечит полную утилизацию сероводорода без загрязнения атмосферы.

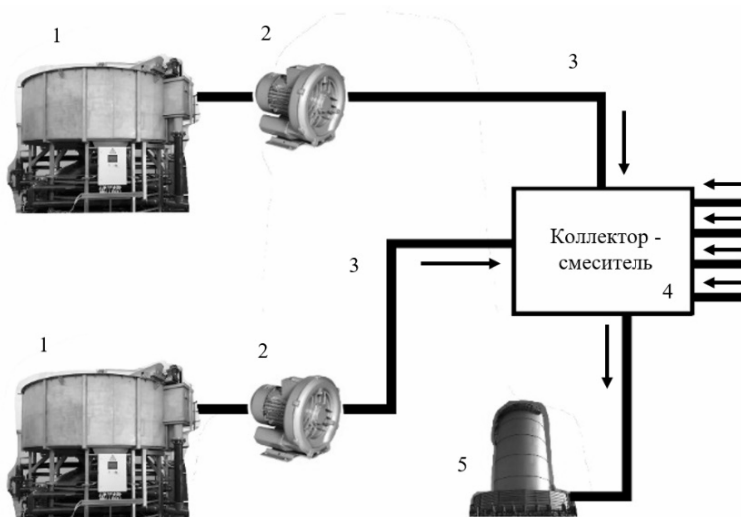


Рис. 1. Схема предлагаемого природоохранного мероприятия

Подводя итог, можно отметить, что на нефтеперерабатывающем предприятии сероводород чаще всего попадает в атмосферу из сточных вод на этапе их очистки, поскольку они содержат большое его количество после этапа первичной переработки нефти. Для снижения его количества в сточных водах и уменьшения последующего негативного воздействия на различные компоненты природной среды, применимы три группы методов – физические, химические и биологические.

В случае удаления сероводорода из сточных вод, возникает необходимость его дальнейшей утилизации. В данной статье был рассмотрен способ, предложенный автором из Института катализа им. Г.К. Борескова, который заключается в разложении сероводорода для получения водорода. Данный способ является весьма перспективным и позволяет достичь требований качества окружающей среды. Также, в качестве природоохранного мероприятия был предложен способ удаления сероводорода, который направлен на изоляцию сероводорода от атмосферного воздуха с последующим его сжиганием на закрытом факеле.

**Библиографический список:**

1. Фомичев В.Т., Чурикова В.И. Сероводород как фактор экологической опасности городской среды // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2016. – Вып. 44(63). Ч.2. – С. 80-85.;



2. Воронович Е.Е. Технология утилизации сульфидсодержащих сточных вод // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL [newchemistry.ru/letter](http://newchemistry.ru/letter) (дата обращения: 10.09.2022).;

3. Старцев А.Н. Сероводород как источник получения водорода // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2017. – № 8. – С. 1378-1397. Полов М. Первый водородный // Облако. 2017. №2 (03). С. 27 – 28.;

4. Старцева А. А. Модернизация системы очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов с целью снижения эмиссии сероводорода // Материалы 11-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Опыт прошлого – взгляд в будущее». Тула: Изд-во ТулГУ, 2021. С. 169-173.



УДК 502.3:502.175:658.274

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

**Панарин В.М., Маслова А.А., Трещев Д.В.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Представлена система автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, которая способна выполнять функции непрерывного контроля в реальном времени состава и объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения промышленных предприятий, прогнозирования возможного наступления неблагоприятных экологических ситуаций в жилых зонах, прилегающих к предприятиям-загрязнителям, информационной поддержки принятия управленческих решений для предотвращения неблагоприятных экологических ситуаций в прилегающих к предприятиям жилых зонах, а также передачи значений объемов и состава загрязняющих веществ в Государственный фонд данных государственного экологического мониторинга. Потребительские качества системы состоят в повышении эффективности технологических процессов предприятий и снижении ресурсных затрат, улучшении экологической ситуации в части загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов, предотвращении возможных проявлений неблагоприятных экологических ситуаций.*

*Ключевые слова: автоматизированная система, выброс, загрязняющее вещество, автоматический контроль, принятие решений.*

В последние годы большое внимание уделяется разработке технологий мониторинга влияния на окружающую среду и снижения риска аварий при эксплуатации опасных энергетических и промышленных объектов, в том числе и технологиям и системам автоматизированного мониторинга состояния загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов в промышленно развитых регионах.

Развитие систем мониторинга территориального и локального уровня требует совершенствования, в первую очередь, аппаратно-технического обеспечения, расширения перечня контролируемых параметров, повышения оперативности и надежности получаемых данных наблюдений [1-3].

В соответствии с ФЗ-422 от 28.12.2017 г. с 1 января 2019 года, стационарные источники I категории негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) должны быть оснащены автоматическими средствами измерения и учета объема или массы выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с передачей информации в Государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Для указанных предприятий разработана система автоматического контроля выбросов в атмосферу загрязняющих веществ на источниках промышленных предприятий (АСКВ), которая позволяет выполнять функции управления и диагностики первичных измерительных устройств, а также выполняющей расчеты показателей выбросов с возможностью передачи данных в государственные органы [4-5].

В предлагаемой АСКВ датчики контроля устанавливаются не на прилегающей к промышленному предприятию территории, а непосредственно на исходящей трубе, через которую осуществляется выброс вредных веществ [6].

Разработанная АСКВ предназначена для непрерывного контроля в реальном времени объемов и состава загрязняющих веществ в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации (Федеральный закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (в ред. от 29.07.2018 г.), Постановлениями Правительства РФ № 262 и №263 от 13.03.2019 г.) [5-7].

Предлагаемая система конструктивно состоит из двух подсистем: нижнего уровня и верхнего уровня, размещенных в отдельных электротехнических шкафах.

Подсистема нижнего уровня контроля выбросов загрязняющих веществ размещается контейнере с обогревом и кондиционированием непосредственно на стационарном источнике выбросов. Датчики измерения параметров загрязняющих выбросов, размещенные на ста-



ционарном источнике, соединены проводными каналами с элементами электротехнического шкафа подсистемы. Данные на верхний уровень передаются по проводным каналам связи.

Подсистема верхнего уровня системы размещается в диспетчерском пункте экологического контроля предприятия и обеспечивает непрерывный контроль объемов выбросов загрязняющих веществ, передачу данных в Государственный фонд данных государственного экологического мониторинга, прогнозирование возможного наступления неблагоприятных экологических ситуаций, информационную поддержку принятия управленческих решений для предотвращения неблагоприятных экологических ситуаций [7].

На данный момент альтернативных технологических решений и подходов, применяемых в производстве автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на источниках промышленных предприятий, которая способна выполнять функции прогнозирования и предупреждения проявления неблагоприятных экологических ситуаций в реальном времени, не существует.

Автоматизированная система имеет следующие функции:

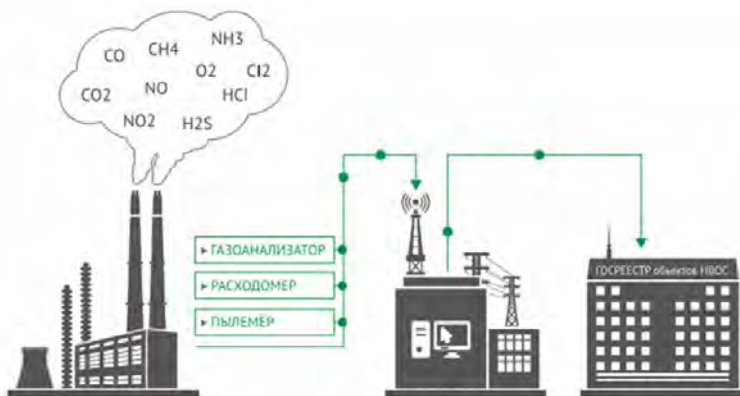
- непрерывный контроль в реальном времени состава и объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения промышленных предприятий;
- прогнозирование возможного наступления неблагоприятных экологических ситуаций в жилых зонах, которые прилегают к предприятиям-загрязнителям;
- информационная поддержка принятия управленческих решений для предотвращения неблагоприятных экологических ситуаций в прилегающих к предприятиям жилых зонах;
- оптимизация технологических процессов предприятий;
- приведение производственных процессов предприятий к выполнению требований законодательства РФ и нормативам наилучших доступных технологий;
- передача значений объемов и состава выбрасываемых загрязняющих веществ в Государственный фонд данных государственного экологического мониторинга [8].

В первую очередь, разработанная АСКВ предназначена для промышленных предприятий 1 категории негативного воздействия на окружающую среду. Также найдет применение и на других промышленных предприятиях, выбрасывающие вредные вещества в атмосферу и водные объекты.

На рисунке 1 представлена структура АСКВ.

С помощью измерительного оборудования получают первичные

параметры контролируемой среды (концентрация веществ, температура, скорость, давление газа и т.д.). На рисунке 2 представлены примеры измерительного оборудования, входящего в состав АСКВ.



**Рис. 1. Структурная схема АСКВ**



**Рис. 2. Примеры измерительного оборудования, входящего в состав АСКВ**



В состав измерительного оборудования входят: газоаналитический комплекс, измеритель скорости газового потока, измеритель запыленности контролируемой среды, датчик измерения температуры, датчик измерения давления, датчик кислорода (при необходимости), прибор измерения абсолютного содержания влаги (при необходимости) [9-10].

Количественные параметры работы АСКВ:

- период передачи объемов и состава выбрасываемых загрязняющих веществ в Государственный фонд данных государственного экологического мониторинга: - 20 минут;

- период, на который прогнозируется возможное наступление неблагоприятных экологических ситуаций в жилых зонах, прилегающих к предприятиям-загрязнителям: не менее 24 часов;

- вероятность прогноза наступления неблагоприятных экологических ситуаций: - не менее 0,91;

- максимальное время, на которое вырабатываются рекомендации по поддержке принятия управленческих решений: - 24 часа;

- период выработки рекомендаций по поддержке принятия управленческих решений для предотвращения неблагоприятных экологических ситуаций: - 20 минут;

- вероятность правильности выработки рекомендаций по поддержке принятия управленческих решений: не ниже 0,99;

- период контроль в реальном времени состава и объемов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ предприятия: - 1 минута.

Входными параметрами АСКВ являются следующие: измерение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников предприятий:

- концентрации NO – максимальное значение 2500 мг/м<sup>3</sup>, погрешность ± 20%;

- NO<sub>2</sub> – 200 мг/м<sup>3</sup>, ± 20%;

- CO – 2500 мг/м<sup>3</sup>, ± 15%;

- SO<sub>2</sub> - 1500 мг/м<sup>3</sup>, ± 15%;

- H<sub>2</sub>O - 30 % об., ± 20%;

- O<sub>2</sub> - 20 % об., ± 10%;

- NH<sub>3</sub> - 200 мг/м<sup>3</sup>, ± 15%;

- взвешенных веществ - 100 мг/м<sup>3</sup>, ± 20%;

- температуры - от 0 до 300°С, ± 0,5%;

- абсолютного давления -120 кПа, ± 1%;

- скорости дымовых газов от 0,03 до 40 м/с, ± 10%.

Выходными параметрами автоматизированной системы непрерывного контроля выбросов загрязняющих веществ предприятий в ат-

мосферу являются следующие: передача объемов и состава выбрасываемых загрязняющих веществ в Государственный фонд данных государственного экологического мониторинга.

Результаты расчета:

- концентраций взвешенных веществ, приведенной к нормальным условиям и пересчитанной на “сухой” газ;
- объема выбросов, приведенного к стандартным условиям;
- приведенных к стандартным условиям согласно информационно-техническому справочнику по наилучшим доступным технологиям, концентраций NO<sub>2</sub>, NO, SO<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub>;
- массовых выбросов NO<sub>2</sub>, NO, SO<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub> и взвешенных веществ в атмосферу.

Оборудование для сбора и обработки данных включает в себя многофункциональный комплекс телеметрии “Софт:Сигнал”-Ш-С-СИ v.Есо с системами жизнеобеспечения на базе промышленных контроллеров, подсистему бесперебойного питания оборудования, подсистему контроля микроклимата, подсистему контроля доступа к оборудованию, подсистему сетевых коммуникаций и шифрования данных.

Основными функциями являются получение параметров контролируемой среды с помощью измерительного оборудования и расчет параметров выбросов и сбросов при помощи утвержденных алгоритмов.

Оборудование для сбора и обработки данных имеет следующие основные характеристики:

- обеспечение уровня точности всей системы;
- обеспечение требований бесперебойности;
- обеспечение требованиям хранения данных.

Разработано программное обеспечение многофункционального комплекса телеметрии “Софт:Сигнал”-Ш-С-СИ v.Есо с системами жизнеобеспечения на базе промышленных контроллеров, общий вид которого представлен на рисунке 3.

Рабочее место оператора позволяет отображать измеряемые параметры для удобной работы персонала, вести архив данных и событий, формировать отчеты. В состав входит сервер для архивирования данных, визуализационная панель (монитор), клавиатура, мышь, программное обеспечение.

Уникальность разработанной АСКВ состоит в автоматизированной интеграции измеряемых показателей с возможностью поддержки принятия решений по снижению негативного воздействия промышленных предприятий на атмосферу, контроля выбросов, а также передачи информации государственным органам. Потребительские





качества системы состоят в повышении эффективности технологических процессов предприятий и снижении ресурсных затрат, улучшении экологической ситуации в части загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов, предотвращении возможных проявлений неблагоприятных экологических ситуаций. К преимуществам внедрения АСКВ относят выполнение требований законодательства, непрерывный контроль экологической ситуации и получение реальной картины по выбросам и сбросам предприятия, оперативное реагирование на аварийные ситуации, улучшение возможностей контроля технологических процессов, повышение производственной дисциплины и внедрение природоохранных технологий, а также возможность получения государственной поддержки при внедрении систем.



**Рис.3. Общий вид программного обеспечения многофункционального комплекса телеметрии “Софт:Сигнал”-Ш-С-СИ v.Есо с системами жизнеобеспечения на базе промышленных контроллеров**

*Исследования проводились и финансировались в рамках гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники 2022 года «Совершенствование автоматизированной системы экологического мониторинга на основе разработки модуля прогноза загрязнения окружающей среды и модуля поддержки принятия управляющих решений по обеспечению экологической безопасности промышленно развитых регионов».*

**Библиографический список:**

1. Andrianov D.E., Algorithm of representation of complex topological relations in geoinformation systems / D.E. Andrianov, A.V. Bulaev // Digital signal processing and its applications, march 29-31 2006: Proceeding of the 8-th international conference. Release VIII – 2. – Moscow.: RSTSREC, 2006. P. 669.
2. Andrienne Schmitz, Deborah L Brett Real Estate Market Analysis: A Case Study Approach. Urban Land Institute, 2001. 240 p. 110. C. Szyperki. Component Software HI. Beyond Object-Oriented Programming. Boston, MA: Addison-Wesley and ACM Press, 1998. SIMONE Software, 2007. [Электронный ресурс]. SIMONE Research Group <http://www.simone.eu/>.

3. Billinton R., Singh C. Static generating capacity reliability evaluation - *Proceeding of PSCC*. -2008.
4. Bostel A.J., Sagar V.K. Dynamic control system for AGVs. *Comput. and Contr. Eng.* – 2007. -№4. -P.165-176.
5. Лукьянов О.В., Баюкин М.В., Нечехухин К.К. Оснащение стационарных источников выбросов автоматическими средствами контроля // *Экология производства*. – 2017. - № 6. – С. 24-28.
6. Цифровизированная система мониторинга газовых выбросов полигонов промышленно-бытовых отходов с использованием летательных беспилотников/ В.П. Мешалкин, В.М. Панарин, А.А. Маслова, С.А. Савинкова // *Экология и промышленность России*. 2022. Т. 26. № 8. С. 4-9.
7. Информационно-измерительная система прогнозирования и предупреждения аварийных выбросов газа в атмосферу/ В.М. Панарин, Л.Э. Шейнкман, А.А. Маслова, Г.Ю. Царьков, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка// *Экология и промышленность России*. 2020. Т. 24. № 5. С. 9-13..
8. Оснащение стационарных источников вредных (загрязняющих) веществ автоматическими средствами контроля промышленных выбросов объектов 1-ой категории/ В.М. Панарин, Н.А. Рыбка, А.А. Маслова, В.В. Сергеечев, И.Ю. Загуменнов// *Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль*. - 2019, № 4 (30). – С. 13-20.
9. Автоматизированная система удаленного экологического мониторинга на промышленных объектах/ М.В. Панарин, А.А. Маслова, Н.А. Рыбка, Е.М. Рылеева, К.В. Гришаков // *Ежемесячный научно-производственный журнал «Экологические системы и приборы»*. – 2019. - №6. – С.9-13.
10. Прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона в информационно-измерительных и управляющих системах мониторинга атмосферы/ В.М. Панарин, Н.А. Рыбка, А.А. Маслова// *Ежемесячный научно-производственный журнал «Экологические системы и приборы»*. – 2019. - №5. – С.18-24.



УДК 502.3:502.175:658.274

## **СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

**Панарин В.М., Маслова А.А.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*В статье рассмотрена автоматизированная система удаленного экологического мониторинга на промышленных объектах, которая состоит из двух комплексов: по загрязнению атмосферного воздуха и загрязнению поверхностных вод промышленными предприятиями. Показаны преимущества применения именно этих технических решений. Предлагаемая*



*автоматизированная система позволяет обеспечить широкий спектр подключаемого оборудования для экологического мониторинга, автономность работы систем телеметрии, возможность расширения функционала текущих решений.*

*Ключевые слова: автоматизированная система, экологический мониторинг, загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение промышленных предприятий, каналы передачи данных, удаленный мониторинг.*

В результате деятельности промышленных предприятий в приземный слой атмосферы и водные объекты выбрасывается значительное количество вредных веществ, оказывающих негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. В последнее время, несмотря на то, что количество промышленных предприятий снизилось, количество аварийных ситуаций, в том числе и с выбросом вредных веществ, значительно возросло. Жизнь и здоровье персонала и жителей окрестных территорий при возникновении аварийной ситуации на таких объектах находятся под угрозой. Анализ существующих в настоящее время работ в области экологического мониторинга показал, что они сопровождаются не только материальными потерями, но и огромными человеческими жертвами и ухудшением здоровья населения прилегающих территорий, поэтому в условиях загрязнения водных объектов и атмосферного воздуха важное значение имеет скорость и достоверность получаемой информации. Развитие промышленности требует все большего внимания к контролю загрязнения водных объектов и атмосферного воздуха вредными веществами. Решение подобных задач не возможно без создания автоматизированной системы удаленного экологического мониторинга на промышленных объектах [1-6].

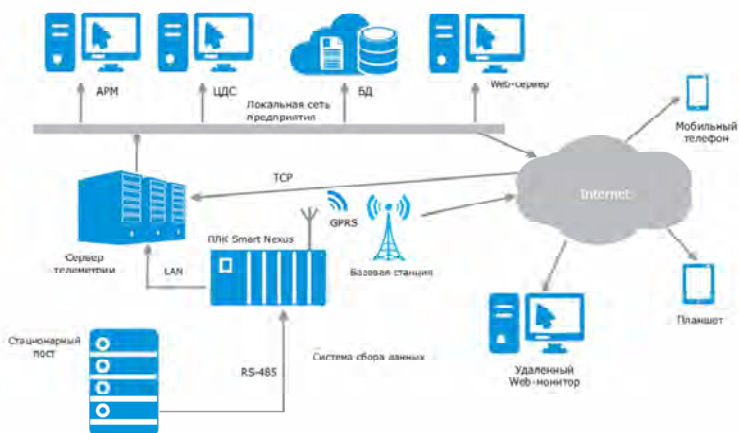
В связи с этим, на государственном уровне в России разработаны и реализуются Федеральная и, входящие в нее, региональные целевые программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации». В перечне критических технологий развития науки и техники в РФ присутствует раздел «Технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы». Важное место в реализуемых проектах и программах отводится разработке и внедрению автоматизированных систем мониторинга загрязнения окружающей среды для поддержки принятия управленческих решений.

Коллективом кафедры охраны труда и окружающей среды Тульского государственного университета совместно с группой компаний «Сервис Софт» была разработана такая система. Первый ком-

плекс системы предназначен для получения основных параметров текущего состояния погодных условий и загрязнения атмосферного воздуха. Имеет функцию прогноза погоды, которая учитывает координаты места расположения комплекса, время года, текущее значение атмосферного давления и его изменение, скорость и направление ветра, температуру и влажность воздуха, количество осадков, состояния почвы, загрязненности воздуха и радиационного фона. Передача данных осуществляется по беспроводному каналу GSM/GPRS на удаленный сервер сбора и обработки данных.

В автоматизированной системе удаленного экологического мониторинга на промышленных объектах можно выделить следующие элементы: экологические данные (замеры концентрации вредных веществ); метеорологические данные (температура воздуха, скорость и направление ветра, давление, влажность); данные о предприятии; датчики для осуществления замеров; метеостанция; сетевое и оконечное оборудование; пункт сбора данных; подсистема обработки информации; карта или схема местности; данные о выбросах; оператор или лицо, принимающее решение [7-8].

На рисунке 1 представлена схема работы автоматизированной системы удаленного экологического мониторинга на промышленных объектах по загрязнению атмосферного воздуха. На рисунке 2 показано оборудование для стационарного поста мониторинга загрязнения атмосферного воздуха.



**Рис. 1.** Схема работы автоматизированной системы удаленного экологического мониторинга на промышленных объектах по загрязнению атмосферного воздуха



На схеме видно, что накопление экологических данных на сервере осуществляется с помощью стационарных постов мониторинга, соединенных с сервером по различным каналам связи. Кроме того, в системе имеется дополнительное программное обеспечение, установленное на компьютерах пользователя, которое позволяет операторам видеть актуальную экологическую информацию.

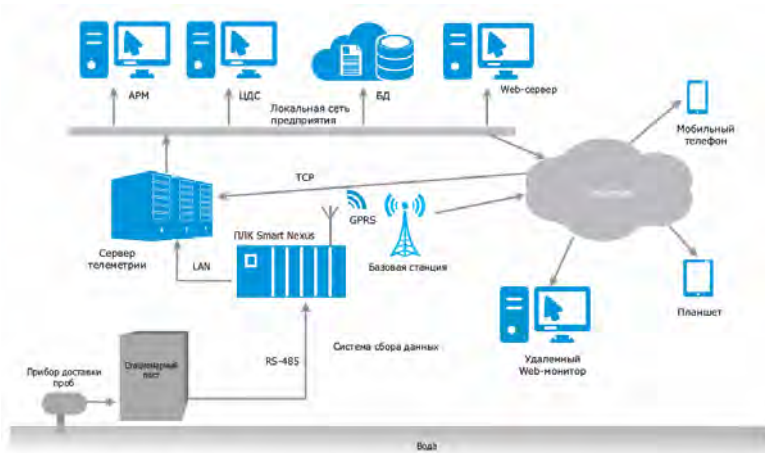
Второй комплекс по мониторингу загрязнения поверхностных вод промышленными предприятиями разработан по аналогии с первым. Схема работы автоматизированной системы удаленного экологического мониторинга по загрязнению водных объектов представлена на рисунке 3. Стационарная береговая автоматическая станция многокомпонентного контроля качества поверхностных вод показана на рисунке 4.



Рис. 2. Оборудование для стационарного поста мониторинга загрязнения атмосферного воздуха

Вся информация со стационарных постов собирается на сервере приема-обработки данных. Установленное на нем программное обеспечение открывает Интернет-соединение с контроллером телеметрии и получает данные с поста в зашифрованном формате. Полученные показания с комплекса обрабатываются и помещаются в базу данных для длительного хранения и предоставления в интерфейс пользователя.

Для каждой точки мониторинга была разработана программа наблюдений, включающая перечень веществ, подлежащих контролю, состав средств и методов измерения или расчета, частоту и сроки. Предлагаемая аппаратная часть системы состоит из нескольких блоков, таких как блок управления, газоанализаторы, метеостанция, персональный компьютер для сбора локальной информации.



**Рис. 3. Схема работы автоматизированной системы удаленного экологического мониторинга по загрязнению водных объектов**



**Рис. 4. Стационарная береговая автоматическая станция многокомпонентного контроля качества поверхностных вод**



Для решения задачи мониторинга загрязнения водных объектов и атмосферы наиболее эффективно применение сети GSM для организации каналов передачи данных. Это позволяет создать единую автоматизированную систему мониторинга с обоснованием загруженности каналов передачи информации, что обеспечит надежность работы системы в целом. Такое решение обеспечивает сбор и хранение информации о местоположении и состоянии потенциально опасных объектов с помощью GPS/ГЛОНАСС и передачу ее с заданной периодичностью с помощью GSM сети в центр информационной системы. Вся информация, отображенная на электронных картах города, области или страны, поступает от всех устройств контроля, которые встроены на объекте [9].

Параллельно с приборной базой разработан Web-сервис системы экологического мониторинга, который позволяет проводить:

- настройку и ввод в эксплуатацию оборудования;
- диагностику и ремонт;
- поверка средств измерения.

Web-сервис предоставляет доступ к Web-интерфейсу комплекса на любом Интернет-браузере ПК или мобильного устройства. Web-интерфейс позволяет наблюдать текущее состояние метеорологических и экологических показателей, формировать отчеты и графики по различным группам параметров за выбранный промежуток времени, производить анализ статистической информации и многое другое [10].

Преимущества данного Web-сервиса системы экологического мониторинга:

- высокое быстродействие;
- удобный интерфейс;
- стабильность работы;
- возможность подключения библиотек устройств;
- ведение внутренней статистики работы;
- защита от внешних воздействий.

Внедрение автоматизированной системы удаленного экологического мониторинга на промышленных объектах имеет ряд преимуществ: непрерывный контроль, удаленное управление, оперативное реагирование, контроль доступа, интеграция системы мониторинга, снижение расходов на обслуживание, накопление статистических данных. Разработанная система позволяет обеспечить широкий спектр подключаемого оборудования для экологического мониторинга, автономность работы систем телеметрии, возможность расширения функционала текущих решений.

Исследования проводились и финансировались в рамках гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники 2022 года «Совершенствование автоматизированной системы экологического мониторинга на основе разработки модуля прогноза загрязнения окружающей среды и модуля поддержки принятия управляющих решений по обеспечению экологической безопасности промышленно развитых регионов».

**Библиографический список:**

1. *Creation of automated control system of environmental safety of an industrial complex/ O.A. Ivashchuk, O.D. Ivashchuk, I.S. Konstantinov, A.V. Mamatov// ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. vol. 9, no. 11, November 2014/*
2. *Batzias F. and Siontorou C.G. A Novel System for Environmental Monitoring Through a Cooperative/Synergistic Scheme between Bioindicators and Biosensors. Journal of Environmental Management. 2007. 82(2): 221-239.*
3. *Ballagour A.A., Ballagour L.A. and Khroustalev A.A. The System of Sanitary-Ecological Automated Monitoring of Environmental Situation Based on IP-Communications. Ecology and Industry of Russia. 2012. 4: 50-53.*
4. *Juan Moreno Navas, Trevor C. Telfer and Lindsay G. Separability indexes and accuracy of neuro-fuzzy classification in Geographic Information Systems for assessment of coastal environmental vulnerability. Ecological Informatics. 2012. 12(November): 43-49.*
5. *Автоматизированная система управления промышленной безопасностью объектов топливно-энергетического комплекса на основе анализа и мониторинга рисков/ Д.А. Шавалеев, Р.А. Шайбаков, Н.Х. Абдрахманов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013. № 1 (91). С. 92-100.*
6. *Возможности современной системы мониторинга атмосферных загрязнений урбанизированных территорий (на примере г. Москвы) Часть 1. Автоматические станции контроля загрязнений атмосферы и промышленных выбросов/ С.С. Воронич, А.Г. Хлопаев, Ю.С. Шадская, Н.Н. Роева [и др.]// Экологические системы и приборы. 2013. № 1. С. 21-27.*
7. *Маслова А., Панарин В., Гришаков К., Рыбка Н., Селезнева Д. Система автоматизированного контроля температуры и загазованности для дистанционного мониторинга состояния утилизированной свалки коммунальных отходов// Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 11. С. 14–18.*
8. *Мешалкин В.П., Панарин В.М., Рыбка Н.А., Горюноква А.А. Оценка рассеивающей способности атмосферы химического комплекса и особенности его мониторинга (на примере города Новомосковска тульской области)// Химическая промышленность сегодня. 2017. № 4. С. 29-34.*
9. *Разработка автоматизированных систем мониторинга загрязнения атмосферы объектами газовой и химической промышленности/ К.В. Гришаков, В.М. Панарин, А.А. Горюноква// Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 8: в 2 ч. Ч. 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. – С.44-50.*
10. *Организация мониторинга загрязнения атмосферы химически опасными объектами/ В.П. Мешалкин, В.В. Лесных, А.В. Путилов, А.А. Горюноква// Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Цветные металлы». – 2015. - №4. – С. 85-88.*







УДК 504.064.4

## СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА СНЕЖНЯНСКОМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗАВОДЕ

**Козырь Д.А., Заблоцкая Е.В.**

*Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия*

*В статье рассмотрено негативное воздействие выбросов Снежнянского машиностроительного завода на атмосферный воздух. Определены источники выбросов, имеющие наибольший вклад в загрязнение атмосферы на границе санитарно-защитной зоны. Предложены природоохранные мероприятия с учетом наилучших доступных технологий в гальваническом производстве.*

*Ключевые слова: выбросы, гидроксид натрия, гальваническое производство, наилучшие доступные технологии, атмосферный воздух.*

Общий объём выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов (без учета выбросов диоксида углерода) в Донецкой Народной Республике в 2017 году составил 409,566 тыс. т. В среднем одним предприятием было выброшено 628,5 т загрязняющих веществ. Одним из таких предприятий – загрязнителей атмосферного воздуха является Снежнянский машиностроительный завод («СМЗ»). «СМЗ» производит комплектующие детали к авиационным двигателям и товары народного потребления. Лопатки компрессора газотурбинных двигателей являются самыми массовыми и в то же время одними из самых нетехнологичных деталей. В структуре общей трудоемкости их изготовление составляет 20-30 %. Из них до 50-70 % занимают полировальные работы [1].

В состав «СМЗ» входит 11 цехов – механические, гальванический, кузнечнопрессовый, строительный, цех теплоснабжения, ремонтно-механический, инструментальный и автотранспортный. Для снижения негативного действия промышленного предприятия на атмосферный воздух необходимо выявить источники выбросов с наибольшим вкладом и разработать природоохранные мероприятия с учетом наилучших доступных технологий.

Процесс нанесения гальванических покрытий включает в себя ряд последовательных операций с использованием растворов различных щелочей, кислот и их солей. В результате чего, с зеркала ванны в воздух выделяются опасные пары и аэрозоли - выбросы 1 и 2 классов опасности. Гальваническое производство является одним из наиболее

опасных источников загрязнения окружающей среды, главным образом поверхностных и подземных водоемов, ввиду образования большого объема сточных вод, содержащих высокотоксичные соединения [3].

С целью снижения вредных выбросов от гальванических ванн в атмосферный воздух оптимальным решением является использование технологических методов высокоэффективной очистки. Брызги, пары и аэрозоли кислот и щелочей целесообразно подвергать очистке при помощи абсорбции и фильтрации.

Целью работы является оценка влияния «СМЗ» на состояние атмосферного воздуха и разработка мероприятий по его снижению. Объектом исследования являются выбросы загрязняющих веществ при работе «СМЗ».

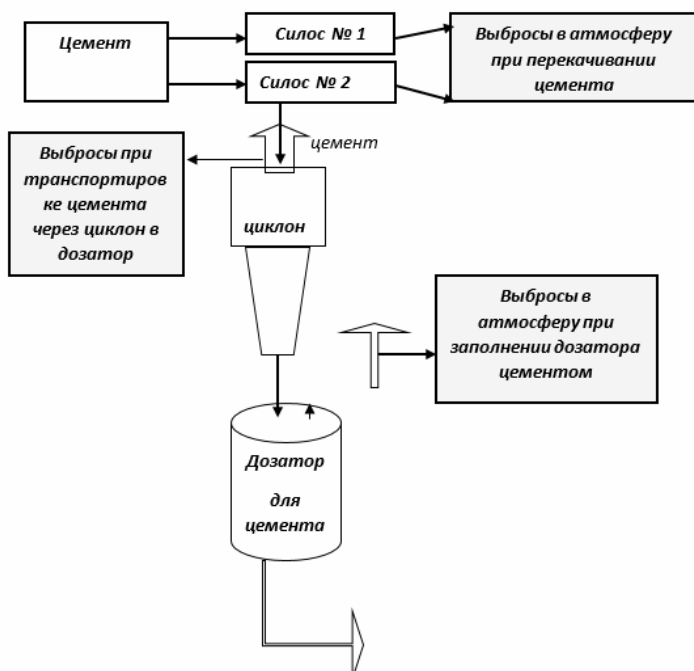
Оценка влияния выбросов загрязняющих веществ на состояние атмосферного воздуха осуществляется по данным результатов расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Результаты расчетов выбросов загрязняющих веществ при работе «СМЗ» и сравнение их с ПДК, с учетом высоты источников показали, что расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере целесообразно проводить по взвешенным веществам и натрию гидроокиси.

Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе выполнялся с применением унифицированной программы расчёта загрязнения атмосферы «Эколог». Расчет концентраций загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы выполнен с учетом максимальных выбросов каждого источника и наиболее опасных скоростей и направлений ветра, а также с учетом фонового загрязнения атмосферы. «СМЗ» относится к предприятиям IV класса с санитарно-защитной зоной 100 м. Санитарно-защитная зона выдержана.

Анализ проведённого расчета рассеивания показал превышение концентраций загрязняющих веществ с учетом фонового загрязнения по взвешенным частицам (1,00 ПДК) и гидроксиду натрия (1,00 ПДК) на санитарно-защитной зоне предприятия.

Источником основного вклада в загрязнение атмосферы взвешенными веществами является растворобетонный узел. При перегрузке цемента и при приготовлении растворобетонной смеси в атмосферный воздух выделяются взвешенные вещества. Блок-схема технологического процесса на растворобетонном узле представлена на рисунке 1. Цемент на растворобетонный узел доставляется цементовозом. Далее под давлением цемент перекачивается из цементовоза в силос через гофрированный рукав с помощью компрессора. В емкость цементовоза подается сжатый воздух, который перемешивается с це-

ментом и направляется вверх по трубе в силос. В верхней части силоса находится патрубок, через который разреженный воздух попадает в атмосферу. На участке находятся четыре силоса для цемента. Цемент с помощью пневматического винтового подъемника для цемента под давлением закрытым трубопроводом направляется в циклон. В циклоне цемент опускается по трубе в дозатор. Для снижения выбросов взвешенных веществ при работе растворобетонного узла рекомендуется устройство рукавного фильтра, с эффективностью очистки 99 %.



**Рис.1.** Блок-схема технологического процесса на растворобетонном узле

Основной вклад в загрязнение атмосферы гидроксидом натрия вносит участок изготовления штампов. Электрохимическая обработка штампов сопровождается выделением в атмосферу гидроксида натрия и двуоксида азота. Технологический процесс представляет собой процесс анодного растворения при прохождении тока через электролит в зазоре между деталью и инструментом соответствующей формы. Ток, проходящий между катодом-инструментом и анодом-заготовкой, вызывает растворение поверхности анода, в результате чего в нем вос-

производится профиль катода-инструмента посредством углубления отрицательной формы. В установках для электрохимической обработки штампов используется электролит, состоящий из 15-17 % водного раствора  $\text{NaNO}_3$ .

Согласно ИТС 36–2017 «Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов» для технологического процесса нанесения гальванических покрытий - электрохимическая обработка в растворах щелочи (анодное снятие шлама, обезжиривание, оловянирование, цинкование в щелочных электролитах, снятие олова, окислирование меди, снятие хрома и др.) рекомендуется установка очистного оборудования [2]:

- фильтры-туманоуловители ФВГ. Корпус фильтра представляет собой воздухопровод прямоугольной формы с фланцами для присоединения к горизонтальному участку газохода. Внутри корпуса расположена фильтрующая кассета, снаряженная иглопробивным материалом из полипропиленового волокна (рисунок 2);



**Рис. 2. Очистное оборудование при электрохимической обработке (фильтр волокнистый гальванический)**

- сепараторы, встраиваемые в бортовой отсос. Сепаратор - цилиндрический сосуд с эллиптическим днищем и крышкой, защищенной внутри бронями. В верхней части сепаратора установлена ловушка для улавливания частиц щелочи (рисунок 3).

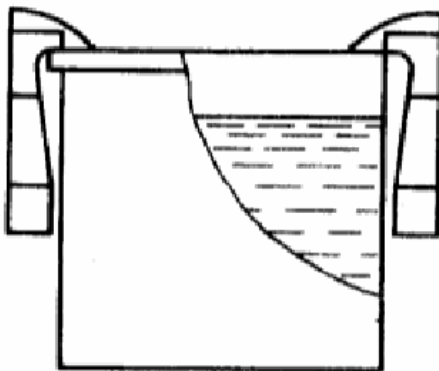


Рис. 3. Очистное оборудование при электрохимической обработке (двубортный бортовой отсос)

Максимальное количество выбросов гидроксида натрия согласно ИТС 36-2017 будет составлять  $11 \text{ мг/м}^3$ . Бесперебойность очистки выбросов достигается установкой в вытяжной системе двух очистных аппаратов (фильтр ФВГ и двубортный бортовой отсос с сепаратором), причем при временном отключении одного из них другой должен обеспечивать необходимую пропускную способность и эффективность.

Применение рукавного фильтра при работе растворобетонного узла, а также бортового отсоса с сепаратором и фильтра ФВК при электрохимической обработке штампов позволит снизить выбросы взвешенных веществ и гидроксида натрия в атмосферный воздух и достичь санитарных нормативов на границе санитарно-защитной зоны (0,45 ПДК на границе санитарно-защитной зоны с учетом фоновго загрязнения по взвешенным веществам и гидроокиси натрия).

#### **Библиографический список:**

1. Зингер, Е. Ю. Очистка атмосферного воздуха от выбросов загрязняющих веществ гальванического производства / Е. Ю. Зингер, П. Е. Нор // *Актуальные вопросы энергетики : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Омск, 14–15 мая 2021 года / Редакция: П.А. Батраков (отв. ред.) [и др.]*. – Омск: Омский государственный технический университет, 2021. – С. 139-142.
2. ИТС 36–2017 «Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов».
3. Михайлов, Б. Н. Экологические и ресурсосберегающие аспекты гальванотехники / Б. Н. Михайлов, Р. В. Михайлов // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. – 2015. – № 2(97). – С. 173-183.



УДК 574:543.3

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Панарин В.М., Рылеева Е. М., Сергеева Е.В.**

*Тульский Государственный Университет, г.Тула, Россия*

*Проведен анализ качества поверхностных вод Тулы и Тульской области. Выявлены и охарактеризованы источники загрязнения гидросферы и их влияние на поверхностные воды Тульской области. Сформированы таблицы и диаграммы содержания загрязняющих веществ.*

*Ключевые слова: загрязнение поверхностных водных объектов, сточные воды, водоотведение.*

В настоящее время Тульская область характеризуется крайне низким качеством поверхностных вод, что в свою очередь свидетельствует о наличии в них загрязняющих веществ, которые поступают высокими объемами после отработки промышленных предприятий.

Мониторинг загрязнения поверхностных вод Тульской области ФГБУ «Тульского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) (Тульский ЦГМС) является важным мероприятием, поскольку позволяет оценивать уровень состояния всех водных объектов области. Они ежегодно наблюдают за состоянием вод, анализируют и сравнивают статистические химические данные, а далее обрабатывают полученную информацию в 21 створах [4]. Оценку уровня загрязнения водных объектов Тульской области можно увидеть в приведенной таблице 1.

В большей степени во многих водотоках наблюдается большое количество загрязняющих веществ, которые поступают из речных водоемов с общего водосбора. Причем объемы загрязнений вод непосредственно связаны со спецификой и масштабом промышленных предприятий, что в целом негативно отражается на статистических гидрохимических показателях загрязнения поверхностных вод области (рис.1).

На сегодняшний день можно отметить значимую проблему критического загрязнения поверхностных вод Тульской области. В первую очередь она свидетельствует о плохом водоотведении загрязненных объектов. Также многие промышленные объекты машиностроительной и металлообрабатывающей отрасли недостаточно уделяют внимание очищению водные ресурсы. На ниже приведен-



Таблица 1

Местоположение створов контроля качества поверхностных вод р.Упа

№ ство-ра	Водный объект	Пункт наблюдения	Привязка
1	р. Упа	п. Ломинцевский	Выше п. Ломинцевский, 1,5 км выше вп. р. Деготна, у моста
2	р. Упа	п. Ломинцевский	Ниже п., в черте н.п. Прилепы, у а/д моста
3	р. Упа	г. Тула	3 км выше г. Тулы, 0,5 км ниже вп. р. Шат, 19,5 км выше гидропоста
4	р. Упа	г. Тула	0,5 км ниже г. Тулы, 1,3 км ниже вп. р. Воронка
5	р. Упа	г. Тула	19 км ниже г. Тулы, 4,5 км ниже вп. р. Волоть, у моста
6	р. Упа	д. Орлово	В черте дер. Орлово, 0,6 км ниже вп. р. Плава, 0,8 км выше гидропоста
7	р. Упа	д. Кулешово	В черте дер. Кулешово, 5 км вышеустья, у моста

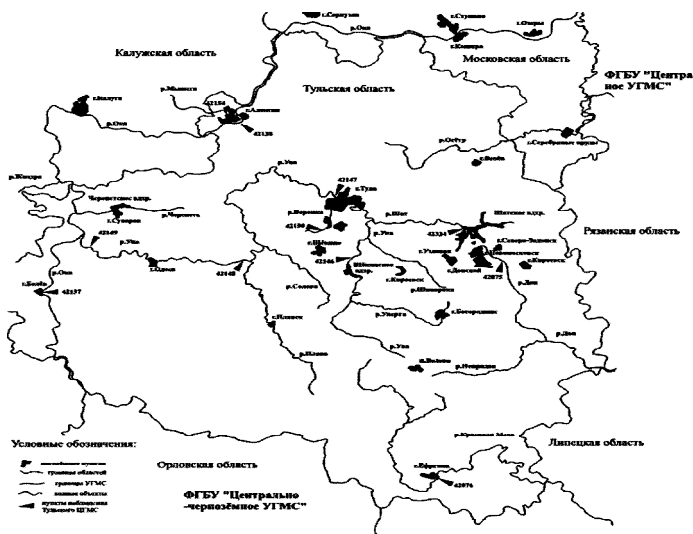


Рис. 1. Карта-схема размещения центров наблюдения за загрязнением поверхностных вод на территории Тульского ЦГМС – филиала ФГБУ «Центральное УГМС» [4]

ных диаграммах (рис 2. и рис.3) можно увидеть статистические данные показателей сброса сточных вод промышленных отраслей Тульской области за анализируемый период в 2020 г. [1].

В таблице 2 представлены статистические данные уровня качества поверхностных вод Тульской области за анализируемый период – 2019 г. (таблица 2).

**Таблица 2**

Качество природной воды водных объектов Тульской области в 2019 году [2]

Название водного объекта Тульской области	Класс и разряд загрязнения		Превышение ПДК по показателям	Критические показатели качества	Уровень загрязненности
	Фоновый створ	Контрольный створ			
р. Дон (г. Донской)	4 Б	4 А	10/14	БПК <sub>5</sub> , аммонийный азот	средний
р. Красивая Меча (г. Ефремов)	3 А	3 Б	9/14	БПК <sub>5</sub> , ХПК, биогенные элементы	средний
р. Ока (г. Белев)	3 А	3 Б	8/14	БПК <sub>5</sub> , ХПК, нитритный азот	средний
р. Ока (г. Алексин)	3 Б	4 А	8/14	БПК <sub>5</sub> , ХПК, общее железо, медь	средний
р. Упа (п. Ломинцевский)	4 А	4 А	11/14	БПК <sub>5</sub> , ХПК, нитритный азот	средний
р. Упа (г. Тула)	4 А	4 Б	12/14	БПК <sub>5</sub> , медь, нитритный азот, аммонийный азот	средний
р. Упа (д. Орлово – д.Кулешово)	4 А	4 А	9/14	БПК <sub>5</sub> , ХПК, сульфаты, аммонийный азот	средний
р. Воронка (д. Ясная Поляна)	4 Б	4 Б	10/14	БПК <sub>5</sub> , медь, нитритный азот	средний
р. Мышега (г. Алексин)	4 Г	4 Г	11/14	БПК <sub>5</sub> , ХПК, нитритный азот, аммонийный азот.	средний

На рисунке 3 представлены промышленные предприятия Тульской области, из которых хочется выделить следующие.

АО «НАК «Азот» является отечественным химическим предприятием, который занимается выпуском азотных удобрений из аммиака. На сегодняшний день градообразующее предприятие г. Ново-





московска Тульской области занимает почетное лидерское место по объемам своей продукции и входит в состав холдинга «Еврохим».

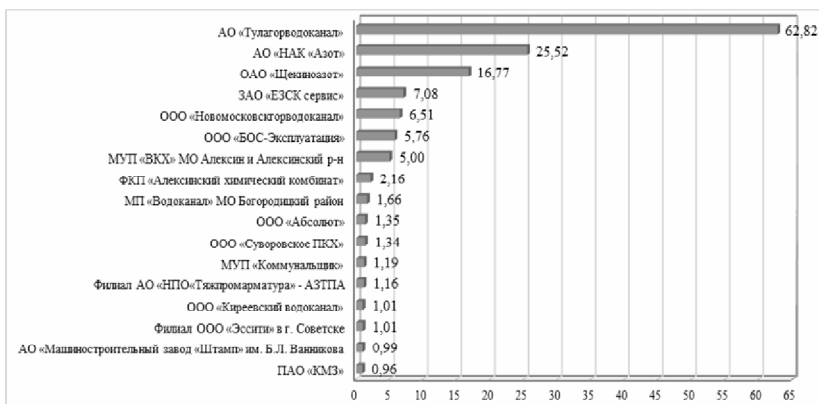


Рис. 2. Статистические данные по объему сброса сточных вод промышленными предприятиями Тульской области за анализируемый период 2020г.

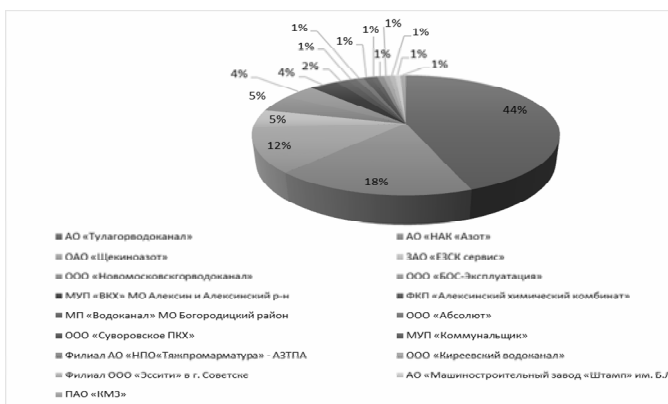


Рис. 3. Статистические данные доли сброса промышленных предприятий в общем объеме выпуска сточных вод [1]

ОАО «Щекиноазот» является промышленным предприятием, который выпускает для населения товары народного потребления – бытовую химию, линолеум, изделия из полиамидной нити и химическое оборудование. Для выпуска своей продукции предприятие использует различные химические продукты – метанол, капролактан, циклогексан, карбамидоформальдегидный концентрат, высококонцен-

трированный малометанольный формалин, фенолофо фенолоформальдегидные смолы, серную кислоту, сульфат аммония, диоксид углерода пищевого, инженерные пластики, полипропилен вторичный, ионообменные мембраны и многое другое.

Рассматривая статистические данные за анализируемый период – 2020 г. [1] и сравнивая их с предыдущим годом, следует отметить, что можно наблюдать незначительные изменения – произошло повышение общего сброса сточных, транзитных и прочих вод в целом на 0,17%. Здесь можно отметить уменьшение общего числа загрязненных сточных вод на 0,88%, а также на 0,53% - число загрязненных вод без очистной процедуры. Помимо всего, следует подчеркнуть, что наблюдается повышение на 1 млн. м<sup>3</sup> объема сточных вод, нормативно-очищенных на сооружениях очистки. К примеру, ООО предприятие «Воловский бройлер» из-за повышенного объема производства перешло на биологическую очистку, а ПП «Алексинская ТЭЦ» филиала ПАО «Квадра» - на механическую из недостаточно очищенных в нормативно-очищенные.

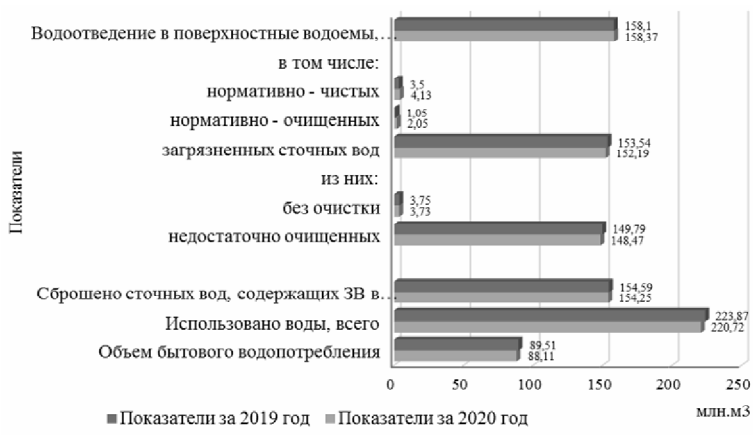


Рис. 4. Статистические данные водопотребления и водоотведения (общие)

За анализируемый период 2020 г. наблюдается уменьшение загрязнения объема веществ на 0,22%. В целом можно отметить, что подобное изменение в сточных водах области напрямую зависит от изменения у крупнейших предприятий. Статистические данные свидетельствуют об уменьшении в сточных водах Тульской области химических веществ – калия, кремния, магния и марганца у АО «НАК «Азот», нефтепродуктов – у АО «Тулагорводоканал», метанола, фено-



ла, формальдегида – у ОАО «Щекиназот» и т.д. Снижение говорит о том, что многие предприятия снизили выброс химических веществ из-за перехода на современные очистные сооружения, которые были созданы в феврале 2019 года.

Однако стоит подчеркнуть, что наблюдается и повышение других загрязняющих веществ у промышленных предприятий в пределах установленной нормы сброса [1]. Статистические данные водоотведения [1, 2] можно увидеть на представленных диаграммах (рис. 4-6).



Рис. 5. Статистические данные водопотребления и водоотведения в промышленных отраслях

Таким образом, статистические данные за анализируемый период показывают значительное превышение ПДК по химическим веществам – хлоридам, сульфатам, нитрату-аниону, взвешенным веществам, азоту аммонийному, нитритам, железу и прочим тяжелым металлам.

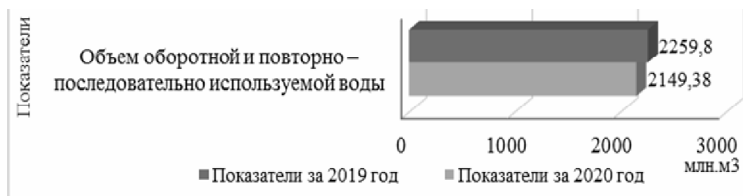


Рис. 6. Показатели объема используемой воды в промышленности

На рисунках 7 и 8 представлено сравнение концентраций загрязняющих веществ в период с 2016 по 2019 гг. [1-3].

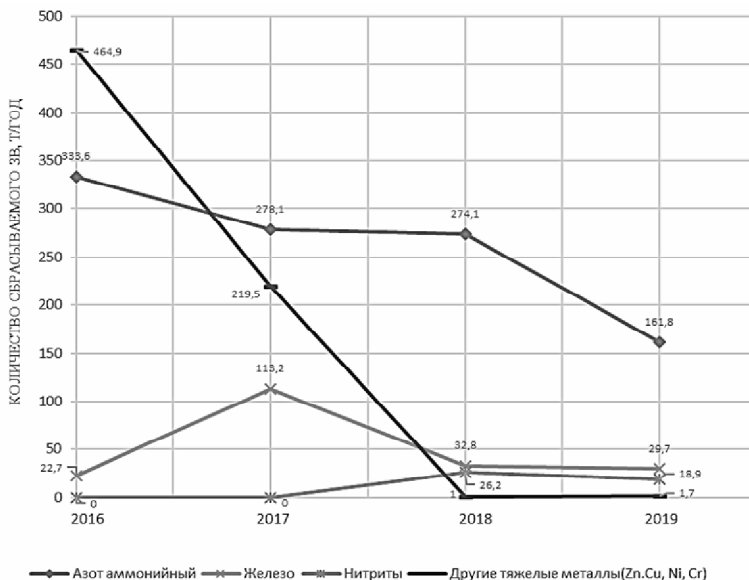


Рис. 7. Статистические данные по динамике загрязняющих веществ (азот аммонийный, железо, нитриты, соли тяжелых металлов), сброшенных предприятиями с 2016 по 2019 гг., т/год

На сегодняшний день многие промышленные предприятия Тульской области – это основные источники, которые загрязняют не только атмосферу, но и гидросферу водных объектов. Для того чтобы избежать подобного, промышленные предприятия должны принимать необходимые меры по защите водных объектов от повышения загрязняющих веществ.

Чтобы решить эту актуальную проблему загрязнения поверхностных вод промышленными стоками, промышленные предприятия должны разрабатывать действенные комплексные мероприятия, направленные на внедрение в эксплуатацию современных очистных сооружений, введение новых технологических процессов на предприятиях, переходить на более современные технологии, разрабатывать эффективные методы контроля качества поверхностных вод [5]. Таким образом, перечисленные меры позволят повысить качество водных ре-



сурсов и защитить их от большого объема загрязняющих химических веществ [5].

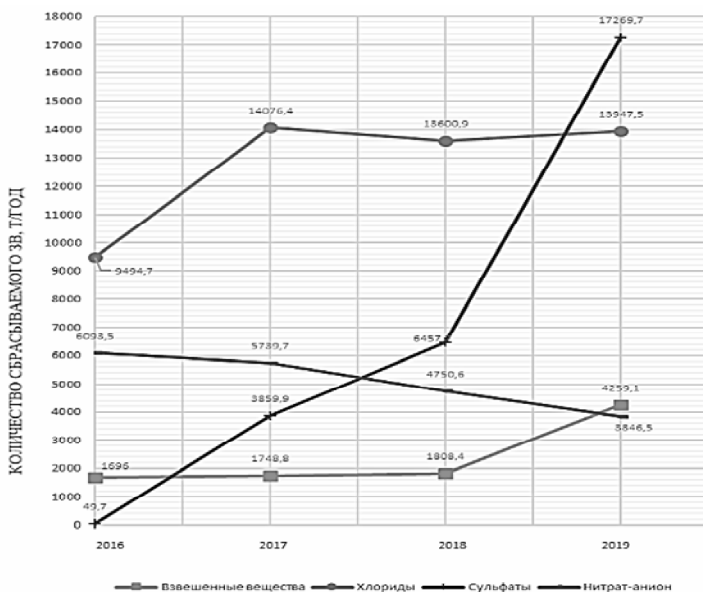


Рис. 8. Статистические данные по динамике загрязняющих веществ (взвешенные вещества, хлориды, сульфаты, нитрат-ион), сброшенных предприятиями с 2016 по 2019 гг., т/год

Данные исследования проводились и финансировались в рамках гранта правительства Тульской области ДС/283 в сфере науки и техники 2021 года.

#### Библиографический список:

1. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2020 год <https://ekolog.tularegion.ru/documents/>
2. «Доклад об Экологической ситуации в Тульской области за 2019 год» <https://ekolog.tularegion.ru/upload/iblock/e25/e25ffbcd194208f9c3daf58fb77872ab.pdf> ;
3. «Доклад об Экологической ситуации в Тульской области за 2018 год» <https://ekolog.tularegion.ru/upload/iblock/ee6/ee63762ea7ea189786e259169a5ac9ab.pdf> .
4. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Тульской области в 2019 году»
5. Патент «Система автоматизированного контроля параметров окружающей среды» <sup>(19)</sup> Ru <sup>(11)</sup> 2674568 <sup>(13)</sup> С1; G01W 1/04 (2006.01). Авторы: Панарин В.М., Рылеева Е.М., Рерих В.А., Панферова Ю.А.



УДК 564.49.04

## **РАЗРАБОТКА НОВЫХ АДСОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Зияева М.А.**

*ТашГТУ*

**Мавлянова М.Э., Абдурахимов А.А.Нажмутдинова Н.А.**

*ТАСИ. Г.Ташкент, Республика Узбекистан.*

*В статье рассмотрены некоторые вопросы создания новых адсорбентов на основе местных сырьевых ресурсов и отходов для очистки фенолсодержащих сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий. Изучены некоторые сорбционные свойства новых сорбентов.*

*Ключевые слова: природная глина, адсорбция, сырьевые ресурсы, отходы, очистки фенолсодержащих сточных вод, нефтеперерабатывающие предприятия.*

В настоящее время актуальной является проблема очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. При этом, все большее распространение, как в доочистке стоков, так и в водоподготовке получает простой в аппаратном оформлении, но чрезвычайно эффективный адсорбционный метод.

Кинетике сорбции органических веществ из водных растворов посвящено много работ [1-3], что связано, в частности, с необходимостью создания математической модели, позволяющей оценивать сорбционные свойства сорбентов без проведения дорогостоящих и длительных экспериментов. Однако в настоящее время создание такой единой модели адсорбции осложняется недостаточностью теоретических представлений о механизмах адсорбции молекул из растворов, которые обычно строятся на основе изучения возможности приложения различных теории адсорбции газов на твердых поверхностях. С практической точки зрения большое значение имеют две установленные закономерности. Первая определяет зависимость эффективности сорбции соединений одного гомологического ряда от их молекулярной массы на начальном этапе. При этом по мере увеличения длины углеводородной цепи адсорбата эффективность сорбции вначале увеличивается (что объясняется ростом константы адсорбционного равновесия), а при достижении молекулярной массы адсорбата некоторой критической величины из-за возникающих стерических препятствий



наблюдается обращение правила уменьшение эффективности сорбции с ростом молекулярной массы.

Вторая закономерность, определяя структуру поверхностного слоя, создает теоретические основы для целенаправленного выбора адсорбента в конкретных случаях, т.е. процесс адсорбции идет в сторону выравнивания полярности фаз адсорбента и очищаемого раствора тем эффективнее, чем больше первоначальная разность полярностей. Отсюда следует также, что адсорбция соединений менее полярных, чем вода, будет происходить эффективнее на поверхности неполярного адсорбента (уголь, вермикулит и т.д.), причем, тем интенсивнее, чем меньше растворимость или гидрофильность вещества. Сорбируемость, как и гидрофильность, зависит от строения соединений (входящих в его состав функциональных групп). При этом синтетические сорбенты, как правило, со значительно более высокой эффективностью, чем АУ (активированный уголь), удаляют лишь отдельные органические загрязнения. Кроме того, известные к настоящему времени природные сорбенты также как и синтетические, обладают большей, чем АУ, сорбционной емкостью лишь к отдельным органическим загрязнениям воды. При модификации природных сорбентов можно увеличить на несколько порядков сорбционную емкость, увеличение количества пор (в основном микро- и мезопор) также позволяет увеличить сорбционную емкость. В связи с тем, что универсальные сорбенты на основе АУ имеют высокую себестоимость, и большую проблему их регенерации, поэтому поиск и создание новых дешевых и эффективных сорбентов для очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов от фенолов является весьма актуальным на сегодняшний день.

Нами в качестве такого сорбента предлагается использовать СВЧ-модифицированную глину, содержащий фосфогипс – отход ОАО «Махам-Аммофос». Полученный сорбент представляет собой мелкодисперсный порошок с целым рядом ценных свойств, определяющих область его применения: высокая степень дисперсности; высокая химическая стойкость в разных средах; хорошо развитая активная удельная поверхность; экологическая чистота и безопасность применения.

Нами были проведены экспериментальные исследования по использованию СВЧ-модифицированных глин содержащий фосфогипс, в качестве сорбента для очистки концентрированных фенолсодержащих сточных вод НПЗ.

Изучение свойств модифицированной глины и процессов адсорбции и десорбции показало, что при СВЧ-обработке природной глины увеличивается ее удельная поверхность, в тот время как сорбционная площадка уменьшается (хотя она значительно превышает

размеры самих адсорбируемых молекул) (табл.1). В соответствии с размерами адсорбционной площадки можно сделать вывод, что в результате адсорбции фенолов на поверхности глинистых сорбентов образуется монослой, состоящий из адсорбированных молекул, ряд очень небольшой и обусловлен лишь диссоциацией (при определенных значениях pH среды) функциональных групп – SiOH–AlOH и SiOH–POH образующихся на гранях кристаллов. Следовательно, большее значение имеют минералы типа 2:1. Большой отрицательный заряд сосредоточен главным образом на базальной поверхности элементарных пакетов и нейтрализован обменными катионами щелочных и щелочноземельных металлов, расположенными в основном в межпакетных пространствах и в виде аквакомплексов, осуществляющими связь между пакетами. Глинистые минералы высокодисперсны, имеют развитую поверхность и являются хорошими сорбентами.

**Таблица 1**

Параметры адсорбционных слоев фенола и резорцина при адсорбции на различных глинах

Сорбент	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Адсорбат			
		Фенол		Резорцин	
		Г <sub>max</sub> , г/г	A, нм <sup>2</sup> /мол	Г <sub>max</sub> , г/г	A, нм <sup>2</sup> /мол
Монтмориллони- товая глина+ 3% фосфогипс (№ 1)	1103,5	0,02941	5,85685	0,03082	6,54021
то же 10 мин СВЧ	1310,6	0,06494	3,15025	0,06691	3,57792
то же 20 мин СВЧ	1337,2	0,06671	3,12891	0,07058	3,46072
Монтмориллони- товая глина+ 5% фосфогипс (№ 1 )	970,0	0,02607	5,80788	0,03484	5,08564
то же 10 мин СВЧ	1183,1	0,06014	3,07075	0,06526	3,31151
то же 20 мин СВЧ	1178,5	0,06149	2,99166	0,06601	3,26116

Для глинистых минералов, также как и для цеолитов, наряду с ионным обменом характерны физическая и молекулярная сорбция. Физическая сорбция обусловлена наличием некоторого избыточного отрицательного заряда на гранях кристаллов и поверхностных гидроксидных групп кислого и основного характера, способных к ионизации.





Наличие фосфатных и ОН-групп обуславливает также наблюдаемую у слоистых минералов небольшую способность к анионному обмену.

При молекулярной сорбции сорбируемые вещества располагаются между плоскостями пакетов, разрушая первоначальные аквакомплексы, но, не изменяя строения самих слоев. При этом расстояние между слоями увеличивается, так как глинистый минерал набухает внутри ламинарно, что отличает его от цеолита, не способного к набуханию. Благодаря этому глинистые минералы обладают высокой избирательностью к органическим ионам и молекулам, по отношению к которым их сорбционная способность даже выше, чем к неорганическим ионам. Это позволяет использовать их для очистки сточных вод от органических соединений.

Увеличение сорбционной емкости при обработке природных глин СВЧ–излучением мы считаем связанным, прежде всего с тем, что происходит частичное разрушение аквакомплексов, осуществляющих связь между пакетами, что способствует лучшему проникновению сорбируемых веществ к центрам сосредоточения отрицательных зарядов.

#### **Библиографический список**

1. Денисова В.В. *Промышленная экология: учебное пособие / под ред. В.В. Денисова: Ростов на Дону: Феникс: Издат. центр Март, 2009. – 720 с.*
2. Акимова Т. А., Кузьмин А.П. «Экология. Природа-Человек-Техника». - М., 2001. – 178 с.
3. ГОСТ 16188-70. Сорбенты. Метод определения сорбции.



УДК 574:543.3

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ ВОД ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ УПА**

**Панарин В.М., Рылеева Е. М., Сергеева Е.В.**  
*Тульский Государственный Университет, г.Тула, Россия*

*Проведено аналитическое исследование областных тульских поверхностных водных ресурсов с целью экологического мониторинга. Показаны результаты проведенного контрольного отбора проб в виде количественных и качественных показателей природной воды на участке реки Упа, получены данные*

*изменения уровня воды на гидрологическом посту ГП-I Орлово реки Упа.*

*Ключевые слова: мониторинг поверхностных водных объектов, сточные воды, водоотведение, загрязнение*

Мониторинг качества водных ресурсов используется для контроля и определения типа загрязнения, концентрации различных загрязнителей воды и смене тенденции, определяя характер использования водного объекта и вид его загрязнения. Это важное средство управления водными объектами и охраны водной среды.

Тульская область обладает 1682 речными объектами, как стабильно протекающими, так и пересыхающими в определенные периоды, общей протяженностью каналов порядка 10963 км. Большая часть из них не превышает 5 километров протяженностью, причем их совокупность достигает около 77 % всех областных водотоков с категорией малых рек региона. Исключая из-за размерности реки Ока, Дон, Упа и Красивая Меча, областные речные объекты имеют класс малых рек.

Анализируя характеристики речной сети в Тульской области, можно выделить следующие заключения:

1. Все областные речные ресурсы характеризуются чертами равнинного типа, ведь преобладает спокойное течение, а также малое падение из-за относительно небольшого высотного перепада истока и устья русла.
2. Режим питания областных речных русел описывается смешанным типом: в большей степени за счет накопления снега с дополнением питания дождями и грунтовыми водами. Все областные реки характеризуются значительными годовыми изменениями водного уровня и переменчивостью сезонного стока.
3. Максимальный речной водообъем составляет весной, когда обнаруживается около 75 % стока годового периода. В летний сезон даже при активном выпадении осадков, водонаполнение резко снижается, при этом речные каналы мелеют до циклического пересыхания самых малых веток.
4. Преобладающее количество областных речных объектов берет начало в границах области и проистекают от центрального региона с разной направленностью из-за специфики регионального рельефа.
5. Областные водные ресурсы относятся к двум главным речным бассейнам: Дона и Оки. В бассейн Оки в областных пределах включены 75 % площади Тульской области, к бассейну Дона – оставшиеся 25 %. Можно отметить, что в юго-восточном регионе орошение снабжается верхним течением Дона с подпорой прито-



ками, а большая остальная территория – речной систематикой Оки.

В тульских областных границах река Упа обладает своими притоками: правые - Уперта, Шат, Тулица, Шиворона, Сежа, Дубна, Колдняя; левые - Воронка, Солова, Мизгея, Плава.

Проведение наблюдений за качеством природной воды и порядок организации определен ГОСТ 17.1.3.07-82 и Методическими указаниями по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. Система эколого-аналитического мониторинга включает в себя 3 блока:

1. Контроль загрязнения в зонах существенного антропогенного воздействия.
2. Контроль загрязнения на региональном уровне.
3. Контроль загрязнения на фоновом уровне.

На рисунке 1 представлена схема экологического мониторинга.

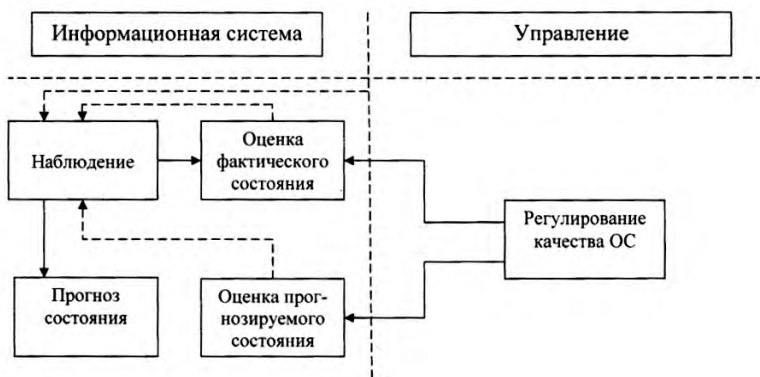


Рис. 1. Схема экологического мониторинга

В 2019г. Управлением Роспотребнадзора по Тульской области проводились мероприятия по гигиенической оценке водных ресурсов. Количество постоянных створов составило 53 (в 2018 г. - 53, в 2017 г. - 56). Специалистами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Тульской области» было проанализировано 868 проб природной воды (в 2018 г. - 891, в 2017 г. - 779) на санитарно-химические, микробиологические, паразитологические показатели и радиоактивные вещества, из них не соответствовало требованиям гигиенических нормативов — 69

пробы или 7,9% (2018 г. - 72 пробы (8,1%), 2017 г. -91 проба (11,6%)) [3, 4].

На соответствие санитарно-химическим нормам было исследовано 169 проб воды (2018 г. -150 проб, 2017г. - 167 проб), доля проб воды из водоемов, не соответствующих санитарным 10 требованиям по санитарно-химическим нормативам составила 24,8% (2018 г. - 24,7%, 2017г. - 26,3%).

В Тульской области регулярно выполняются мероприятия государственного мониторинга поверхностных водных объектов (ГМПВО) и водохозяйственных систем и сооружений (ГМВХС) с основанием на законодательную базу «Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов», утвержденного Постановлением Российской Федерации от 10 апреля 2007 года № 219 [5] и соответствующих приказов МПР РФ [6].

Качественные показатели водного забора р. Упа (район п. Ломинцевский) в 2020 году несколько улучшились: в верхнем створе с новым определением категории ЗБ «Очень загрязненная», а в нижнем – сохранился показатель 4А «Грязная». Завышенные цифры ПДК обнаружены по 8 показателям из общих 14, причем наибольшим долевым фактором ранжирования загрязненности на всем испытуемом участке составляют медьсодержащие соединения, органические загрязнители по БПК<sub>5</sub> и ХПК, а также нитриты азота. Полученные опытным путем показатели относятся к классификации с характерным устойчивым загрязнением низкого и среднего уровня. Подъем качественного показателя воды связан со спадом содержания ХПК и составляющих нефтепродуктов, но основной состав и уровни компонентов существенно не сменились. Концентрация водорастворенного кислорода не упала ниже 7,21 мг/дм<sup>3</sup>. В 2020 году зарегистрированы по БПК<sub>5</sub> 1 эпизод ВЗ выше района п. Ломинцевский и 2 эпизода ниже того же поселка. ЭВЗ не выявлено. [1].

В отчётном годовом периоде, в сравнении с 2019 годом, экспериментальные данные качества водного забора р. Упа (по г. Тула) в верхнем створе сохранились на прежнем уровне 4А «Грязная», ниже по течению и в замыкающем створе также сохранились в разрядном классе 4Б «Грязная». Завышения ПДК обнаруживаются по 8-10 показателям из 14. Концентрация присутствия нефтепродуктов отмечается увеличением в обоих верхних испытываемых створах. Наличие аммонийного азота сохранилось прежним, как и в предшествующем году. Концентрация нитритного азота незначительно снизилась на всем контрольном участке. В 2020 году в самом верхнем водном створе отмечены 2 эпизода ВЗ по БПК<sub>5</sub>, в створе же ниже впадения реки Воронка



1 случай ВЗ по БПК<sub>5</sub>, 3 - по нитритному азоту и 1 эпизод ВЗ по нефтепродуктам, к тому же в замыкающем речном створе задокументированы 4 случая ВЗ по БПК<sub>5</sub> и 4 ситуации ВЗ по нитритному азоту. ЭВЗ выявлено не было.

Качественные показатели воды на основных водных ресурсах Тульской области в 2020 году [1] представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика качества воды р. Упы за 2020 год

Название водного объекта Тульской области	Класс и разряд загрязнения		Превышение ПДК по показателям	Критические показатели качества	Уровень загрязненности
	Фоновый створ	Контрольный створ			
р. Упа (п. Ломинцевский)	3 Б	4 А	8-9/14	Медь, БПК <sub>5</sub> , ХПК, нитритный азот	средний
р. Упа (г. Тула)	4 А	4 Б	8-10/14	БПК <sub>5</sub> , медь, нитритный азот, аммонийный азот, нефтепродукты	средний
р. Упа (д. Орлово – д. Кулешово)	3 Б	3 Б	8-10/14	Нитритный азот, медь, БПК <sub>5</sub> , ХПК, сульфаты, аммонийный азот, нефтепродукты	средний

В ходе выполнения работы по разработке системы мониторинга загрязнения поверхностных вод Тульской области в 2022 году был проведен отбор контрольных проб природной воды для определения количественных и качественных показателей воды на участке реки Упы (таблица 2), располагающемся на территории города Тулы в трех точках. Выбор конкретных точек отбора проб обусловлен тем, что на территории города Тулы функционирует большое количество промышленных предприятий, а река Упа на территории города протекает в густонаселенных районах, жители которых ежедневно используют воду в процессе своей жизнедеятельности.

По итогу проведения анализа были выявлены превышения ПДК по следующим показателям: фосфат-ионы, взвешенные вещества, прозрачность, БПК<sub>5</sub>, нефтепродукты:

- фосфат-ионы в 1,5-3 раза, по всей протяженности рассматриваемого участка, за исключением точки, находящейся в районе набережной г. Тулы в 2020г.;

Таблица 2

## Результаты КХА проб природной воды

№ п/п	Определяемая характеристика, единицы измерения	Нормативное значение	Результаты анализа / место отбора проб / год отбора проб		
			Проба природной воды р. Упа в районе Павшинского моста	Проба природной воды р. Упа в районе набережной	Проба природной воды р. Упа в районе моста ПАО «Тулачермет»
1	рН, ед. рН	6-9	7,61	7,81	7,83
2	Ион аммония, мг/дм <sup>3</sup>	1,5	0,19	0,13	0,16
3	Нитрит-ион, мг/дм <sup>3</sup>	3	<0,02	<0,02	<0,02
4	Сульфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	500	163,3	168,1	158,5
5	Хлорид-ион, мг/дм <sup>3</sup>	300	44,7	40,4	43,2
6	Фосфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0,63	0,40	0,26
7	Взвешенные в-ва, мг/дм <sup>3</sup>	0,75	61,5	30,3	28,4
8	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2,0	2,9	6,7	7,2
9	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,080	0,50	0,148
10	Прозрачность, см	≥ 30	18,0	22,0	28

- взвешенные вещества, по всей протяженности рассматриваемого участка в оба отчетных года, причем в 2022г. выявлены значительные превышения – в конечном точке в 37 раз выше нормы, а в начальной в 82 раза;

- прозрачность также не соответствует установленному нормативу, варьируясь от 18 до 28 см, лишь в 2020г. в районе моста ПАО «Тулачермет», превышая 30 см, что является нормой;

- БПК<sub>5</sub> по всей протяженности рассматриваемого участка превышает норму в 1,5-3,4 раза, за исключением точки, находящейся в районе моста ПАО «Тулачермет» в 2020г.;

- нефтепродукты в 2022г. в районе набережной г. Тулы и моста ПАО «Тулачермет» превышают норматив в 5 и 1,5 раза соответственно.

Данные превышения нормативных значений свидетельствуют о том, что в настоящее время проблема загрязнения поверхностных вод различными примесями не решена и требует особого внимания.

Другой сложной и важной задачей мониторинга является непрерывный контроль за водонаполнением в реках в режиме реального времени.

Контрольное наблюдение за уровнями речных вод ведется ежедневно на специализированных пунктах - гидрологических постах (да-



лее ГП), главной задачей которых является циклическая или непрерывная регистрация показателей уровня подъема и спада водного объекта. Гидрологические постовые реперы закрепляют высоту начального отсчета данных в виде величины размещения превышения репера относительно плоскости отсчета нуля графика. В пределах Тульской области действуют 10 гидрологических постов: в Туле, Белеве, Алексине, Ефремове, Ясной Поляне, поселке Епифань, деревне Кукуй, деревне Мезеневке, деревне Захаровка и селе Орлово.

В Щекинском районе Тульской области организован ГП-Юрлово река Упа. Работа поста позволяет следить за состоянием реки Упа, одной из крупнейших рек Тульской области, являющейся правым притоком Оки.

Фиксирование наблюдений перепадов уровней воды на гидрологических постах выполняют, как правило, дважды в сутки: в 08.00 и 20.00 по местному времени. При наблюдении устойчивого уровня в некоторый период достаточно проводить контроль один раз в сутки в 08.00 утра. В случаях обнаружения больших суточных колебаний измерения производят чаще, порядка от 4 до 8 раз в сутки (рисунок 2).

ГП Орлово оснащен комплексом АГК ОТТ HydrometGmbH ОТТ PLS с датчиком температуры MetOne. АГК - автономный гидрологический комплекс, представляет собой сложную, комплексную измерительную систему, служащую для мониторинга гидрологических показателей в реальном времени. АГК измеряет уровень воды и температуры воды. Для удобства хранения и обработки гидрологической информации, поступающей от АГК, она передается в центр сбора данных пользователя с необходимой периодичностью в коде КН-15.



Рис. 2. Значение среднегодовых уровней воды ГП Орлово река Упа.

Данные уровня воды по измерениям СИ и АГК на ГП Орлово за январь 2021 года представлены в таблице 3.

**Таблица 3**

Уровни воды на ГП Орлово с 1 по 10 января 2021 года

Дата время	Уровень воды по АГК, см	Уровень воды по стандартному СИ, см	Отклонение измерений уровня воды АГК от стандартных СИ, см
01.01.2021	117	117	0
02.01.2021	121	125	-4
03.01.2021	116	121	-5
04.01.2021	114	118	-4
05.01.2021	114	118	-4
06.01.2021	113	117	-4
07.01.2021	113	117	-4
08.01.2021	113	117	-4
09.01.2021	113	116	-3
10.01.2021	113	116	-3

Анализируя данные таблицы 3 можно прийти к выводу, что данные СИ и АГК могут существенно отличаться. Для более точного измерения данных, необходимо усовершенствовать систему АГК методом автоматического машинного обучения (область искусственного интеллекта) и эволюционных вычислений.

*Данные исследования проводились и финансировались в рамках гранта правительства Тульской области ДС/283 в сфере науки и техники 2021 года.*

**Библиографический список:**

1. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2020 год <https://ekolog.tularegion.ru/documents/>
2. «Доклад об Экологической ситуации в Тульской области за 2019 год» <https://ekolog.tularegion.ru/upload/iblock/e25/e25ffbcd194208f9c3daf58fb77872ab.pdf> ;
3. «Доклад об Экологической ситуации в Тульской области за 2018 год» <https://ekolog.tularegion.ru/upload/iblock/ee6/ee63762ea7ea189786e259169a5ac9ab.pdf> .
4. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Тульской области в 2019 году»





5. «Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов», утвержденного Постановлением Российской Федерации от 10 апреля 2007 года № 219

6. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации Приказ от 8 декабря 2020 г. n 1030 Об утверждении порядка проведения собственниками объектов размещения отходов, а также лицами, во владении или в пользовании которых находятся объекты размещения отходов, мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую среду



УДК 622.1:622.016:622.83

## **КАТАЛОГ УЧАСТКОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ТЕХНОГЕННУМУ ВЛИЯНИЮ ДЕЙСТВУЮЩИХ И ЛИКВИДИРОВАННЫХ ШАХТ ТОРЕЗСКО-СНЕЖНЯНСКОГО РАЙОНА ДНР**

**Гулько С.Е.**

ГБУ «Донгипрошахт», г. Донецк, Россия

**Гомаль И.И.**

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Россия

*В данной статье проанализированы действующие нормативные документы и предложенные различными институтами методики выявления и построения провалоопасных зон. На основе этого анализа разработан в бумажном и электронном видах каталог, содержащий информацию об участках земной поверхности, подвергающейся техногенному влиянию действующих и ликвидированных шахт и возможного образования провалов.*

*Ключевые слова: техногенное влияние, провалоопасные зоны, мониторинг, каталог.*

Последствиями разработки подземных угольных месторождений являются образование на земной поверхности, расположенной над горными выработками, провалов и инициирование выделения шахтных газов. Известно, что провалы земной поверхности способны нанести непоправимый урон зданиям и сооружениям.

В настоящее время на территории Донецкой Народной Республики большое количество шахт находится в стадии ликвидации. Многие из них продолжают создавать вышеперечисленные угрозы, при

этом характерной особенностью этих угроз является нестабильность их проявлений.

Наиболее опасным районом по образованию провалов земной поверхности в Донбассе является Торезско-Снежнянский, так как в нем имеется большое количество шахт, залегающих на небольшой глубине и вскрытых наклонными стволами и шурфами.

Одним из способов снижения ущерба, наносимого народному хозяйству ликвидированными и действующими шахтами, является мониторинг состояния земной поверхности, поскольку обладание текущей информацией позволяет своевременно принимать превентивные меры. Для повышения эффективности мониторинга и снижения расходов, связанных с его проведением, институтом «Донгипрошахт» разработан «Каталог участков земной поверхности, подвергающихся техногенному влиянию действующих и ликвидированных шахт «Торезско-Снежнянского района Донецкой Народной Республики» (далее «Каталог...»).

Цель статьи – повышение уровня безопасности жизнедеятельности на земной поверхности, подвергающейся техногенному влиянию действующих и ликвидированных шахт путем выделения провалоопасных зон и оптимизации мониторинга.

Действующим нормативным документом для определения зон по опасности возникновения провалов можно считать ГСТУ 101.00159226.001 [1]. Данный стандарт регламентирует условия образования провалов от очистных и подготовительных работ.

Еще одним действующим нормативным документом, который может быть применим для определения провалообразования, является КД 12.12.005 [2], разработанный институтом «Донгипрошахт» совместно с РАНИМИ. В нем даны основные методические положения по мониторингу за ликвидированными стволами, которые можно применить и к провалоопасным зонам над шурфами, стволами, подготовительными и очистными горными выработками ликвидируемых шахт.

Полноценной методикой выделения провалоопасных зон является «Методическое руководство о порядке выделения провалоопасных зон и выбора комплекса технических мероприятий по выявлению и ликвидации пустот при ликвидации шахт» [3]. Она разработана для условий Кузнецкого, Челябинского, Кизеловского и Печорского бассейнов, месторождений Урала и Приморского края. Для условий Восточного Донбасса разработан отдельный документ – «Методическое руководство «О порядке выделения провалоопасных зон и выбора комплекса технических мероприятий по выявлению и ликвидации пустот на ликвидируемых шахтах Восточного Донбасса» [4].



Институт РАНМИ разработал собственную методику [5] на основе вышеуказанных и других документов, однако она не является утвержденной методикой для территории Донецкой Народной Республики.

На основе вышеуказанных действующих нормативных документов и предложенных различными институтами методик выявления и построения провалоопасных зон, институтом «Донгипрошахт», разработан «Каталог...», учитывающий горно-геологические и технологические условия Торезско-Снежнянского района ДНР.

«Каталог...» разработан на основании ранее выполненных проектов ликвидации шахт, планов горных выработок, схем вскрытия, геологических материалов (графические материалы к геологическим отчетам). По действующим шахтам – на основании материалов шахт (акты обследования горного отвода, планы поверхности), планов горных выработок, схем вскрытия и геологических материалов (графические материалы к геологическим отчетам). Использовались материалы архивов ГБУ «Донгипрошахт», ГУП «Донбассуглереструктуризация», ГУП «Торезантрацит».

Общая характеристика шахт Торезско-Снежнянского района приведена в таблице 1 (где  $n_{\text{от}}$  – количество обрабатываемых пластов;  $n_{\text{вв}}$  – количество вскрывающих вертикальных стволов, скважин;  $n_{\text{нв}}$  – количество вскрывающих наклонных стволов и других выработок;  $n_{\text{ш}}$  – количество шурфов;  $n_{\text{вз}}$  – количество выделенных зон возможного образования провалов;  $H_{\text{пр}}$  – предельная глубина возможного образования провалов над подготовительными, (очистными) выработками, м;  $S$  – площадь зон, условно-опасных по провалообразованию, м<sup>2</sup>).

Анализ табл. 1 наглядно показывает, что большинство шахт не глубокие, в основном вскрыты наклонными стволами, вертикальными и наклонными шурфами. Большое количество шурфов и наклонных стволов способствует появлению провалов, так они имеют выход на поверхность, залегают на небольшой глубине. Количество шурфов, например, на шахте «Речная» составляет 166. Это увеличивает опасность появления провалоопасных зон – поэтому на шахте их 194.

Провалоопасные зоны от очистных и подготовительных работ накладываются друг на друга, что еще более усложняет ситуацию. Кроме того, на многих шахтах выше находятся ликвидированные старые мелкие шахты, часто еще дореволюционные.

Таблица 1

Характеристика шахт Торезо-Снежинского района

№ п/п	Наименование шахты	Статус	$n_{\text{шт}}$	$n_{\text{вб}}$	$n_{\text{вб}}$	$n_{\text{щ}}$	$n_{\text{вз}}$	$H_{\text{п. макс}}$	$S, \text{M}^2$
1	«Вольнская»	Лицензированные шахты	4	4	3	-	7	39-49	13425
2	№ 3-бис		5	4	4	6	31	41-42; (10-14)	236281
3	«Червона Зирка»		4	-	16	35	125	32-43; (13-16)	763893
4	«Объединенная»		4	42	12	10	58	32-37	267440
5	ш. № 43 (ш/у «Торезское»)		3	-	4	5	15	32-34	49152
6	ш. № 2 (ш/у «Торезское»)		3	2	15	3	58	39-44	882707
7	«Речная» («Схицкая»)		13	2	12	166	194	6-35	480600
8	«Распылянская», № 2		6	1	6	-	7	38,5-57,5	44394
9	«Лесная»		3	-	9	2	17	36,8-46,4	65650
10	«Северная»		3	3	11	4	31	35-85; (14-22)	200597
11	«Миусская»		5	4	27	31	87	31-50	317645
12	«Восход»		2	8	12	15	39	32-38; (10-13)	124855
13	«Ремовская»		5	9	12	26	129	32-49	1448245
14	«Снежинская»		4	3	2	9	22	31,25	283499
15	им. К.И. Киселева		5	-	28	19	138	30-45	683246
16	«Донецкая»		3	-	26	11	60	30-120; (20-43)	134400
17	«Яблоневская»	6	-	6	8	33	31,3-43,7	337513	
18	«Заря»	3	2	19	18	68	31,2; (11,8-15,6)	290497	
19	«Ударник»	7	6	34	43	153	45,0; (10,2-19,1)	763382	
20	«Воскресенская»	1	-	6	7	40	31,2; (15,6)	245026	
21	им. Л.И. Луцгина	3	6	14	26	80	31-47; (9,6-12)	310339	
22	«Прогресс»	2	5	-	-	5	45; (15)	6280	
		Деятельные шахты							



Для построения провалоопасных зон на планах горных выработок по пластам строились линии предельных глубин по образованию провалов от подготовительных (на предельной глубине  $H_{пр}$ , м) и от очистных работ (на глубине  $12m$ , где  $m$  – мощность пласта, м). Для построения линий выполнялись вспомогательные разрезы с учетом рельефа поверхности и размера наносов. Пример разреза приведен на рисунке 1.

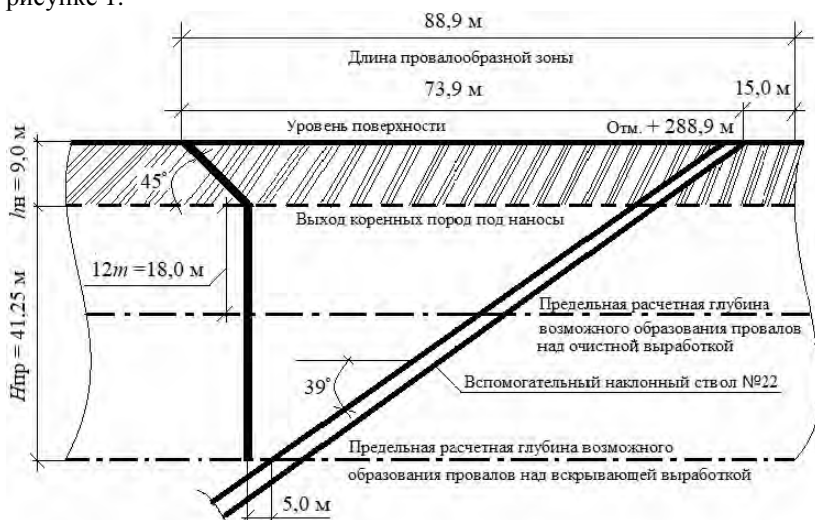


Рис. 1. Разрез по линии вспомогательного наклонного ствола шахты «Лесная»

Далее полученные значения  $L_{H_n}$  и  $L_{12m}$  откладывались на плане горных выработок и строились изолинии предельных глубин. Полученные линии являются основой для построения зон для наклонных стволов, подготовительных выработок и очистных работ. Для построения зон от вертикальных стволов и скважин дополнительные расчеты не производились, и зона строилась от центра ствола.

Построенные зоны перенесены на план поверхности. Планы поверхности выполнены на формате А3 в масштабе 1:5000 с выделенными зонами.

Также по каждой шахте выполнялся увязочный план горного отвода в масштабе 1:25000 с расположением на нем выделенных фрагментов планов.

Для каждой шахты составлен электронный каталог участков земной поверхности, подвергающихся техногенному влиянию действующих и ликвидированных и действующих шахт состоящий из:

- планшетов поверхности в масштабе 1:5000;
- таблиц с перечнем и параметрами выявленных зон;
- файла \*.kmz по рассматриваемым шахтам.

В качестве примера в табл. 2 приведены сведения по шахте «Рассыпнянская» № 2.

План поверхности с выделенными зонами служит основой для вынесения устьев горных выработок и выделенных зон на поверхности в программе Google Планета Земля.

После определения зон выполнялся выезд и обследование их на местности с фотофиксацией.

Построенные зоны перенесены на план поверхности. Планы поверхности выполнены на формате А3 в масштабе 1:5000 с выделенными зонами.

Также по каждой шахте выполнялся увязочный план горного отвода в масштабе 1:25000 с расположением на нем выделенных фрагментов планов.

Для каждой шахты составлен электронный каталог участков земной поверхности, подвергающихся техногенному влиянию действующих и ликвидированных и действующих шахт состоящий из:

- планшетов поверхности в масштабе 1:5000;
- таблиц с перечнем и параметрами выявленных зон;
- файла \*.kmz по рассматриваемым шахтам.

В качестве примера в табл. 2 приведены сведения по шахте «Рассыпнянская» № 2.

План поверхности с выделенными зонами служит основой для вынесения устьев горных выработок и выделенных зон на поверхности в программе Google Планета Земля.

После определения зон выполнялся выезд и обследование их на местности с фотофиксацией.

Составленный «Каталог...» позволяет значительно снизить огромную трудоемкую, длительную по времени работу по сбору материалов, находящихся в архивах разных ведомств, уменьшить длительный срок по оформлению документов на составление проектов определения зон возможного образования провалов.

### **Выводы**

1. Разработан в бумажном и электронном виде «Каталог участков земной поверхности, подвергающихся техногенному влиянию действующих и ликвидированных шахт «Торезско-Снежнянского района



Таблица 2

Перечень и параметры зон условно-опасных по провалам шахты «Рассыпнянская» № 2

№ зоны	Наименование выработки (ствол, шурф)	Символ	Данные по выработке		Состояние выработки		Дата ликвидации (год отработки)	Мощность, м <sup>2</sup>	Параметры зон провалов В×Н, м (R, M)
			Материал и вид крепи	Высота, диаметр, сечение (в черне), м <sup>2</sup>	Состояние устья, перекрытие, материал	Дата ликвидации (год отработки)			
Ликвидированные выработки									
1	Главный ствол ш. «Рассыпнянская», №3	$h_{10}$	металл, арочная	10,4 <sup>±</sup>	45	ствол засыпан и заасфальтирован	1965	10	(28-40)×80 2720
2	Главный ствол ш. «Рассыпнянская», №1	$h_8$	металл, арочная	10,4 <sup>±</sup>	45	ствол засыпан и заасфальтирован	1976	16	(28-40)×72 2448
3	Вспомогательный ствол ш. «Рассыпнянская», №1	$h_8$	металл, арочная	10,4 <sup>±</sup>	45	ствол засыпан и заасфальтирован	1976	17	(28-40)×1,5 2431
Выработки действующие на момент ликвидации шахты									
4	Вспомогательный наклонный ствол пл. $h_8$	$h_8$	металл, арочная	9,0 <sup>±</sup>	39	ликвидирован (тампоаж с поверхности)	□	13	(28-40)×83 2822
5	Главный наклонный ствол пл. $h_8$	$h_8$	металл, кольцевая арочная	9,0 <sup>±</sup>	39-46	ликвидирован (тампоаж с поверхности)	□	13	(28-40)×83 2822
6	Вспомогательный наклонный ствол пл. $h_{10}$	$h_{10}$	металл, кольцевая арочная	9,0 <sup>±</sup>	40-56	ликвидирован (тампоаж с поверхности)	□	9	(28-40)×80 2720
Подготовительные выработки									
8	Шрек у-1 западной лавы	$h_{10}$	□	□	44	□	1958-1959	7	27175 <sup>±</sup>
								Общая площадь, м <sup>2</sup>	
								44394 <sup>±</sup>	

Донецкой Народной Республики», содержащий информацию о выходах на поверхность старых и действующих горных работ, и возможно образования провалов.

2. Разработанный «Каталог...» будет способствовать более быстрому и оперативному принятию решений по строительству зданий и сооружений во время восстановления и перспективного развития народного хозяйства после прекращения военных действий и может служить основой для составления подобных каталогов для других районов Донбасса.

#### **Библиографический список**

1. ГСТУ 101.00159226.001-2003. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом [Текст]. – Введ. 2004-01-01. – Донецк: Алан, 2003. – 128 с.

2. КД 12.12.005-2001. Правила ликвидации стволов угольных шахт [Текст]. – Утв. Министерством топлива и энергетики Украины 15.02.2001 г. – Донецк, 2001. – 122 с.

3. Методическое руководство о порядке выделения провалоопасных зон и выбора комплекса технических мероприятий по выявлению и ликвидации пустот при ликвидации шахт. – М.: ИПКОН РАН, 1999. – 54 с.

4. Методическое руководство «О порядке выделения провалоопасных зон и выбора комплекса технических мероприятий по выявлению и ликвидации пустот на ликвидируемых шахтах Восточного Донбасса». – М.: ИПКОН РАН, 2007. – 34 с.

5. Хохлов, Б.В. Методика построения и обследования зон, опасных по провалам [Текст] / Б.В. Хохлов, В.А. Дрибан, С.В. Годин, А.М. Терлецкий, М.Д. Рожко // ТРУДЫ РАНИМИ: сб. научн. трудов. – Донецк, 2019. – № 7 (22). – С. 142-157.



УДК 624.131.3

## **ПРИМЕНЕНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ГРУНТОВ В ЗЕМЛЯНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**Жур В.Н., Михайлюков Д.Ю.**

*Донской государственный технический университет,  
г.Ростов-на-Дону, Россия*

*Рассматривается опыт применения некоторых видов антропогенных грунтов при строительстве земляных сооружений. Приведен опыт лабораторного исследования физико-механических свойств зольных грунтов отечественных ученых. Полученные результаты испытаний сравниваются с характеристиками дисперсных связных грунтов для установления на-*





*бора ключевых параметров испытаний техногенных отложений для строительных целей.*

*Ключевые слова: зольные грунты, антропогенные грунты, свойства грунтов, переработка отходов, свойства грунтов в строительстве.*

Промышленные предприятия наносят весомый вред окружающей среде, путем загрязнения ее разными видами отходов. Имеется множество экологических организаций и предприятий, занимающихся переработкой отходов. Самым ярким и известным примером может выступить переработка пластика. Практикуется вторичное использование отходов и в строительной отрасли: изготовление строительных материалов и изделий, применение в конструкции дорожной одежды. Строительное производство использует большой спектр промышленных отходов и побочных продуктов других отраслей. Также возможно их внедрение в грунтовой массив основания зданий и сооружений с целью преобразования физико-механических свойств горной породы.

На основе лабораторных исследований, опыта применения отходов в строительстве можно проследить, как именно изменяются свойства грунтов при взаимодействии с разными видами промышленных отходов.

Зола уноса – это тонкодисперсный материал, который состоит из частиц размером не крупнее 0,25 мм, образуется в результате сжигания твердого топлива, после чего улавливается электрофильтрами и в сухом состоянии при помощи пневмотранспорта поступает в силосы-накопители [1].

В период сезонного промерзания глинистых грунтов происходит процесс их пучения – поровая и мигрирующая вода кристаллизуется, вследствие чего увеличивается объем грунтов. Имеется опыт использования золы уноса в качестве обратной засыпки, но нет результатов наблюдения, как поведет себя в качестве основания. С целью получения этих сведений были проведены испытания золы уноса в чистом виде и с армированием базальтовым волокном, а также мягкопластичной глины для сравнения их характеристик.

Базальтовое волокно – это современный фрикционный и теплоизолирующий минеральный материал-изолятор, получаемый обработкой базальта на специальных расплавных печах [1].

Испытания на прочностные характеристики проводились на базе Чешского университета на одноплоскостном приборе прямого среза. Физические характеристики золы уноса представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физические характеристики золы уноса		
Показатель	Ед.изм.	Значения
Влажность $W$	д. ед.	0,22
Плотность $\rho$	г/см <sup>3</sup>	1,52
Плотность скелета $\rho_d$	г/см <sup>3</sup>	1,25

Испытания проводились согласно ГОСТ 12248–2010 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости». Испытания на срез проводились при непрерывно возрастающей горизонтальной нагрузке с постоянной скоростью деформации образца [1].

По результатам исследований были рассчитаны удельное сцепление  $C$  и угол внутреннего трения  $\varphi$ . Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2

Прочностные характеристики неармированной и армированной золы уноса и мягкопластичной глины

Характеристика	Зола уноса без армирования	Зола уноса, армированная фиброволокном	Мягкопластичная глина
Удельное сцепление $C$ , кПа	11,5	38	11
Угол внутреннего трения $\varphi^\circ$	39	27	10

По данным, приведенным в табл. 2, видно, что у неармированных образцов золы уноса значения удельного сцепления совпадают со значениями глины, а у образцов, армированных базальтовым волокном, возрастают почти в 3,5 раза. Угол внутреннего трения золы выше, чем у глины, также в 3,5 раза, однако при внедрении базальтовых волокон он снижается на 29 % [1].

Лабораторные испытания золы уноса на деформационные характеристики проводились на базе кафедры «Строительное производство и геотехника» Пермского национального исследовательского политехнического университета (СПГ ПНИПУ) в компрессионных приборах согласно ГОСТ 12248–2010 [1].

По результатам исследований, приведенным в табл. 3, можно сделать вывод, что у образцов золы уноса одометрический модуль деформации выше, чем у глинистых грунтов, на 12 %. Внедрение в образцы золы базальтовых волокон снижает одометрический модуль деформации на 35 % [1].



Таблица 3

Одометрический модуль деформации армированной и неармированной золы уноса и мягкопластичной глины

Характеристика	Зола уноса без армирования	Зола уноса, армированная фиброволокном	Мягкопластичная глина
Модуль деформации одометрический $E_{oed}$ , МПа	5,14	3,37	4,5

Лабораторные испытания золы уноса на пучинистые свойства проводились также на базе кафедры СПГ ПНИПУ с помощью прибора «УПГ-МГ4 Грунт» согласно ГОСТ 28622–2012 «Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости» [1].

По результатам исследований, приведенным в табл. 4, видно, что образцы мягкопластичной глины относятся к среднепучинистым, а образцы золы уноса к непучинистым. Внедрение в золу базальтовых волокон приводит к увеличению деформаций пучения, хотя и к незначительному [1].

Таблица 4

Относительная деформация пучения армированной и неармированной золы уноса и мягкопластичной глины

Характеристика	Зола уноса без армирования	Зола уноса, армированная фиброволокном	Мягкопластичная глина
Глубина промерзания образцов, мм	150	150	100
Относительная деформация пучения $\varepsilon_{th}$	0	0,0003	0,06

По результатам лабораторных исследований сделан вывод, что зола уноса в чистом виде является непучинистым материалом. Это дает возможность в ее использовании в районах с пучинистыми грунтами: применение в качестве обратной засыпки; возможно и комбинированное ее использование с горными породами, для уменьшения их пучинистых свойств.

Армированную золу уноса рекомендуется использовать только в частных случаях.

В качестве искусственного основания для зданий и сооружений могут применяться доменные шлаки. Имеется опыт применения такого основания на территории Челябинского металлургического комбината для строительства склада сырья рельсосварочного предприятия.

Вследствие движения тяжелой техники произошло смещение столбчатых фундаментов в вертикальном и горизонтальном направлениях. Можно предположить, что виной этой проблемы могло послужить использование нетрадиционных материалов для устройства основания здания. Шлаковый щебень отбирался в соответствии с ГОСТ 3344-83 «Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия» и ТУ 14-11-196-86 «Технические условия. Шлак дробленый для дорожного строительства», отсюда появляется потребность в проверке пригодности используемого материала под условия данного проекта и установление причин деформации.

Фундаменты здания и оборудование по проекту должны возводиться на основании, созданном путем замены существующего грунта доменным шлаком с послойным уплотнением на глубину до 2 м. В качестве грунта для отсыпки основания насыпи площадки РСП-М применяется шлак по ГОСТ 3344-83 (ТУ 14-11-196-86) прочностью до  $1000 \text{ кг/см}^2$  [2].

По проекту отсыпку основания рекомендовано производить смесью, гранулометрический состав которой состоит в следующих пропорциях: 30 % фракции до 5 мм; 30 % – фракции 5-10 мм; 15 % – фракции 10-20 мм и 30 % – фракции 20-40 мм уложенные слоями по 250 мм [2].

Химический состав шлака, производимый на ЧМК, по данным сертификатов (%) состоит: S (0,50-0,54); K (1,36-1,53); SiO<sub>2</sub> (37,80-41,00); CaO (38,05-43,63); MnO (0,35-0,58); Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(9,01-12,51); MgO (4,18-8,67); TiO<sub>2</sub>(0,49-0,94); FeO (0,49-0,55) [2].

По полученному сертификату качества, на основе проведенных анализов с образцами, данный доменный шлак подходит под использование в качестве основания под вышеупомянутое здание. Однако, результаты многолетних изучений шлаков учеными, их химического состава, разнятся с проведенной экспертизой. Рассматриваемый материал склонен к известковому, силикатному, марганцевому, магнизальному и железистому распаду. Атмосферные кислоты и осадки могут легко разрушать эти минералы. Также шлак способен увеличиваться в объеме при взаимодействии воды с продуктами распада.

По итогу проведенного исследования становится ясно, что данный тип доменного шлака не подходит для использования в качестве искусственного основания, но он может использоваться для устройства дорожного полотна в соответствии с СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» и ТУ 14-11-196-86.

При выборе таких материалов следует опираться на нормативную базу документов, которые соответствуют объекту строительства,



проводить экспертизы выбранных образцов и опираться на научную литературу.

Ученные других стран также изучают возможности вторичного использования промышленных отходов. Так во Франции при строительстве автомобильных дорог наносится слой из извести, золы и шлака толщиной около 30 см. Во время подготовки дорог для движения тяжелого транспорта также используется зола уноса и извести, но в определенных пропорциях: 12 % золы уноса, 3 % извести и 85 % гравия. А Федеральное управление автострад Франции разрешило заменять на юге до 30 % цемента зольным уносом [3].

Таким образом, можно проследить разнообразные варианты использования промышленных отходов в строительной отрасли. Стоит обращать внимание на категорию объекта строительства, условия строительства, свойства используемых отходов. В случаях, когда анализ выбранных материалов не удовлетворяет требованиям проекта или условий строительства, следует обратиться к выбору классических строительных материалов.

**Библиографический список:**

1. Маценко А.В., Пономарев А.Б., Спицова Т.А. Применение золы уноса в качестве оснований фундаментов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8. № 3. С. 89-96.
2. Шогенов О.М., Рамадан А., Эдоков Р.А., Тапов А.А. Опыт применения доменного шлака в качестве искусственного основания фундамента здания // Инженерный вестник Дона. 2019. № 4 (55). С. 42.
3. Баталин Б.С., Гайдай М.Ф. Применение в строительстве отходов угольной промышленности // Master's Journal. 2013. № 1. С. 192-201.
4. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация.



УДК 551.43: 624.137

## **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА**

**Адоньев Н.А., Прокопов А.Ю.**

*Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

*В работе на основании исследований произведен анализ способов защиты прибрежной зоны Черноморского побережья Се-*

*верного Кавказа на примере участка Туапсе-Адлер. Изучены причины и механизмы возникновения оползней, обвалов и селей на данном участке. Рассмотрен комплекс защитных мероприятий, используемых для предупреждения и предотвращения опасных воздействий на прибрежную зону участка Туапсе-Адлер в настоящее время.*

*Ключевые слова: берегоукрепительные сооружения, обвалы, сели, оползни, прибрежная зона, склоны, береговая зона.*

В настоящее время для прибрежной линии Черноморского побережья Северного Кавказа характерны прогрессирующие природно-антропогенные воздействия, влияющие на ее естественное состояние, вследствие гражданского и курортного строительства, а также освоения прибрежной зоны. Подмыв береговой зоны связан с большим количеством изъятия пляжеобразующего материала для нужд строительства. Кроме того, Черноморское побережье систематически подвергается эндогенным и экзогенным геологическим процессам (в частности, абразионно-оползневым) [1]. Разработка берегоукрепительных мер данной территории является важным и актуальным научным направлением.

Как показали исследования [2-4], возведение берегоукрепительных сооружений недостаточно эффективно, поэтому в настоящее время возникла потребность в усовершенствовании существующих методов и разработке новых методик с учетом устойчивости береговой зоны, минимизации затрат на строительство и дальнейшую эксплуатацию берегоукрепительных сооружений.

На протяжении долгого периода времени защита прибрежной зоны сводилась к устранению локальных очагов размыва, что на данный момент времени недостаточно, в связи с активацией воздействия антропогенного характера.

Разработка берегоукрепительных мероприятий производится на основании анализа геоморфологии подводной и надводной части береговой зоны, климатических и сейсмических характеристик, а также с учетом антропогенного воздействия [5].

Проектирование актуальных берегоукрепительных сооружений - это гарантия безопасности и защита от возможного размыва, наводнения и схода грунта.

В целом проблема берегоукрепления и защиты береговой зоны Черноморского побережья возникла в начале XX века. Ранее прибрежная полоса находилась в стадии динамического стабильного равновесия (объем поступающего и истираемого грунта было одинаковым). Берегоукрепительные мероприятия осуществлялись непосредственно



для устранения локальных очагов разрушения береговой зоны, что впоследствии стало недостаточным. В 60-х годах XX века была составлена Генсхема, основанная на строительстве жестких систем берегоукрепления, но спустя незначительный период времени потребовалась разработка усовершенствованной Генсхемы, в связи с увеличением протяженности размыва прибрежных участков.

В настоящее время существуют активные и пассивные методы защиты прибрежной территории. Активными называются берегоукрепительные сооружения, которые вследствие варьирования гидравлического течения могут аккумулировать и удерживать наносы (буны, волноломы, шпоры и прочие). К пассивным относят сооружения в виде защитных покрытий, основной функцией которых является непосредственное ограждение берегов от разрушающего действия волн и течения.

В настоящее время прибрежная зона Черноморского побережья подвержена активному разрушению вследствие антропогенного и сейсмического воздействий. Анализ работ [1, 6-8] показывает, что за последние 20 лет на участке Туапсе – Адлер было зафиксировано большое количество селей, оползней и обвалов со значительными разрушениями береговой зоны и насыпей железных дорог. Так в 2005 г. был зафиксирован сход грузового железнодорожного состава в результате образования селя [1].

Для ликвидации и предотвращения от разрушающего воздействия селей, оползней, обвалов применяют противоселевые, противооползневые, противообвальные, противообразивные, антисейсмические мероприятия.

Для предотвращения оползней в настоящее время широко применяют на участке Туапсе-Адлер следующие мероприятия [9]:

- возводят подпорные стены, контрбанкеты, контрфорсы и другие поддерживающие сооружения;
- укрепляют грунты методами цементации, силикатизации, обжига, электрохимическим;
- производят агролесомелиорацию;
- сооружают удерживающие конструкции из гофрированных элементов;
- для повышения устойчивости склонов изменяют его крутизну;
- регулируют при помощи перехвата и понижения уровня грунтовых вод подземные стоки;
- рационально планируют территорию прибрежной зоны;
- возводят воодотводы для поверхностного стока;

– используют гидроизоляционные и нетканые материалы для предотвращения инфильтрации воды в грунты.

Для предупреждения обвалов и осыпей широко используют:

- противообвальные галереи;
- одевающие и облицовывающие стены;
- подпорные стены, анкерные крепления, сваи и шпоны;
- инъектирование трещин;
- профилактическую очистку склонов от неустойчивых горных масс;

– надолбы, улавливающие рвы, траншеи, сетчатые ограждения.

Для защиты прибрежной части участка Туапсе – Адлер сооружают селенаправляющие дамбы, селеспуски, селехранилища, системы запруд.

Производя анализ мер по защите береговой зоны Черноморского побережья Северного Кавказа на примере участка Туапсе-Адлер, можно сделать вывод, что несмотря на внушительный комплекс защитных мероприятий, используемых на рассматриваемом участке, данных мер недостаточно, так как систематически происходят аварийные ситуации. Поэтому необходимо совершенствовать методы и применять инновационные технологии с использованием комплексного подхода для решения данной проблемы, включая разработанные при участии авторов решения, результаты научных исследований [10-12].

#### **Библиографический список:**

1. Комплекс защитных мероприятий на участке железной дороги Туапсе – Адлер с учетом геологических процессов эндогенного и экзогенного характера / П.Н. Курочка, Л.И. Кафитин, Н.Ф. Добрынин, А.Н. Опацких // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2012. № 1 (45). С. 180-185.

2. Иваненко Т.А., Ветрова Н.М. Технические решения берегозащитных сооружений для улучшения экологического состояния прибрежных рекреационных зон. // Строительство и техногенная безопасность. 2014. № 49. С. 108-116.

3. Ветрова Н.М., Иваненко Т.А. Инженерно-экологические исследования природных процессов при застройке прибрежных рекреационных зон. // Экология урбанизированных территорий. 2015. № 1. С. 6-11.

4. Иваненко Т.А., Садыкова Г.Э. О возможности применения технологий на базе геотекстильных материалов для берегозащиты западного побережья Крыма // Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы X Международной научно-практической конференции. Под научной редакцией К.Н. Макарова. 2018. С. 164-169.

5. Меннанов Э.М., Меннанов Э.Э. О подходах к инженерно-экологическому сопровождению берегозащитных мер морского побережья Крыма. // Экономика строительства и природопользования. 2017. № 4 (65). С. 28-32.

6. Ашитц Е.С., Егоров А. Защита инженерных сооружений на линии Туапсе-Адлер // Путь и путевое хозяйство. 2012. № 1. С. 33-34.

7. Кафитин Л.И. В Формы проявления геологических процессов на участке железной дороги Туапсе - Адлер // Транспорт-2012. Труды Всероссийской научно-





практической конференции: в 3-х частях. Ростовский государственный университет путей сообщения. 2012. С. 160-161.

8. Тлявлин Р.М., Тлявлиня Г.В. Оценка состояния берегозащитных сооружений железнодорожного полотна на участке Туапсе - Adler // Транспортное строительство. 2017. № 2. С. 23-25.

9. Дыдышко П.И. О комплексных подходах к обеспечению защиты земляного полотна и верхнего строения пути в прибрежных и горных районах // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2013. № 6. С. 31-40.

10. Гриневский А.В., Прокопов А.Ю. Природно-техногенные условия формирования подтопления межбалочных пространств города Ростова-на-Дону // Известия Тульского государственного университета. Наука о Земле. 2019. № 2. С. 26-37.

11. Хамидуллина Н.В., Прокопова М.В., Прокопов А.Ю. Физическое моделирование провалов земной поверхности // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2019. № 2(74). С. 124-131.

12. Прокопов А.Ю., Лебидко В.А. Выбор и обоснование методов берегоукрепления (на примере Р. Кубань в Г. Краснодаре) // Известия Ростовского государственного строительного университета. 2015. № 20. С. 41-48.



УДК 628.316.13

## КОАГУЛЯНТЫ ВЗАМЕН БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД НА ОСК «КОСАЯ ГОРА»

**Бурдова М.Г., Митракова К. А.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Предлагается возможная физико-химическая очистка сточных вод в ОСК п.Косая Гора с помощью коагулянтов, взамен биологической очистки.*

*Ключевые слова: технология, очистка, сточные воды, коагулянты, очистная станция канализации.*

Ежегодно в водоемы региона сбрасываются около 190 млн кубометров неочищенных надлежащим образом сточные воды, в том числе и сточные воды в ОСК Косая гора в реку Воронку [1].

Качество воды реки Воронка в классе-разряде – 4 Б «Грязная». Превышения ПДК отмечены по 10 показателям из 14, в том числе по БПК<sub>5</sub>, нитритами, фосфору и т.д. (табл.1) [2].

В настоящее время технология очистки сточных вод ОСК п. Косая гора включает механическую, биологическую, глубокую очистку и обеззараживание очищенной воды (рис. 1) [3].

**Таблица 1.**

Технологические показатели работы ОСК п. Косая Гора за 2018, 2019, 2020 год

Показатель		Концентрация, мг/л, в сточных водах в среднем за год			ПДК
		2018	2019	2020	
Взв. вещ-ва	Вход	127±13	90±9	79±7,9	
	Выход	3,5±1,1	5,6±1,7	7,3±2,2	
БПК <sub>5</sub>	Вход	93,5±12,2	101±9	94,7±12,3	
	Выход	3,4±0,9	3,5±0,9	3,2±0,8	
ХПК	Вход	385±92	398±96	362±87	-
	Выход	65±16	75±18	90±22	
Аммиак NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Вход	22,6±4,7	35,7±7,5	38,13±8,01	0,5
	Выход	2,34±0,49	2,05±0,43	1,841±0,38	
Нитриты NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Вход	0,485±0,04	0,33±0,02	0,228±0,01	0,08
	Выход	1,66±0,1	1,38±0,08	1,27±0,076	
Нитраты NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Вход	2,07±0,62	4,29±0,9	5,07±1,17	40
	Выход	45,5±10,5	80,3±18,5	76,4±17,6	
Фосфаты PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Вход	0,95±0,1	1,07±0,11	0,88±0,09	0,2
	Выход	0,7±0,07	1,11±0,11	0,566±0,05	
рН	Вход	7,3	6,5	6,8	6,5-8,5
	Выход	7,3	6,6	7,0	
Общее железо Fe <sup>3+</sup> , Fe <sup>2+</sup>	Вход	0,82±0,25	0,69±0,21	0,83±0,25	0,1
	Выход	0,23±0,07	0,22±0,07	0,2±0,06	

Такая технология даёт превышение ПДК по БПК<sub>5</sub> в 2,5 раза, по аммонийному азоту - в 5 раз, по фосфору - в 3 раза, по натриям- в 14 раз.

Это свидетельствует о низкой эффективности биологической очистки, что непосредственно вытекает из соотношения БПК к ХПК в исходной воде, составляющего немногим больше 0,3. По литературным и экспериментальным данным целесообразность биологической очистки возможна при соотношении БПК к ХПК равно или более 0,5. Например, на Люберецких и Курьяновских очистных сооружений это соотношение равно 0,7 [5].



Следует отметить, что анализ работы биологической очистки Люберецких очистных сооружений, свидетельствует, что такие биогенные элементы, как аммонийный азот, нитриты, нитраты и фосфаты в полной мере не удаляются по схеме биологической очистки (табл. 2.)

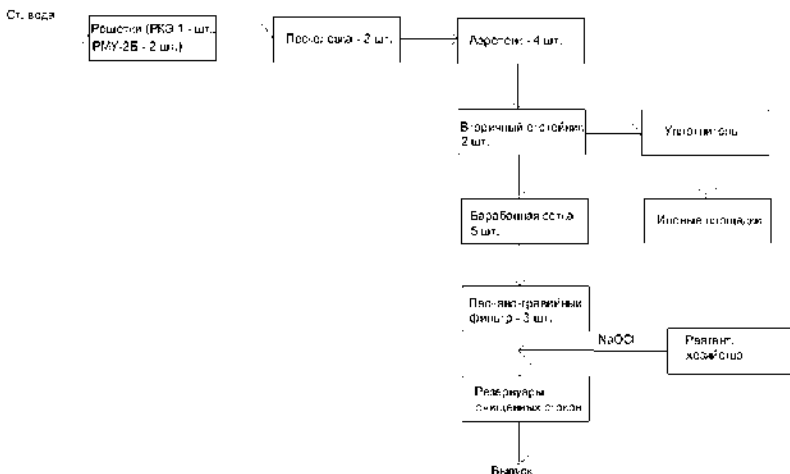


Рис. 1. Технологическая схема очистки сточных вод на ОСК п. Косая Гора

В НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды АКХ им. К.Д. Памфилова были проведены исследования по разработке реагентного физико-химического способа очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Способ заключается в обработке сточных вод реагентами, в перемешивании при оптимальных условиях с образованием крупных хлопьев и отделении их от воды путем отстаивания и фильтрования через зернистую загрузку [6].

В процессе коагуляции, отстаивания и фильтрования через зернистую загрузку сточная вода очищается от всех примесей, органических и минеральных, находящихся в грубодисперсном и коллоидном состоянии, а также фосфатов и части растворенных органических загрязнений [4,5].

Данные табл. 2 послужили основанием для проведения исследований по реагентной очистке сточных вод по ОСК Косая гора с использованием коагулянтов.

При использовании в качестве коагулянтов солей алюминия и железа в результате реакции гидролиза образуются малорастворимые в воде гидроксиды железа и алюминия, которые сорбируют на развитой хлопьевидной поверхности взвешенные, мелкодисперсные и коллоид-

ные вещества и при благоприятных гидродинамических условиях оседают на дно отстойника, образуя осадок [7,8]:



**Таблица 2.**

Сравнительные показатели очистки сточных вод по различным технологиям.

Метод очистки	Эффект очистки, %	
	Биологическая очистка	Реагентная очистка коагулянтами и флокулянтами
Взв.в-ва	98,3	98,9
БПК5	98,9	98,2
ХПК	100	90,9
Азот аммонийный NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	92,2	97,5
Фосфаты PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	55,8	98,9

Образующиеся в процессе гидролиза серную и соляную кислоты следует нейтрализовать известью или другими щелочами. Нейтрализация образующихся при гидролизе коагулянтов кислот может также протекать за счет щелочного резерва сточной жидкости:



В целях уменьшения расходов коагулянтов процесс коагуляции следует осуществлять в диапазоне оптимальных величин pH. Так, значения pH при оптимальных условиях коагуляции: для Al(OH)<sub>3</sub> – 4,5-7; для Fe(OH)<sub>2</sub> – 8,5-10,5, а для Fe(OH)<sub>3</sub> – 4-6 и 8-10 [4].

Для проверки эффективности физико-химической очистки сточных вод ОСК поселка Косая Гора с применением реагентов было проведено несколько серий опытов на базе лаборатории на территории ПАО «Косогорский металлургический завод».

Пробы сточной воды брались на территории ОСК после песколовков в канале перед подачей в аэротенки. В испытаниях применялись 5% растворы коагулянтов: сернокислого, сернокислого железа, алюмината железа, а также хлорного железа.



Проведены сравнительные опыты на одной и той же исходной воде с различными коагулянтами. Опыты оценивались такими критериями, как остаточная концентрация в осветленной воде по ингредиентам: ХПК, аммиак, нитраты, нитриты и фосфор. Результаты сведены в табл. 3.

Таблица 3.

Данные анализа проб по ХПК, аммиаку, нитритам, нитратам, фосфору.

№ пробы	Реагент	Доза реагента, мг/л	ХПК	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	pH	p <sub>ос</sub>
1	FeCl <sub>3</sub>	50	100	18,4	0,14	0,95	0,24	7,32	14
2	FeCl <sub>3</sub>	75	100	25,1	0,15	0,96	0,21	7,2	15
3	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	50	60	22,3	0,92	0,95	0,34	7,31	11
4	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	75	60	24,1	0,13	0,96	0,17	7,22	14

Низкое значение фосфора в очищенной воде объясняется тем, что при добавлении в сточную воду сернокислого алюминия в присутствии щелочей идёт следующая реакция [9]:



Далее, в присутствии фосфатов, имеет место следующая реакция:



Реакции (4) и (5) конкурируют за ионы алюминия, которые даёт добавление реагента – сернокислого алюминия. Хлопья осадка гидроокиси алюминия адсорбируют фосфат алюминия и коллоидные частицы твёрдых примесей, способствуя тем самым удалению фосфора путём осветления сточной воды.

Анализируя результаты видно, что добавление сернокислого алюминия дозировкой 50 мг/л позволило снизить: ХПК в 3 раза, концентрацию нитритов до 0,092 мг/л, что близко к ПДК, а по нитрит-анионам до 0,08 мг/л, что также ниже ПДК.

Аналогично добавление реагента дозировкой 70 мг/л снизило концентрацию фосфат-ионов до 0,17 мг/л, что ниже ПДК, который составляет 0,2 мг/л, что указывает на положительный эффект очистки сточных вод от биогенных элементов. Сравнительные показатели очистки сточных вод по технологии ОСК и лабораторных исследований по реагентно-коагуляционной технологии показаны на диаграмме рис. 2.

Ввиду возможного повышенного содержания остаточного железа при обработке сточной воды хлоридом железа FeCl<sub>3</sub> было принято решение в дальнейшем применять сернокислый алюминий Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.

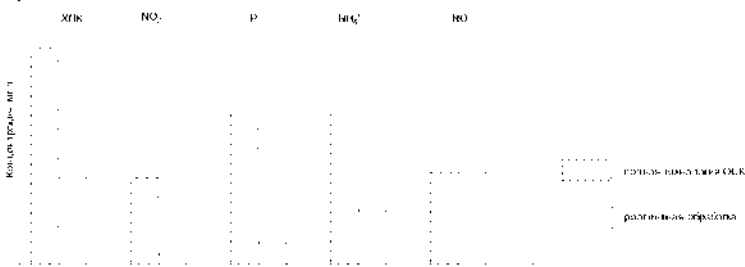


Рис 2. Сравнительные показатели очистки исходной сточной воды, прошедшей полную технологию ОСК и обработанной реагентом  $Al_2(SO_4)_3$

Таким образом, технология очистки сточных вод ОСК Косая гора с применением коагулянта сернокислого алюминия даёт возможность получения очищенной сточной воды с показателями по биогенным элементам близкими к предельно допустимым концентрациям по сбросу в поверхностные водоёмы, что обеспечит улучшение экологической обстановки региона.

**Библиографический список:**

1. ЭкоРоссия: все об экологии в Тульской области. [Электронный ресурс]: <https://recyclemag.ru/article/ekorossiya-kak-ustroena-ekologiya-v-tul'skoy-oblasti>
2. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2019 год.
3. Сб. 56-я студенческая конференция 21 декабря 2019 года. Статья: Гаврюхина А.В. "Мотивации перевода биологической очистки сточных вод ОСК п. Косая Гора на физико-химическую».
4. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов: / Воронов Ю.В., Яковлев С.В. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. С. 401-405.
5. Современные методы обследования различных комплексов очистных сооружений [Электронный ресурс]: монография – Эл. изд. - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 50с.). - Баширов В.Д., ГаммТ.А., Сагитов Р.Ф., Шабанова С.В., Василевская С.П., Касимов Р.Н., Арстаналиев Е.У., Галиева Л.Х., Ахмадиева З.Р., Цыркаева Е.А. 2018.
6. Разработка и исследование комбинированной технологии очистки сточных вод малых населенных пунктов / С.Ю. Андреев, А.М. Исаева, А.С. Кочергин. - Пенза: ПГУАС, 2015. - 120 с.
7. Очистка воды коагулянтами / Бабенков Е.Д. - М.: Издательство Наука, 1977. - 356с.
8. Физико-химическая очистка сточных вод. Учебное пособие/ Е.В. Алексеев – М.: Издательство Ассоциации строительный вузов. 2007-248 с.
9. Журнал «Master's Journal», 2018, №2. С. 53-58
10. СНиП 2.04.03-84 Канализация. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. - 110 Дс.





UDK 564.48.01

## SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NEW IONITS FOR DECISION OF THE PROBLEMS PEELINGS SEWAGE

**Abduvaliev A.A., Najmutdinova N.A., Mukhamedgaliev B.A**  
*Tashkent institute architecture and civil engineering,  
Tashkent, Republic of Uzbekistan*

*New phosphor containing ionits were synthesized from quaternary phosphonium salts and divinylbenzole, quaternary phosphonium salts and methylmetacrylate. The copolymers having an inherent viscosity of 0,34-0,55 dL/g were obtained by the two-phase method using toluene as an organic solvent. The polymers were easily soluble in various organic solvents and had high glass transition temperatures in the range of 220-260°C. An aromatic groups of a copolymers having units was also prepared. However, its inherent viscosity was low because of the occurrence of a side reaction.*

*Keywords: copolymer, ionit, monomer salt, reaction polymerization, sorbtion, thermal behavior, aromatic groups, solubility.*

The industrial sewages oil and gaze to industry contains in its composition toxic ions heavy metal, which at hit in water reservoirs harmful act upon flora, fauna water reservoirs, as well as at hit in organism of the person render the toxicological influence [1]. Clear and repeated use the sewages must not only rescue water reservoirs from the further contamination, but also become the most economical way of the reception additional water resource that particularly it is important and for our republic currently, as well as for Central Asiatic region as a whole [2].

Before ion exchange technology are opened broad prospects. Intensive develops the new application of the ion exchange - in guard surrounding ambiances. They are developed, design and introduced in industry of the scheme peelings sewages with using ionits. The possibility of the use are researched in lieu thereof natural water some type sewages with smaller or alike salt containing on acting water prepare ion exchange installation. The successful decision of this problem will allow broadly introducing the systems of the circulating water supply, including ion exchange clear recirculation sewages, without additional expansion of the volume of production ionits.

The role of the ion exchange in guard surrounding ambiances and in decision of the ecological problems oil and gaze to industry, it is impossible limit only clear drainage and increasing quality denatured water. Using ion exchange material, for instance, for sanitary peelings ventilation and waste

gas surge, forming on some enterprise of the developed countries before 60 % and more all gas departure, allows raising reliability a guard air and water pool from contamination and noticeably shortening the amount of the sewages in contrast with traditional absorption gas by water [3]. Clear production solution from bad admixtures noticeably relieves their conversion, promotes increasing a quality produced to product and reduction to dangers of the soiling the ambience in process production and consumptions to product. Clearing the sewages and gas are new and little investigation by application of the ion exchange, which has following five mains of the particularities:

1. Exceedingly rich set ion exchange systems. Since hitherto main application ionits is water prepare, t. e. clear of natural fresh water, that hitherto in the highlight researchers was limited number ion exchange systems, including macro admixture natural water (the ions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Sr}^+$ ,  $\text{NSO}_3$ ,  $\text{HSiO}_3$ ). That concerns the sewages and gas, that they are characterized by broad range of the admixtures (the hundreds and a thousand inorganic and organic join.). Consequently, great and number ion exchange systems, subjecting to study.

2. In view of varied chemical characteristic of the admixtures of the sewages and gas important importance gain the specific chemical interactions changed ion with ionits (forming the complex functional groups, weakly-ionizing forms ionits, complex, weak, hard and gaseous join and t. d.). Ingenious use this interaction allows sharply to raise efficiency of the ion exchange, provide deep clear of water and gas, shorten before stoichiometric consumption regenerating agent.

3. The sewages and gases, which the source of the formation are a dynamic industrial production and public facilities, are characterized by inconstancy concentration admixtures, and so processes their peelings hang from conditions of their formation, t. e. from technology and state of working production. Ion exchange installation peelings sewages and gas run on variable load.

4. Increase the specific influences of the cleaned ambience on ionits (raised heat, chemical, radioactive and the other influences).

5. Shaping the composition of the sewages and gas occurs to account of the admixtures usually, typical of given production. Consequently, at right choices regenerating agent extracted admixture can be returned in the main production (for instance, admixture of washing water galvanic and organic production, condensate joist pair, absorption solution, leaving and ventilation gas and etc). This circumstance allows easy to solve a problem salvaging regeneration solution, increases the possibility ion exchange method, and does its economical and ecological. To the main to





achievements ion exchange technologies in recent years, in particular our study, having important importance for successful using ionits in decision environment problems, pertain the development to technologies deep peelings water in a lots of ionits filter with powdery ionits and in trefoil filter mixed action with using grain and fibres ionits (cationit - on base of the phosphoring gossypol resins AAA-1) [4]; technologies of without salting water in two-layer filter of the bulk type and with sailing loading from grain ionits with repugnant-step-like regeneration (strong aside cationit -received on base phosphoring of the copolymers quaternaries phosphonium to salts with divinilbenzole AAA-2) [5]; technologies softening water in large powered and economical ionits filter and device of the unceasing action with using grounds macroporus ionits; introduction repugnant-step-like to regenerations strong aside cationit; the development of the schemes of the desalinization natural and sewages with using thermal regenerated ionits (ionits on base phosphoring of the copolymers quaternaries phosphonium to salts and methylmethacrylate AAA-3) [6]; combining schemes reagent and ion change peelings of water with optimum recirculation and secondary use regeneration solution and washing water; combining membrane, reagent and other methods with ion exchange; all are a more broad use polyamfolits and other complex former ionits for deep peelings of the sewages and gas from toxic and bad admixtures, macrospores ionits for peelings drainage and denatured water from complex and organic join; using for regeneration ionits new chemical agent (nitric, silisiphosphoring aside and phosphoric acid, ammonia, organic solvents and others), forming easy utilized regeneration solutions; the development elektrodializing reconstruction reagent from regeneration solution with using bipolar water destruction membrane; making the efficient methods peelings ventilation and waste gas on fibber ionits and others using ground chemical regenerated organic ionits to series AAA have a significant technical-economic advantage under without salting natural and sewages with source salt containing before 1 g/l, under deep without salting water, hot change and the other capacitor oil referiner enterprise (in filter of the mixed action), at deactivation of the radioactive sewages, under concentration water microamins (tabl.1). As the table shows the value of the equilibrium constant of adsorption is much higher than unity, indicating a strong binding of arsenazo (III) sorbent AAA-2. It should be noted that with increasing temperature increases and decreases the value of the equilibrium constant. Such constant values change with temperature indicates that the binding occurs not only through ion exchange but also other weak binding forces which are attenuated with an increase in temperature and lead to a decrease in the value of the equilibrium constant.

Is it possible to use this binding polymer reagent for the analytical determination of various metal ions. Interesting results were obtained in a comparative study of the adsorption of halogens from aqueous solutions of potassium salts of the above sorbents. Use as solvents potash dissolves these halogens allows them molecular form to form ion. At the same time revealed that most of the absorbing capacity sorbent has AAA-2 having a higher SEC among the studied sorbents. If regeneration solutions are processed in useful product (for instance, in mineral fertilizer), as well as at elektrodializ reconstruction reagent from regeneration solution and in row of the other events ion exchange successfully can be used for without salting water with source salt containing before 2 g/l. Using ground and fibres thermal regenerated ionits (ionits AAA-2 and AAA-3) allow to raise the upper optimum limit salt containing without salting water before 3 g/l. Ion change process successfully concurrent with elektrodializ and more perspective for reduction of salt containing water with 3 before 0,3- 0,5 g/l. The further deep without salting can be realized with using usual chemical regenerated ionits.

For without salting fresh and salting water with salt containing 1-10 g/l perspective multifunction schemes, including reagent softening (with coagulation), deep ioning softening with using ground cationits, elektrodializ with using ion change membrane and ion change without salting. If take into account that main amount of the sewages to industry and public facilities has salt containing below 2 g/l (the to blow through, surface, town sewages, washing water, condensates and others), that becomes comprehensible that ionit and ion change membrane belongs to the main role in without salting, clear from radioactive material, selective to clear from dissolved admixtures and repeated use the sewages for necessities of industry. Creation powdery, fibres ionits and filter has allowed with high efficiency to clean the condensates on hot change from macrocuality dissolved not only, but also rough weighted and colloidal admixtures. Creation macrospores osmotic stable organic ionits with extended possibility has allowed to in sphere of the using ionits clear drainage and denatured water from pesticides, detergent and other organic join. Thereby, ion change material except demineralization, deactivation and selective of the separation of the dissolved admixtures of the inorganic join turned out to be capable to execute the functions to filtering disperse material and reversible sorption of the organic join. Graund and fibres ionits series AAA successfully execute the role of the restorers and catalyst of the chemical processes; fluid - a role coagulant and exreagent; the monopolar ion changes membrane - a role of the efficient carrier ion, bipolar - a role of the carrier ion and generator of the products of the fission of water - an ion  $H^+$  and  $OH^-$ ; fibers ionits - a role



of the efficient sorbent of the gaseous products from leaving, ventilation and wastes gas. Using designed sorbent to series AAA in oil and gaze of industry for peelings of the sewages and gas surge will provide newly to solve actual and global problems to not only branches, but also region as a whole.

**Table 1.**

The characteristic to ionits to series AAA, got phosphoring gossypol resins (AAA-1) and phosphoring of the copolymers quaternaries phosphonium to salts with divinilbenzole (AAA-2) and phosphoring of the copolymers quaternaries phosphonium to salts and methylmethacrylate (AAA-3).

ionit	Functioning group	$K_{10}$ distend.	$\tau$ , sek	SOR by $UO^{2+}$ , mg ekv/g	F Degree filling the sor- bent by ion, D	D, $sm^2/sek$
AAA-1	$P^+$ , $CH_3$ , $NH$ $PO(OH)_2$	1,8	1000	1,17	0,48	$6,8 \cdot 10^{-8}$
AAA-2	$P^+$ , $PO(OH)_2$	2,4	1200	2,55	0,64	$7,1 \cdot 10^{-8}$
AAA-3	$CO, OCH_3$ , $P^+, PO(OH)_2$	2,7	1600	2,80	0,82	$7,4 \cdot 10^{-8}$

Ionits and ion change membrane, as means of protection surrounding ambiances from chemical and radioactive contamination, belongs to future.

**References and notes**

1. Ergojin E. Ionits and ion change by smoly.-Alma-ata: Nauka.1998.-s.240.
2. Gafurova D.A. Physic-chemical particularities of the formation and characteristic ionits. The Abstract dissert. Doctor of chemical sci. -Tashkent. NUUZ, 2015 y. -p.75.
3. Gafurova D.A., Shohidova D.N. New complexity on base polyacrylonitril. Uzb. Chemical journal. -Tashkent, 2013. №2. -p.25-28.
4. Panjiev U.R., Ziyaeva M.A. Develope new ionits for peelings of the sewages oil and gaze to industry. Journal Oil and gas Uzbekistan. №4, 2015.-p.58-62.
5. Panjiev U.R, Kasimova F.B., Mukhamedgaliev B.A.A new ionits on base departure. Journal Composition materials. №4, 2015. -p. 17-19.
6. Panjiev U.R, Kasimova F.B. Ionits for peelings of the sewages. Journal Ecological herald of a Uzbekistan. №11, 2015 y. -p.45-48.



УДК 303.09: 613.1

## **ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ COVID-19 В КОНТЕКСТЕ ВЛИЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА И СОСТОЯНИЕ ОБЩЕСТВА**

**Хадарцев А.А., Волков А.В.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассмотрены актуальность и методология анализа и прогноза динамики ежедневной заболеваемости COVID-19 в России. Результаты моделирования позволяют утверждать наличие сезонной колебательной моды во временной структуре процесса и, как следствие, констатировать влияние факторов окружающей среды на ход эпидемии. Одним из таких факторов, видимо, являются флуктуации приземного геомагнитного поля, отражающие изменения солнечной активности. Выполнено сопоставление результатов прогнозирования динамики эпидемического процесса с оценками американской исследовательской организации Heritage.*

В октябре 2022 года глава *JP Morgan Chase* Джейми Даймон констатировал, что к середине 2023 года – в фазе ожидаемого максимума солнечного цикла – в США может наступить рецессия. Рецессию в глобальной экономике допускают руководители Всемирного банка и Международного валютного фонда. Эксперты *Bank of America* полагают, что рынки суверенных облигаций – на пороге худших показателей с 1949 года (<https://lenta.ru/news/2022/10/10/usarec/>).

По мнению британского издания *The Economist*, «всё больше признаков указывает на то, что мировая экономика находится в стрессе. <Ситуация...> знаменует окончательный конец эпохи экономического спокойствия 2010-х годов. <...> Чрезвычайная ситуация с пандемией COVID-19 потребовала чрезвычайных действий, которые вызвали рост инфляции: стимулирующих мер и экстренного финансирования государственных расходов, изменения модели спроса и логистических схем. Ныне этот импульс усиливается за счёт энергетического кризиса... Возможности и опасности <новой экономической эпохи> внушают страх. Поэтому пора уже начать взвешивать их возможные последствия для населения и предпринимателей. В экономике нет большей ошибки, чем уверенность в том, что нынешний порядок не имеет временных рамок. Так не бывает. Грядут перемены и к ним нужно готовиться» ([https://inosmi.ru/20221010/ekonomika-2566141\\_68.html](https://inosmi.ru/20221010/ekonomika-2566141_68.html)).



Растущую усталость общества от пандемии (англ. *pandemic fatigue*) специалисты отмечают во всём мире. В предыдущие два года наступление осени сопровождалось резким скачком заболеваемости COVID-19: чем холоднее становилось на улице, тем больше времени люди проводили в помещении, а значит, были более подвержены риску заражения. В свою очередь, чем больше людей заражалось, тем быстрее возникали новые мутации и штаммы вируса. В 2020 и 2021 годах осенние волны заболеваемости оказывались наиболее смертоносными. Эпидемиологи выражали опасения, что подобный сценарий повторится в 2022 году, но в сентябре прогнозы стали более оптимистичными. Согласно оценкам ВОЗ, в первую неделю сентября количество смертей от COVID-19 снизилось до рекордно низких – с марта 2020 года – показателей. Например, в России ежедневное количество регистрируемых случаев заболевания к 11 октября составило 13 970 человек, а днём ранее – 15 661 человек. По мнению главы ВОЗ Тедроса Гебреисуса, «мир максимально приблизился к окончанию пандемии». Однако представитель Европейского агентства по лекарственным средствам Марко Кавалери допускает, что «может появиться совершенно новый вариант <вируса>, который мы сегодня не в состоянии предсказать» ([https://lenta.ru/articles/2022/10/02/end\\_pandemic/](https://lenta.ru/articles/2022/10/02/end_pandemic/); <https://lenta.ru/news/2022/10/11/covidass/>).

Важнейшим аспектом глобального многофакторного кризиса, несомненно усугубляющим военно-политические и эпидемические риски, международное экспертное сообщество признаёт быстрые трансформации климата Земли, а также сопряжённые с ними изменения природной среды и техносферы на всех континентах и широтах. Подобные оценки прозвучали на VII Восточном экономическом форуме (ВЭФ), состоявшемся во Владивостоке 5-8 сентября 2022 года [1]. В частности, по мнению директора климатической программы Всемирного фонда дикой природы Алексея Кокорина, климатическая повестка – актуальна, вне зависимости от контекста; она – глобальна и долгосрочна. Поэтому *без адаптации общества и бизнеса к изменениям климата не обойтись*: «адаптации не только... непосредственной деятельности, но помощи бизнеса в адаптации жизни местного населения, помощи природе в широком смысле слова» [1].

Действительно, по мнению специалистов Университета Рединга и Университетского колледжа Лондона, изложенному в журнале *Environmental Research Letters*, сопровождающий изменения климата рост температур воздуха увеличивает преждевременную смертность населения, причём увеличивает нелинейно – быстрее температурного тренда. Показано, что количество преждевременных смертей «в самые жаркие дни года» возрастёт: на 42 % в случае повышения среднегодовой температуры на 2°;

на 75 % – при повышении на 3° и в 2,75-3 раза – при повышении температуры на 6°. В 2021 году аномалии температуры обусловили 9 % общей смертности населения в Англии и Уэльсе. Повышается риск развития заболеваний лёгочной и сердечнососудистой систем, различных профессиональных патологий. По мнению координатора проекта Эндрю Чарлтон-Переса, проблема влияния потепления на динамику социально-экономических рисков ныне становится всё более актуальной и практически значимой (<https://www.ucl.ac.uk/news/2022/mar/higher-risk-temperature-related-death-if-global-warming-exceeds-2degc>).

Другой канал влияния окружающей среды на здоровье человека выявили американские учёные (<https://www.nature.com/articles/s41467-022-28764-0>). Согласно публикации в *Nature*, важную роль в формировании здоровья играет пыльца растений. Вызываемой ею астмой и респираторной аллергии подвержено 30 % населения мира, включая детей. Экономические издержки обусловлены ростом расходов на медицинское сопровождение населения, увеличением числа нерабочих дней, уровня преждевременной смертности. Интенсивность выделения пыльцы связана с вариациями экологических факторов – прежде всего, с динамикой температуры воздуха и количества осадка. Климатические тренды влияют на генерацию пыльцы более оперативно, чем изменения свойств почв. В масштабе десятилетий движущей силой выбросов пыльцы останутся температура и осадки при подчинённом вкладе динамики CO<sub>2</sub>. В частности, в Северной Америке сезон выделения пыльцы будет начинаться на 40 дней ранее, его продолжительность увеличится на 19 дней, а объём выбросов пыльцы – на 16-40 %, по сравнению с уровнем 1995-2014 годов.

Специалисты российского научного проекта «Аллерготоп» подчёркивают, что весеннее цветение растений увеличивает риск заражения человека коронавирусом SARS-CoV-2: пыльца изменяет статус защитных функции клеток эпителия дыхательных путей, и человек становится более уязвим для вирусов и других биологических агентов (<https://lenta.ru/news/2022/03/26/pollen/>).

Директор НИИ эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора Михаил Щелканов указывает, что динамика заболеваемости SARS-CoV-2 действительно «по-разному проявится в тех или иных климатических зонах» (<https://lenta.ru/news/2022/02/15/malyshevss/>).

Оценку влияния изменений погоды на распространение коронавируса выполнила *Predict Services*, дочерняя компания *Météo-France*. Согласно публикации в *Le Figaro*, существуют благоприятные условия для того, чтобы аэрозоли, переносящие вирус, оставались во взвешенном состоянии. При этом «сильный ветер, который рассеивает аэрозоли, и дождь, который очищает атмосферу, производят положительный эффект,



не учитываемый гигиенистами» ([https:// www.inopressa.ru/ article/ 27May 2021/ lefigaro/covid19.html](https://www.inopressa.ru/article/27May2021/lefigaro/covid19.html)). Поэтому нами выполнена оценка условия накопления и рассеивания аэрозолей в приземной атмосфере Тульской области. Анализу подлежала многолетняя динамика потенциалов рассеивания и загрязнения приземной атмосферы региона в связи с ходом параметров «космической погоды». В научный оборот используемое понятие вошло в 1995 году и ныне расширяет проблематику влияния окружающей среды на здоровье человека до околоземного космического пространства. Установленные закономерности не противоречит региональным трендам потепления, в т.ч. снижению средней скорости ветра, рассматриваемого как фактор самоочищения воздуха.

Согласно публикации в *Nature Computational Science*, признаки сезонность в распространении SARS-CoV-2 выявили специалисты Барселонского института глобального здравоохранения (*ISGlobal*, Испания). «Инструментами математического моделирования учёные изучили связь между климатом и заболеваемостью на ранней стадии пандемии... Исследование подтвердило, что, в основном, коронавирус передаётся по воздуху, и в этом механизме сезонность играет важную роль» ([https://lenta.ru/news/ 2021/10/22/sezon/](https://lenta.ru/news/2021/10/22/sezon/)).

Согласно публикации *The Guardian*, учёные Университета Вероны (Италия) выяснили, что обусловленное изменениями климата и высокими уровнями промышленных выбросов воздействие загрязненного воздуха увеличивает риск аутоиммунных заболеваний. Длительное превышение пороговых уровней в  $30 \text{ мкг/м}^3$  для частиц фракции  $PM_{10}$  и  $20 \text{ мкг/м}^3$  – для  $PM_{2.5}$  повышает риски развития ревматоидного артрита на 40 %, воспалительных заболеваний кишечника, включая болезнь Крона и язвенный колит, – на 20 %, патологий соединительных тканей – на 15 %. При этом, специалисты Университета Кардиффа установили, что озеленение городов не способно в достаточной мере смягчить последствия глобального потепления в виде волн аномального тепла ([https://www.theguardian.com/ environment/2022/ mar/ 15/ air-pollution-exposure-linked-higher-risk-autoimmune- diseases](https://www.theguardian.com/environment/2022/mar/15/air-pollution-exposure-linked-higher-risk-autoimmune-diseases)).

Резкое ухудшение качества воздуха, вызванное эффектами потепления, наблюдается в большинстве городов Евразийского континента, включая Россию. Так, в марте 2022 года уровень загрязнения воздуха в Омске оказался выше, чем в Индии и Китае, которые обычно лидируют по данному показателю ([https://lenta.ru/news/ 2022/03/18/omsk/](https://lenta.ru/news/2022/03/18/omsk/)).

Влияние факторов окружающей среды сказывается не только на санитарно-эпидемиологическом благополучии населения, уровне общественного здоровья, но затрагивает и продовольственную безопасность регионов мира, обеспеченность населения питьевой водой, усиливает воен-

но-политические риски. В частности, по мнению Генерального секретаря Всемирной метеорологической организации Петтери Тааласа, «негативные последствия климатических изменений ощущают все страны. Эта негативная тенденция продолжится в ближайшие десятилетия... Потепление увеличивает геополитическую нестабильность..., приводит к росту миграции населения, к локальным кризисам и даже вооруженным столкновениям» (<http://cc.voeikovmgo.ru>).

По заключению основоположника российской климатологии М.И. Будыко, сезонная и многолетняя *изменчивость климатических факторов* – важный экологический *сигнал для всех организмов*, включая человека. Поэтому оценка изменений параметров климатического режима территории на основе эмпирических методов обработки данных и/или теоретических моделей актуальна и практически значима. Наибольшее значение имеют расчёты на ближайшие 15-25 лет. Состояние проблемы анализа и прогноза климатических изменений требует совершенствования методов обработки эмпирических данных – их адаптации к массивам привлекаемых региональных рядов, а также использования полученные закономерности для формирования прогнозов различных временных масштабов и степени детализации [2].

Итак, исследования, ориентированные на выявление, анализ и прогноз *вызовов и угроз* в сфере общественного здоровья в условиях роста климатических, техногенных, военно-политических и иных рисков социально-экономического развития, актуальны и практически значимы. Общая цель исследований – купирование угроз национальной безопасности, сопряжённых с региональными аспектами изменения климата, включая влияния этих изменений на самочувствие и здоровье человека.

Задачи исследования:

- *моделирование временной динамики проявления угроз* национальной безопасности, в т.ч. с учётом параметров климатических трендов;
- выявление и анализ долгосрочных тенденций изменения социальных институтов России в условиях кризиса;
- определение путей нейтрализации угроз и компенсации их негативных последствий для безопасности России и её граждан.

Ожидаемый результат данного этапа исследований – верифицируемый прогноз ситуаций регионального развития.

Комплексная оценка пространственно-временной динамики региональных и глобальных военных конфликтов представлена в работах RAND [3, 4], *Stratfor (Strategic Forecasting Inc.)*, *Heritage* и других экспертных организаций.

Согласно оценке генерал-майора А.С. Коржевского, «складывающаяся в мире военно-политическая обстановка характеризуется ростом





количества политических, экономических, социальных, военных, техногенных, экологических и других угроз разного уровня, создающих прямую или косвенную возможность нанесения ущерба национальным интересам и способных влиять на состояние национальной безопасности любого государства. <...> Современные и прогнозируемые вызовы и угрозы... становятся более многоплановыми, их источники – разнородными, механизмы реализации – комплексными, а прогнозируемые последствия – всеохватывающими» [5, с. 7].

Глобальные процессы «привели к стиранию граней между опасностями и угрозами военного и невоенного характера, что, в свою очередь, способствовало активному использованию «нетрадиционных» методов ведения войны... Основные параметры современных угроз и вызовов сконцентрированы в естественных географических средах – суша, вода, воздух, космос и сферах жизнедеятельности человека – политической, экономической, социальной, информационной, духовной и других» [5, с. 11, 16].

Поэтому проводимые нами исследования предполагают статистическую обработку «социальных полей» методами геофизики [6], подходы к исчислению которых разработаны К.Ц. Левином [7].

Главные этапы обработки полей таковы:

- обоснование модели поля и постановка задач трансформации данных;
- фильтрация поля с целью выделения его компонент;
- выявление спектральных и корреляционных характеристик компонент поля (реализована оптимальная селекция сигнала);
- оценка качества обработки данных; анализ и применение закономерностей.

Базовая модель «социального поля» представлена суммой трёх компонент:

$$F(t) = F_{\text{фон}}(t) + F_{\text{сигнал}}(t) + n(t),$$

где  $n(t)$  – погрешность измерений, шум или помеха.

Одним из возможных прогностических параметров поведения системы, или предиктором ( $F_t$ ), является удельная – в расчёте на один элемент – скорость изменения её характеристик. Согласно экологической теории, последняя, в значительной мере, определяется долгосрочными и текущими изменениями окружающей среды (в её широком толковании):

$$r_t = N_t^{-1} \cdot (\Delta N / \Delta t),$$

где  $N_t$  – число элементов системы в момент  $t$ ;  $\Delta N$  – оценка изменения числа элементов за предшествующий интервал времени  $\Delta t$ .





$$+ B3 \cdot \cos(d \cdot T2 + C3) + (B4 \cdot dQ + B5 \cdot d + Z),$$

где  $A_b$ ,  $B_b$ ,  $C_b$ ,  $Z$  – численные коэффициенты;  $d$  – номер даты в упорядоченном ряду;  $T_1$  и  $T_2$  – периоды колебательных мод модели.

В частности, установлено, что  $T_1 \approx 12$  месяцев (естественная сезонность, климат) и  $T_2 \approx 7$  месяцев (механизмы «долгой болезни»).

В качестве возможных механизмов эпидемического процесса выделены:

- естественная сезонность биосферных процессов, влияющая на свойства биологического агента (в фоновой части процесса);
- взаимодействие агента и организма человека под влиянием солнечной активности (в диагностической части процесса).

В целом, причины наблюдаемой синхронизации временной динамики двух или более процессов, конечно, могут быть различными:

- 1) случайное совпадение, в том числе ошибка расчёта;
- 2) нахождение этих процессов в отношениях причины и следствия;
- 3) координация временной динамики процессов третьей внешней силой.

Применительно к рассматриваемому процессу, мы допускаем, что имеются основания говорить о реализации именно третьей причины.

Анализ динамики патологического процесса в ареале Восточной Европы и Евразии позволил оценить среднюю пространственную скорость смещения эпидемической волны:  $V_{ЮС} = 62,929 \pm 29,915$  км/сутки,  $V_{ЗВ} \approx 176,40$  км/сутки. При этом экстремумам прироста заболевших в том или ином регионе предшествуют экстремумы скорости распространения эпидемических волн: лаг между ними составляет около 30-50 суток.

Согласно рис. 1, при сохранении установленной ритмической картины, зимний максимум заболеваемости *COVID-19* в России ожидался нами не ранее двадцатых чисел января 2022 года (конец января – февраль). Далее наличие семимесячной моды позволило допустить прохождение минимума заболеваемости со второй половины мая – в начале июня, а следующего максимума – не ранее третьей декады августа 2022 года (конец августа – сентябрь), что получило фактическое подтверждение.

Сравним полученные результаты с оценками американских экспертов компании *Heritage*, специализирующейся в сфере анализа и прогноза динамики военно-политических, финансово-экономических, социальных, демографических, экологических и иных рисков развития общества [8, 9].

По заключению авторов [8] – сотрудников Центра политики в области здравоохранения и социального обеспечения США Д. Бэджера и К. Дайаратна, базы данных по динамике заболеваемости *COVID-19* фор-

мируются многими штатами США и профильными ведомствами других государств. Например, «Великобритания располагает подробными данными, сгруппированными по возрасту пациентов и статусу вакцинации». На основании статистической обработки данных, эксперты формулируют заключение: «Вакцины, по-видимому, снижают риск тяжёлого течения заболевания. <Однако утверждение чиновников...> о том, что непривитые люди переполняют больницы, не выдерживает критики. Их обещания остановить вирус также кажутся невыполнимым. Увековечивать установку на чрезвычайную ситуацию бесполезно, ошибочно и просто неосуществимо».

Детальный анализ динамики эпидемии *COVID-19* в США представлен в докладе [9]. В работе анализируется, как развивалась пандемия, и формулируются представления о её временных закономерностях. Привлекая данные из различных источников – как зарубежных, так и американских, авторы обсуждают эффективность естественного и приобретённого с помощью вакцин иммунитета в снижении риска госпитализаций и смертности, связанных с *COVID-19*.

В частности, авторы констатируют, что «число случаев заболевания *COVID-19* и госпитализаций достигло новых пиков в январе 2022 года, несмотря на агрессивные фармацевтические и нефармацевтические вмешательства в динамику процесса» (рис. 2).

#### COVID-19 Cases, Deaths

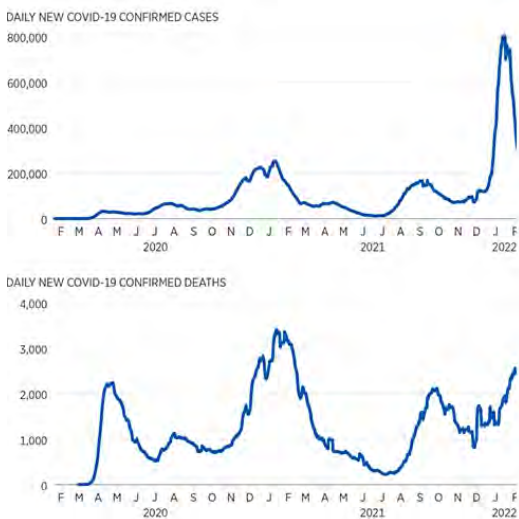


Рис. 2. Динамика ежедневной заболеваемости и смертности пациентов с положительным тестом на *COVID-19* в США



Эксперты *Heritage* уточняют, что в США «число госпитализаций достигало трех основных пиков: зимой 2020-2021 годов, летом 2021 года... и совсем недавно – зимой 2021-2022 годов, при варианте Омикрон». Поэтому так важны «данные штата Массачусетс... о количестве госпитализаций по всем округам в разбивке по статусу вакцинации» (рис. 3).

Согласно рис. 3, «с 13 января 2022 года регистрировалось примерно 50/50 случаев госпитализации по поводу *COVID-19* и с ним. В середине января 2022 года около 52 % пациентов с положительным результатом теста на *COVID-19* были госпитализированы по этой причине... При этом количество госпитализаций с *COVID-19* превысило число госпитализаций с вирусом в феврале. <...> Аналогичная динамика наблюдалась в Коннектикуте» [9].

### Massachusetts COVID-19 Hospitalizations



Рис. 3. Динамика госпитализированных с *COVID-19* пациентов с различным статусом вакцинации (<https://www.mass.gov/info-details/massachusetts-covid-19-vaccination-data-and-updates>, Feb. 07 2022)

Авторы резюмируют: в Америке «...чрезвычайная ситуация в области общественного здравоохранения длится уже третий год. На протяжении всего этого времени пандемия была в центре внимания государственной политики. Увековечивать национальное чрезвычайное мышление бесполезно, ошибочно и неосуществимо, особенно учитывая то, что показывают статистические данные... Государственные должностные лица должны чётко информировать о том, что *COVID-19* является одной из многих проблем общественного здравоохранения и видов болезней, находящихся в обращении; что вакцины и естественный иммунитет снижают риск тяжёлого течения заболевания и смерти; что новые лекарства делают *COVID-19* излечимым заболеванием. Люди, подверженные

наибольшему риску, по-прежнему должны принимать меры предосторожности, но правительственные предписания и ограничения больше неуместны. Политикам пора восстановить нормальную жизнь и двигаться дальше от COVID-19» [9].

Итак, в работе рассмотрена методология анализа и прогноза динамики эпидемического процесса COVID-19 в России. В структуре математической модели, описывающей ход процесса, установлена *сезонная колебательная мода* ( $T \approx 12$  месяцев), видимо, отражающая влияние природных факторов на развитие патологических процессов. Результаты прогнозирования позволили заключить, что «зимняя волна» эпидемического процесса, точнее говоря, её пик, состоится не ранее двадцатых чисел января 2022 года и распространятся на первую половину февраля. Это заключение получило подтверждение не только по фактическим российским данным, но и по результатам статистического анализа хода эпидемии в США, выполненного специалистами аналитической компании *Heritage*.

#### **Библиографический список**

1. Восточный экономический форум. *Климатическая повестка: Вызовы и возможности в новой реальности*. – URL: <https://forumvostok.ru/news/klimaticheskaja-povestka-vyzovy-i-vozmozhnosti-v-novoj-realnosti/> (дата обращения: 08.09.2022).
2. Будыко М.И. *Климат и биосфера// Современные проблемы экологической метеорологии и климатологии: сборник статей*. – СПб: Наука, 2005.
3. *Peering into the Crystal Ball: Holistically Assessing the Future of Warfare*. – URL: [https://www.rand.org/pubs/research\\_briefs/RB10073.html](https://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB10073.html) ( дата обращения: 15.07.2021).
4. *Peering into the Crystal Ball: Environment, Geography, and the Future of Warfare*. – URL: [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR2849z5.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2849z5.html) ( дата обращения: 15.07.2021).
5. *Прогнозируемые вызовы и угрозы национальной безопасности Российской Федерации и направления их нейтрализации: сборник материалов круглого стола (25 августа 2021 г.); ВАГШ ВС РФ. – Москва: Издательский дом «ИМЦ», 2021. – 708 с.*
6. *Вычислительные математика и техника в разведочной геофизике: справочник геофизика/ под ред. В.И. Дмитриева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 498 с.*
7. *Левин, К. Теория поля в социальных науках/ пер. с англ. – СПб: Сенсор, 2000. – 368 с. – (Мастерская психологии и психотерапии).*
8. *Public health COVID-19 data shows it's time for America to return to normal*. – URL: <https://www.heritage.org/public-health/commentary/covid-19-data-shows-its-time-america-return-normal>. Mar 1, 2022 (дата обращения: 12.09.2022).
9. *Public health COVID-19: a statistical analysis of data from throughout the pandemic and recommendations for moving on*. – URL: <https://www.heritage.org/public-health/report/covid-19-statistical-analysis-data-throughout-the-pandemic-and-recommendations>. February 24, 2022 ( дата обращения: 12.09.2022).





УДК 355.013

## СОПРЯЖЕНИЕ ДИНАМИКИ ВОЕННО-ПОЛИТИЧЕСКИХ РИСКОВ С ТЕНДЕНЦИЯМИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Хадарцев А.А., Волков А.В.

Тульский государственный университет, г.Тула, Россия

*Рассмотрены основные результаты формального прогноза временной динамики военно-политических рисков, ограничивающих социально-экономическое развитие России в первой половине XXI века. Показано сопряжение динамики военно-политических рисков с ходом природных процессов, обусловленных изменениями регионального климата.*

В обращении к сотрудникам Службы внешней разведки по случаю столетнего юбилея организации Президент России В.В. Путин подчеркнул: «Обстановка в мире остаётся сложной и очень динамичной. Нам приходится решать нестандартные задачи со многими неизвестными, отвечать на вызовы, в которых велик фактор неопределённости. <...> В этой ситуации приоритетом для СВР и других наших спецслужб является стратегическое прогнозирование международных процессов. И такой анализ должен быть реалистичным, объективным, базироваться на достоверной информации и самом широком круге надёжных источников. Нельзя... выдавать желаемое за действительное. <...> Безусловно, необходим отдельный разговор... о нашем видении будущего... Вновь повторю: сейчас, на фоне фундаментальных трансформаций в мире, важно видеть общую картину происходящего, на этой основе действовать на опережение» (<http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/speeches/68790>).

Действительно, по оценке философа и политолога, профессора МГУ имени М.В. Ломоносова А.Г. Дугина, Россия – на пороге третьей мировой войны, к которой её навязчиво подталкивает Запад. И это – уже не опасение или ожидание, это – факт. Дойдёт ли дело до применения ядерного оружия, вопрос открытый. Поэтому мы должны собрать весь наш глубинный потенциал, чтобы отразить это нападение всеми средствами – мыслью, военной мощью, экономикой, культурой, искусством, внутренней мобилизацией всех структур государства [1].

Предошущение глобального конфликта – ключевая тема не только отечественных, но и зарубежных публикаций. Так, по мнению немецкого издания *Die Welt*, Европа ныне находится в состоянии кризиса, который напоминает падение Римской империи. Ранее издание *Spiked* предрекло

Евросоюзу крах из-за энергетического кризиса, в т.ч. отказа от атомной энергетики (<https://lenta.ru/news/2022/09/11/niedergang/>).

В последние десятилетия ни одна публикация на тему кризисов, пожалуй, не обходилась без ссылки на труды профессора экономики и мировой политики *Princeton University*, лауреата Нобелевской премии, экономиста Пола Кругмана. По мнению учёного, изложенному в книге «*The return of depression economics and the crisis of 2008*», начиная с последней четверти XX века, мир «в режиме шатания» переходит от кризиса к кризису, каждый из которых в значительной мере связан с проблемой генерирования достаточного спроса [2]. Подводя итог рассуждениям, автор допускает, что «финансовая глобализация, несомненно, оказалась ещё более опасной, чем мы предполагали». В современном мире «ресурсы ограничены, и если вы хотите получить больше чего-то одного, то должны ограничить себя в другом. Другими словами, выигрыша без напряжения не существует. Однако истинная редкость – это не ресурсы и даже не добродетели, а понимание происходящего. <...> Некоторые утверждают, что наши экономические проблемы являются структурными, и потому быстрого излечения добиться не удастся. Но я уверен, что единственно важными структурными преградами на пути к процветанию мира являются устаревшие доктрины, которые затуманивают мышление людей» [2, с. 295-296].

Одним из ведущих факторов, определяющих развитие кризиса в любом государстве, Кругман называет «уязвимость рынков к самосбывающейся панике». Безусловно, детали каждого конкретного кризиса остаются объектом яростной полемики на протяжении многих лет, но общие рамки и механизмы возникновения ситуаций подобного типа специалистам известны. «Развитие некоторых экономических кризисов не было каким-то из ряда вон выходящим явлением», и потому их предсказывали заранее. *Однако указать на вероятность предстоящего события – не означает быть готовым ко всем его поворотам и последствиям* [2].

Поэтому соображения, высказанные Кругманом осенью 2022 года в статье *The New York Times*, весьма примечательны. По мнению эксперта, «Запад не ведёт войну с Россией. Но и миром эти отношения никак не назовешь. <...> Европа столкнулась со значительной нехваткой энергоносителей, и повышение цен предлагает всем и каждому стимулы к уменьшению возникшего дефицита... Нам предстоит усвоить урок о том, что такое реалии экономической политики. Вы не можете – да и не должны – всегда и при всех обстоятельствах давать рынкам волю. Плохо, если меры чрезвычайного контроля, которые Европа, по-видимому, собирается ввести, будут впоследствии применяться на постоянной основе. Однако в нынешней ситуации именно *защита семей и сохранение чувства справед-*



ливости – это то, что должно получить приоритет по сравнению с постулатами о рыночной эффективности, которыми пропитаны учебники по экономике» [3].

Итак, *актуальной задачей* является анализ и формальный прогноз военно-политических рисков, которые ограничивают развитие России и её регионов (рис. 1). Получение *количественных оценок динамики* подобных рисков отличает наш подход от простых спекуляций на данную тему.



Рис. 1. Титульная страница презентации доклада в рамках Международного военно-технического форума «Армия-2022»

Одним из источников рисков выступают *климатические изменения (тренды)* и *сопряжённые с ними изменения окружающей среды*, в свою очередь, влияющие на социально-экономическую динамику и уровень общественного здоровья. В более широком аспекте, по мнению отечественных и зарубежных экспертов, войны будущего будут вестись за ресурсы территорий – плодородную почву, благоприятный климат, наличие чистой питьевой и технологической воды.

Инструментом исследований являются развиваемые с 1970-х годов методы геофизики [4]. Теоретическая база наших исследований весьма широка [5-9]. В результате применения методов указанного типа, а также статистической обработки и визуализации данных, получены следующие главные результаты.

Выполнен анализ временной и пространственной динамики заболеваемости *COVID-19* в РФ и ряде государств Восточной Европы. Разработана математическая модель процесса ежедневного прироста заболеваемости в РФ, описавшая свыше 99 % всей дисперсии ряда. В частности, с очень высокой заблаговременностью сделано заключение, что не ранее 20-х чисел января 2022 года (в начале февраля) в России будет отмечаться

очередная «волна» заболеваемости. Минимум заболевших ожидается ближе к середине июня, а следующий максимум состоится в конце августа – начале сентября 2022 года [10]. Примечательно, что по оценкам американских специалистов, в США соответствующая волна также прошла свой максимум в 20-х числах января – начале февраля 2022 года, что ставит для нас больше вопросов: в чём причина подобного синхронизма?

Получена *оценка скорости* распространения эпидемической волны в ареале Евразии – от точки к точке. Аналогичных оценок нам выявить не удалось.

В 2017 году выполнен расчёт динамики военно-политических рисков (военных конфликтов и войн), которые имели отношение к России в XX столетии и позже (рис. 2). В целом, всем минимумам графика соответствуют эпохи снижения рисков, а максимумам – эпохи повышения рисков. *Чем больше амплитуда максимума, тем сложнее ситуация в мире.* После прохождения минимума, очевидно, риск начинает возрастать и наоборот.

Например, максимум первой половины 1980-х годов отражает ситуацию вокруг московской олимпиады 1980 года, смерть Л.И. Брежнева в 1982 году, уничтожение корейского *Boeing-737* на Дальнем Востоке РФ в сентябре 1983 года и последующие события. Максимум начала 1990-х годов – разрушение СССР и усиление угроз сепаратизма на её окраинах. Максимум 2015 года – военную операцию РФ в Сирии; максимум 2019-2020 годов – начало пандемии и её издержки. Обращает на себя внимание, что *расчёт допускает рост военно-политических рисков*, начиная с 2022±1 года и по 2025±1 год. По-видимому, далее на некоторое время произойдет снижение рисков и стабилизация ситуации.

Приведённый на рис. 1 график позволяет выполнить формальный прогноз усиления и ослабления рисков на период до 2050 года.

На рис. 3 показан расчёт динамики социально экономических рисков в США, проведённый в 2004 году.

На этом рисунке в той или иной степени негативные события, в том числе экономические кризисы и спады, отражены минимумами, а позитивные события в их *максимальном проявлении* – максимумами (в силу природы используемого индикатора, или предиктора). Достижение фазы максимума сменяется негативными, деструктивными тенденциями в обществе и наоборот. Установлено, что в окрестности 2019-2020 годов ситуация в ведущей мировой экономике резко ухудшится. После 2025 года возможно локальное улучшение ситуации в форме демографического отклика на знаковое для США событие (победу над врагом; не думаем, что так будут восприняты итоги электорального цикла в самих США 2024 года), но этот всплеск позитива окажется кратковременным. Его вновь сме-

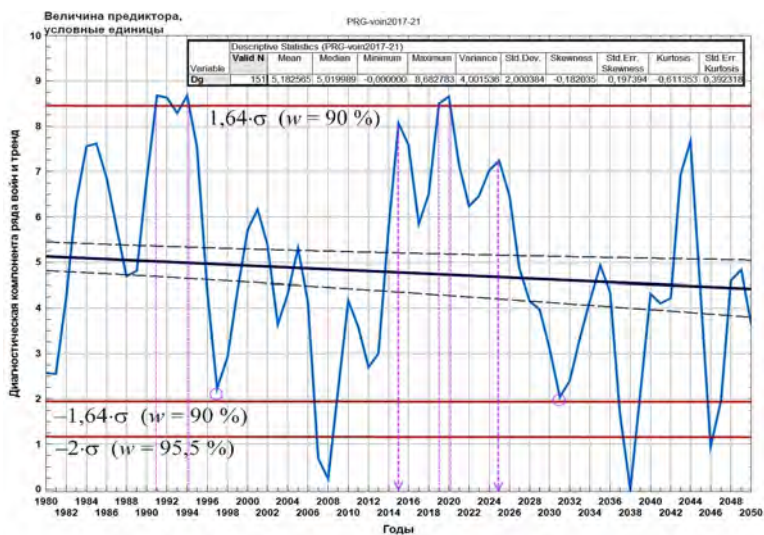


Рис. 2. Динамика диагностической компоненты ряда военно-политических рисков в регионе Восточной Европы

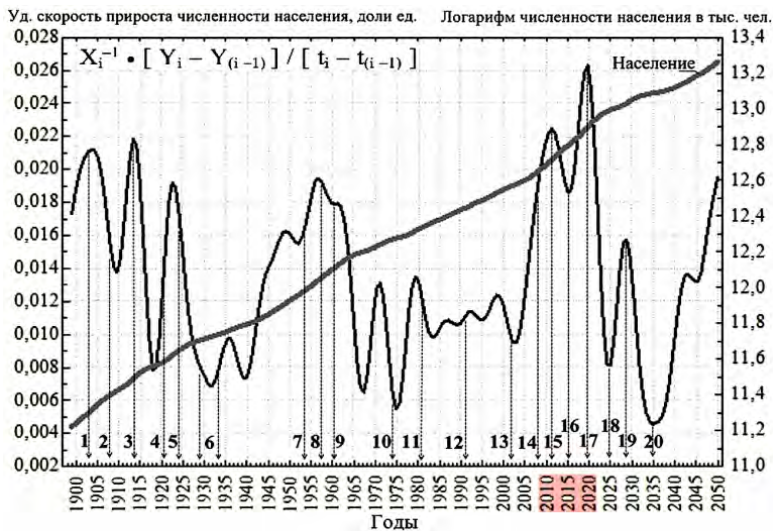


Рис. 3. Динамика социально-экономических рисков развития США

нит спад и депрессия, выход из которой возможен не ранее второй половины 2030-х годов. Тот факт, что крупные эпохи социально-экономического развития действительно разделяют *финальные фазы глобальных потрясений*, иллюстрирует рис. 4. Минимумы на рисунке соответствуют, в целом, позитивным ситуациям (с учётом всего комплекса обстоятельств социально-экономического развития); последние сменяются выраженными негативными тенденциями, наибольшие проявления которых отражают максимумы графика. Например, формально, ситуация в экономике РФ стала ухудшаться, начиная с 2008 года (позиция № 15).

Согласно данному расчёту, финал очередного глобального потрясения (позиции, обозначенные цифрами 1 в кругах разного цвета) возможен в окрестности середины 2030-х годов.

Динамике экономических индикаторов и общей структуре «делового цикла» посвящён целый ряд наших публикаций.

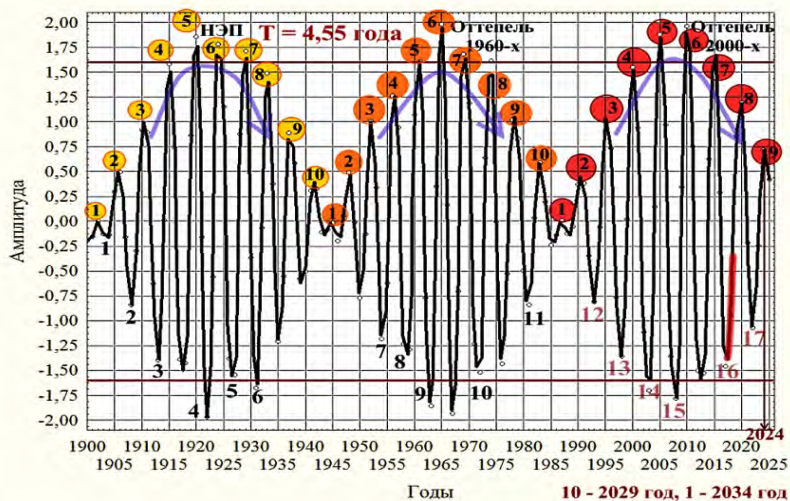


Рис. 4. Динамика «экономического цикла» продолжительностью около 5 лет, дополнительно организованного 50-летним Кондратьевским циклом

Специфика реализуемого аналитического подхода заключается в том, что мы не только намечаем вероятные *рубежные точки исторического развития*, но и предлагаем *трактовку типа предстоящих ситуаций* (безусловно, без учёта деталей). Для этого нами разработана и обоснована классификация ритмов социально-экономического и исторического развития общества, видимо, обладающая чертами периодического



строения. Например, если расчёт позволяет выделить ритм с периодом, находящемся в диапазоне от 17 до 35 лет, речь следует вести именно о регулярности боевых действий – об их усилении и ослаблении. Многие эксперты (А.И. Фурсов, С.Б. Переслегин и другие) разделяют подобное понимание, но общей классификации ритмов ими, видимо, не предложено.

На рис. 5 показан индикатор роста и снижения социальных рисков, выделенный на примере динамики населения Москвы. В данном случае все минимумы соответствуют некоторому усилению рисков (и потому выражены именно минимумами *удельной скорости прироста населения*, отражающими общее реагирование группы), а максимумы – их выраженному ослаблению. Так, усиление рисков возможно в окрестности 2024 года (позиция № 6; начальной фазой развития ситуации выступают окрестности 2020 года), а в 2032 году (позиция № 8) резко завершится эпоха относительного благополучия. Наиболее напряжённая ситуация возможно во второй половине 2030-х годов – в начале 2040-х (позиции №№ 10-11).

Безусловно, временная динамика военно-политических и социально-экономических рисков во многом будет определяться изменениями климата и сопряжёнными с ними изменениями окружающей среды [11]. Выполненные нами расчёты показывают, что для территории Тульской области средние за месяц температуры приземного воздуха, в целом, увеличиваются, а сумма осадков и скорость ветра снижаются (рис. 6).

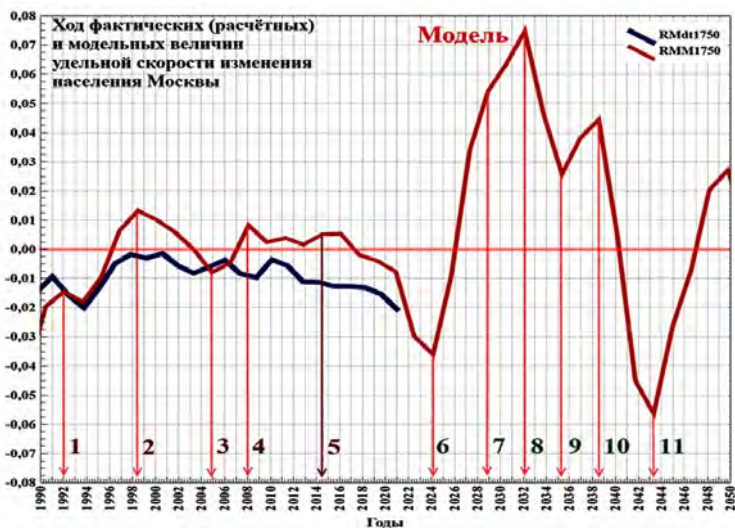


Рис. 5. Динамика социальных рисков для населения Москвы

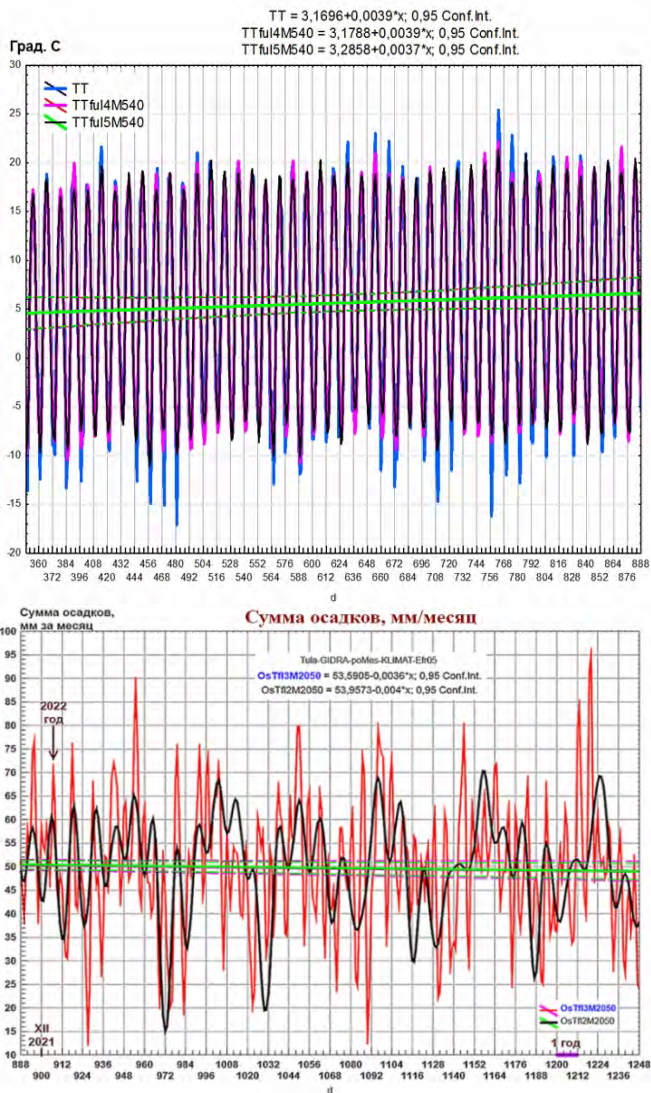


Рис. 6. Анализ и прогноз динамики приземных температур и суммы осадков (трендов) в Тульской области на период до 2050 года



С подобными немонотонными – колебательными – изменениями климата сопряжены не только показатели ряда отраслей экономики, но и динамика уровня общественного здоровья. Нами показано сопряжение, то есть согласование динамики изменений во времени, военно-политических, демографических и климатических индикаторов развития центра ЦФО РФ (рис. 7).

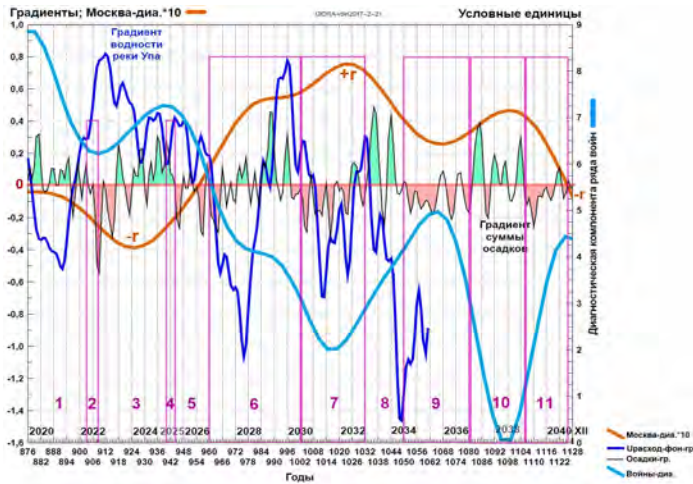


Рис. 7. Сопряжённое изменение разнородных показателей развития центра ЦФО

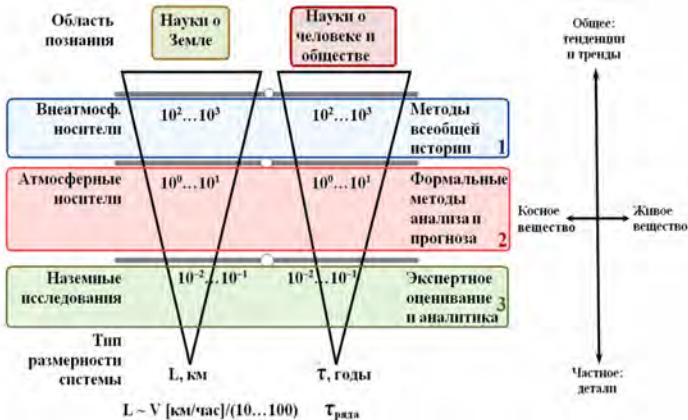


Рис. 8. Принципы комплексирования подходов и методов исследований исторической динамики

Например, согласно рис. 7, снижение военно-политических рисков до очередного минимума (линия голубого цвета) весьма позитивно воспринимается населением (линия оранжевого цвета), поскольку качество жизни восстанавливается. В окрестности второй половины 2030-х годов случится резкое возрастание военно-политических рисков и ухудшение качества жизни населения.

Безусловно, методы формального анализа и прогноза ситуаций развития входят в более широкий комплекс методов исследований исторической динамики, что иллюстрирует рис. 8.

Согласно рис. 8, формальные методы (№ 2) верифицируются результатами экспертного оценивания тех или иных событий и ситуаций (№ 3) и, в свою очередь, опираются на фундаментальные законы и закономерности, устанавливаемые исторической и иными науками (№ 1).

#### **Библиографический список**

1. Дугин А.Г. *Начинается*. – URL: <https://izborsk-club.ru/23346> (дата обращения: 19.09.2022).
2. Кругман П. *Возвращение великой депрессии? Мировой кризис глазами нобелевского лауреата/ пер. с англ. В.Н. Егорова*. – Под общ. ред. М.Г. Делягина, Л.А. Амелехина. – М.: Эксмо, 2009. – 336 с. – (Экономика: мировые тенденции).
3. Кругман П. *В Европе устанавливается экономика военного времени. The New York Times*. – URL: <https://inosmi.ru/20220912/ekonomika-256046427.html> (дата обращения: 12.09.2022).
4. *Вычислительные математика и техника в разведочной геофизике: справочник геофизика/ под ред. В.И. Дмитриева*. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 498 с.
5. Берталянфи Л. фон. *Общая теория систем – критический обзор // Исследования по общей теории систем: сборник переводов*. – URL: [http://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy\\_1.html](http://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy_1.html) (дата обращения: 09.11.2015).
6. Крушинский, Л.В. *Эволюционно-генетические аспекты поведения: избранные труды*. – М.: Наука, 1991. – 259 с.
7. Соколова, Л.В. А.А. *Ухтомский и комплексная наука о человеке*. – СПб: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2010. – 316 с.
8. Левин, К. *Теория поля в социальных науках/ пер. с англ.* – СПб: Сенсор, 2000. – 368 с. – (Мастерская психологии и психотерапии).
9. Чижевский, А.Л. *Земля в объятиях Солнца*. – М.: Изд-во Эксмо, 2004. – 928 с. – (Антология мысли).
10. Хадарцев А.А., Волков А.В. *Математические модели текущего этапа эпидемии COVID-19 в России и их особенности// Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXIX междунар. научно-практической конф.; под общ. ред. В.М. Панарина*. – Тула: Инновационные технологии, 2021. – 234 с. – URL: <http://www.semikonf.ru/archive> (дата обращения: 07.12.2021).
11. *Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год*. – Москва, 2022. – 104 с.







УДК 622.867.32

## УСЛОВИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ГОРНОРАБОЧИХ И СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

**Ракша А.И., Ковалев Р.А.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Средства индивидуальной защиты горнорабочих служат для защиты от неблагоприятного воздействия окружающей среды. Индивидуальные кондиционеры, изготовленные на базе вихревых труб, могут обеспечивать не только охлаждение вдыхаемого воздуха, но и охлаждение защитных костюмов.*

*Ключевые слова: средства защиты органов дыхания, горнорабочий, охлаждение вдыхаемого воздуха, индивидуальный вихревой кондиционер.*

В системе мероприятий по улучшению условий охраны труда в горнодобывающей промышленности, большое внимание уделяется обеспечению горнорабочих удобными и высокоэффективными средствами индивидуальной защиты (СИЗ). Спецодежда служит для защиты горнорабочих от неблагоприятного воздействия внешней среды, тако-го как механическое, химическое и термическое. На горных предприятиях для защиты органов дыхания от воздействия низких температур окружающего воздуха, вредных газов и паров применяются средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).

Применяемые на рудниках и шахтах средства индивидуальной защиты органов дыхания должны обеспечивать достаточную защиту от воздействия вредных производственных факторов (вредных паров, газов, низких температур окружающего воздуха) [1], что, в свою очередь, имеет отрицательное влияние на здоровье горнорабочего, а следовательно, приводит к повышенному уровню заболеваемости - профессиональным заболеваниям. Важно отметить, что грамотный подбор средств индивидуальной защиты горнорабочего с учетом конкретных производственных и климатических условий, есть актуальная задача в области охраны труда горнорабочих.

Помимо защиты органов дыхания, горнорабочему необходимы средства индивидуальной противотепловой защиты, предназначенные для обеспечения нормальных условий терморегуляции там, где применение общего кондиционирования рудничного воздуха экономически нецелесообразно или невозможно.

Сегодня перспективно использование вихревых индивидуальных кондиционеров [2], для разделения исходного потока в которых

применяется вихревая труба, с целью охлаждения или подогрева вдыхаемого воздуха. Так же вихревые трубы могут быть применимы для охлаждения защитных костюмов горнорабочих, для применения в экстремальных условиях труда.

Повышенная температура вдыхаемого воздуха может помешать горнорабочему в подземных условиях своевременно и правильно применять средства индивидуальной защиты органов дыхания в течение всего периода эвакуации. Известны случаи, когда предельно высокая температура вдыхаемого воздуха приводила к ожогам дыхательных путей и лёгких и вынуждала горнорабочих снимать СИЗОД.

Регулирование температуры воздуха возможно в индивидуальных вихревых кондиционерах, как дополнительное устройство для самоспасателей, что делает их весьма перспективными во многих областях производства, например, в горнодобывающей отрасли или для работников МЧС.

**Библиографический список:**

1. ГОСТ Р 12.4.195-99 ССБТ. СИЗ органов дыхания. Классификация.
2. Ракиа А.И. Индивидуальных вихревой кондиционер для применения в горной отрасли [Текст] / А.И.Ракиа, Известия ТулГУ, серия: «Технические науки», выпуск 10, Тула 2021 – 139-140 с.



УДК 504.05

## **ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КАЧЕСТВО ВОД БАССЕЙНОВ РЕК ОКИ И ДОНА ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Киреева А.С., Ковалев Р.А.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Представлены результаты исследований по оценке качества поверхностных вод Тульской области, а именно рек бассейнов р. Оки и р. Дона. Установлено, что качество рек в среднем можно отнести к классу «Грязная», превышение ПДК проявляется в большинстве створов рек. В целом показаны негативные стороны антропогенного воздействия на водные ресурсы Тульской области.*



*Ключевые слова: качество воды, загрязнение воды, антропогенное воздействие, предельно-допустимые концентрации, промышленный регион.*

Особенностью Тульской области является высокая концентрация различных предприятий промышленности, расположенных на относительно небольшой территории, примерно 25700 км<sup>2</sup>. Активное антропогенное воздействие на природные ресурсы Тульской области, в том числе и водные, началось с разработки месторождений Подмосковского угольного бассейна. Лидерами среди районов оказались Узловский, Новомосковский, Донской, Щекинский и др. Несмотря на то, что на территории не осталось ни одной действующей шахты, территория региона продолжает оставаться под высоким воздействием антропогенной деятельности человека, теперь уже со стороны промышленных предприятий.

Промышленность региона достаточно разнообразна с высокими показателями инвестиционного климата. На международной выставке ИННОПРОМ-22 Тульская область заняла 10-е место по эффективности реализации промышленной политики. Среди крупных предприятий можно выделить ООО "Каргилл", АО "НАК "Азот", АО "Тулачермет", ООО "Тулачермет-Сталь", ПАО "Квадра", ООО "Хавейл мотор мануфэкчуринг рус", АО "Щекиноазот", ООО "Проктер энд гэмбл-Новомосковск", АО "Евраз ванадий Тула", АО, ПАО "КМЗ", АО "АК "Туламашзавод", ООО ТД "Щекиноазот", ООО "Полипласт Новомосковск", АО "Тулаточмаш", ООО "Еврохим-энерго", ПАО "Императорский Тульский оружейный завод" и многие другие. С учетом существующих предприятий властями региона анонсировалось открытие новых производств и расширение старых, таких как ООО «Возрождение» входящее в состав компании «Мэйджор», новое производство компании «Щекиноазот», строительство второй очереди завода по производству соли ООО «Киреевский солепромысел», создание кластера по выпуску электротехнического оборудования для электроэнергетики в особой экономической зоне «Узловая», производство полимолочной кислоты под руководством компании ООО «Плант Спэйс». Проанализировав ситуацию с существующими предприятиями и с учётом перспектив построения новых, можно сделать вывод о том, что антропогенное воздействие человека и связанных с ним экономической, хозяйственной, производственной, культурной, рекреационной деятельности и др., будет только усиливаться, в том числе и на водные объекты, так как любое предприятие в своей деятельности использует воду, загрязняя её отходами, в том числе представляющими многокомпонентные смеси.

Федеральными органами исполнительной власти, Министерством природных ресурсов и экологии Тульской области и другими профильными организациями уделяется большое внимание вопросам экологии, в том числе вопросам, связанным с недопущением сброса неочищенных сточных вод в реки и другие объекты гидросферы. Несмотря на проводимые мероприятия, существующие программы и штрафы предприятий ежегодно в водные объекты Тульской области сбрасывается порядка 150 млн. кубометров неочищенных сточных вод, нанося тем самым невосполнимый вред. [1]

Согласно докладу об экологической ситуации Тульской области за 2021 г. [1] основными источниками загрязнения являются АО «Тулагорводоканал» с объемом сброса сточных вод 61,51 млн.м3, АО «НАК «Азот» - 32,01 млн.м3, ЗАО «ЕЗСК сервис» - 7,28 млн.м3, МУП «Водопроводно - канализационное хозяйство» МО г. Алексин и Алексинский район - 4,82 млн.м3, ООО «Новомосковскгорводоканал» - 7,39 млн.м3, ООО «БОС -Эксплуатация» - 5,63 млн.м3, ФКП «Алексинский химический комбинат» - 2,2 млн.м3, МП «Водоканал» МО Богородицкий район - 1,46 млн.м3, ООО «Абсолют» - 1,4 млн.м3, Филиал АО «НПО «Тяжпромарматура» АЗТПА - 1,16 млн.м3, АО «Машиностроительный завод «Штамп» им. Б.Л. Ванникова - 1,05 млн.м3, Филиал ООО «Эссити» в г. Советске - 1,0 млн.м3, ПАО «КМЗ» - 0,98 млн.м3. Основными загрязняющими компонентами является азот аммонийный, взвешенные вещества, БПКполн, железо, нитриты, нитраты, фосфаты, сульфаты, хлориды, медь, нефть и нефтепродукты, никель, цинк и относящиеся к металлургическим производствам цианиды, роданиды. Согласно [2] многие канализационные сети изношены на 60-80%, что обуславливает протечки и попадание неочищенных сточных вод в поверхностные и подземные воды, а некоторые объекты сельских и городских поселений вовсе не имеют очистных станций и сброс неочищенных стоков производится в ближайший водный объект.

Классификация качества воды подразделяется на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности:

- 1-й класс — условно чистая;
- 2-й класс — слабо загрязненная;
- 3-й класс — загрязненная;
- 4-й класс — грязная;
- 5-й класс — экстремально грязная.

На исследуемых участках, согласно [1] качество реки воды реки «Дон» можно отнести к классу «4А Грязная». Из 14 загрязняющих показателей наблюдало превышение ПДК по 7 показателям в фоновом



Рис.1 Основные реки на территории Тульской области

створе и 10 в контрольном. Показатель загрязненности БПК<sub>5</sub> по сравнению с предыдущим годом увеличился до загрязненности высокого уровня. Также наблюдается ухудшение состояния качества вод по таким показателям как ХПК и нитритный азот. Качество воды реки р. Красивая Меча ухудшилось до класса «3А Загрязненная» с превышением ПДК по 5-7 показателям из 14, а также рост органических загрязнений БПК<sub>5</sub>. Качество воды р. Ока остается на уровне 3А «Загрязненная». Превышения ПДК отмечены по 5-6 показателям качества из 14, наибольшую долю из которых в оценку загрязненности вносят органические вещества по БПК<sub>5</sub>. Качество воды р. Упа в различных населенных пунктах улучшилось, перейдя в разряды «3А Загрязненная» и «3Б Очень загрязненная», в среднем превышения ПДК по 6-9 показателям из 14. Наибольшую долю в оценку загрязненности вносят медь, органические вещества по БПК<sub>5</sub> и ХПК, нитритный и аммонийный азот.

Качество воды р. Воронка характеризуется разрядом «3Б Очень загрязненная». Превышения ПДК отмечены по 7 показателям из 14, из которых загрязненность органическими веществами по БПК<sub>5</sub> и медью является характерной среднего уровня, а нитритным азотом - устойчивой среднего уровня. Качество воды р. Мышега перешел из «4В Очень грязная» в разряд «4А Грязная». БПК<sub>5</sub>, ХПК и нитритный азот являются критическими показателями загрязненности. Превышение ПДК по 9 из 14 показателей. Также отмечается превышение ПДК по нефтепродуктам, формальдегиду и фенолам. Качество воды Шатского водохранилища относится к классу «4А Грязная». Превышения ПДК наблюдались по 5-8 показателям из 14. Критическими показателями загрязненности являются показатели БПК<sub>5</sub> и нитритный азот. Среди показателей, наиболее серьезно оказывающие негативное воздействие на качество воды являются БПК<sub>5</sub>, ХПК, нитритный азот, медь, а согласно [3] еще и аммонийный азот, железо, формальдегид и сульфаты.

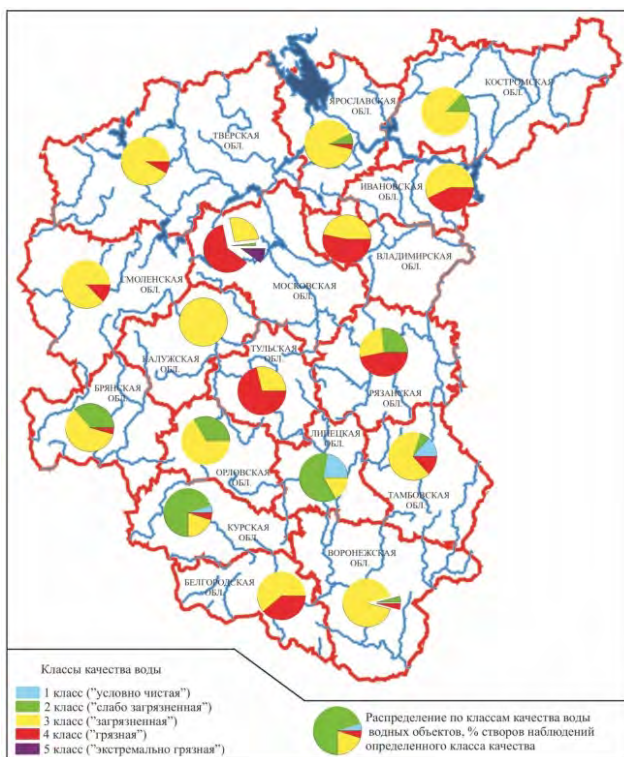


Рис. 2 Качество поверхностных вод на территории ЦФО



Общая картина по Тульской области и других областей ЦФО выглядит следующим образом, где ТО по степени загрязненности воды проигрывает только Московской области. Самыми «чистыми» являются Курская и Липецкая области.

Из вышесказанного можно сделать вывод, качество воды на территории Тульской области оценивается как «Грязная», где основными показателями, нередко являющимися критическими значениями загрязненности воды являются нитритный и аммонийный азот, медь, ХПК, БПК<sub>5</sub>, сульфаты и др.

Интересными оказались исследования С.А. Лапина [4], где проводился сравнительный анализ гидролого-гидрохимического состояния водохранилищ г. Новомосковска Тульской области. За объекты исследования были приняты Шатское, Любовское и Пронское водохранилища. Автором данные водохранилища выбраны не случайно. Интерес представляет сравнение долго подвергающихся антропогенному воздействию Шатское и Любовское водохранилища и, относительно, нетронутое Пронское водохранилище, расположенные в пределах одной природно-климатической зоны.

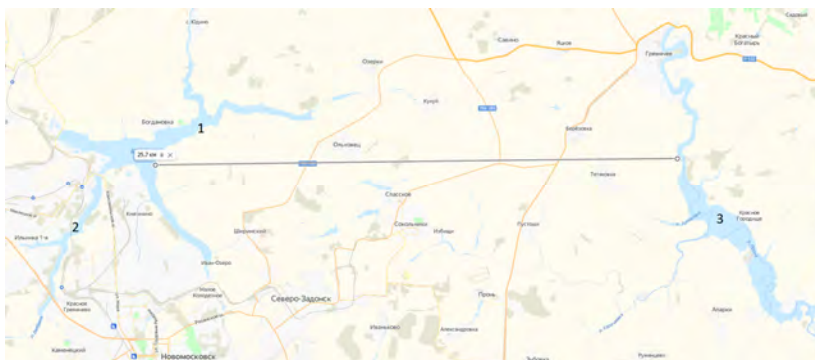


Рис. 3. - 1 -Шатское водохранилище; 2 – Любовское водохранилище; 3 – Пронское водохранилище.

Гидролого-гидрохимические параметры и ионный состав вод на Пронском водохранилище проводились по следующим показателям: рН, O<sub>2</sub>, Si, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Минерализация общая, Жесткость общая (Ca<sup>2+</sup>+ Mg<sup>2+</sup>, мг-экв/л). По результатам исследования все показатели находились в пределах допустимых концентраций, что свидетельствует об относительно «чистом» водоёме. Что нельзя сказать о Шатском и Любовском

водохранилищах. Содержание аммонийного азота составляет 1,2 мг/л, что в 3 раза превышает предельно-допустимые концентрации для рыбохозяйственных водоёмов. Также содержание нитритного азота находится в пределах 0,48-0,71 мг/л, что в среднем в 30 раз превышает предельнодопустимые нормы. По всем точкам отбора наблюдалось превышение фосфатов до 0,269 мг/л. Жёсткость воды Шатского водохранилища составляет 5 мг-экв/л и минерализацией 700 мг/л. В Любковском водохранилище 9 мг-экв/л и 953 мг/л соответственно, что отвечает уровню очень жестких вод. Отмечается увеличение анионов: сульфат-ионов – в 4–5 раз и хлорид-ионов – в 15–20 раз. Из катионов наиболее заметно увеличение ионов натрия в Шатском водохранилище (> 20 раз) [4].

Таким образом, можно сделать вывод, что там, где существуют промышленные предприятия нередко происходит сброс недоочищенных стоков в близрасположенные водоёмы. Решение проблемы видится не в ограничении работы предприятий, а в улучшении качества работы очистных сооружений и повторном использовании вод. Например, согласно [1] введение на территории предприятия "Щекиноазот" в г. Щекино в эксплуатацию новых очистных сооружений привело к уменьшению на 11,25% объема загрязненных сточных вод.

**Библиографический список:**

1. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2021 год [Электронные ресур]: <https://ekolog.tularegion.ru/upload/iblock/72a/erl670bzrratu3vglb15q5j1fi125oqy.pdf> . Дата обращения 28.10.2022г.
2. Об актуализации схем водоотведения сельских и городских поселений муниципального образования Щекинский район: Постановление Администрации Щекинского района от 14.01.2020 №4 – 365.
3. Информация о наиболее загрязненных водных объектах Российской Федерации (приложение к ежегоднику). Качество поверхностных вод Российской Федерации за 2019: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды федеральное государственное бюджетное учреждение "гидрохимический институт". - Ростов-на-Дону, 2020. – 150 с.
4. С.А. Лапин Сравнительная оценка гидролого-гидрохимического состояния водохранилищ Новомосковского района Тульской области в осенний период. // Вопросы рыболовства. – 2017- Т. 18 №3. – С. 328-355.







УДК 628.32

## **ВОЗМОЖНОСТИ И ДОСТОИНСТВА ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ В АППАРАТАХ С ПЕРЕКРЕЩИВАЮЩИМИСЯ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УТИЛИЗАЦИИ БИООТХОДОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

**Ковалев Р.А., Селиверстов Г.В., Кирева А.С.**  
*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*В данной работе рассматривается возможность очистки сточных вод животноводческих комплексов в аппаратах с перекрещивающимися магнитными полями. Представлены результаты проведенных исследований с оценкой влияния комплексной обработки в аппаратах с перекрещивающимися магнитными полями с вариацией одного-двух УАП и добавлением угля или торфа и известкового молока.*

### **Введение**

Технологическое оборудование на основе инновационной технологии в аппаратах с перекрещивающимися магнитными полями предназначено для высокопроизводительной очистки городских бытовых и промышленных сточных вод, и канализационных осадков с минимальными затратами энергии. Оно также может являться основой для строительства очистных систем населенных пунктов с локальной и централизованной канализациями, а также очистных сооружений промышленных предприятий любого профиля, в том числе предприятий пищевой и легкой промышленности, по переработке сельскохозяйственной продукции, промышленных животноводческих комплексов и т.п.

### **Актуальность**

Инновационная энергосберегающая технология обработки в аппаратах с перекрещивающимися магнитными полями основана на применении аппаратов, генерирующих вращающееся электромагнитное поле и представляющих реактор проточного типа (рис. 1). В рабочей зоне реактора размещаются ферромагнитные элементы (рабочие тела). При своем движении рабочие тела непрерывно излучают силовые импульсы, выдержать которые при непосредственном контакте не могут практически никакие материалы. Обработываемые материалы в рабочей зоне интенсивно перемешиваются и испытывают ударное импульсное воздействие большой мощности.



**Рис. 1. Установка по переработке навоза с применением аппарата обработки во вращающихся магнитных полях**

В рабочей зоне аппарата на обрабатываемые среды (вещества, материалы) оказываются следующие воздействия:

- механическое (интенсивное диспергирование компонентов и частиц и их перемешивание и удары рабочих тел);
- деструктурирующими потоками, ослабляющими внутримолекулярные и межатомные связи в результате действия электромагнитной линзы индуктора
- гидродинамическое, выражающееся в больших сдвиговых напряжениях в жидкости, развитой турбулентности, пульсациях давления и скорости потока;
- гидроакустическое в жидких средах за счет мелкомасштабных пульсаций давления, интенсивной кавитации, ударных волн и вторичных нелинейных акустических эффектов;
- микродугами и электромагнитным полем вихревого тока;
- гидролиз и ионизация воды с выделением  $\text{H}^+$  и гидроксильной группы  $\text{OH}^-$ ;



- тепловое воздействие;
- уничтожение патогенной микрофлоры и микроорганизмов.

Суммарное воздействие всех факторов создает очень высокий уровень активации всех компонентов вещества, участвующих в процессе, и позволяет в сотни и тысячи раз повысить производительность производственных процессов, снизить материало- и энергоёмкость, осуществить процессы, ранее считавшиеся недостижимыми и нерентабельными.

Такие особенности данного процесса обуславливают его многофункциональность и возможности практических применений для различных технологических процессов.

Традиционная переработка жидкого навоза – прежде всего его гомогенизация, то есть усреднение состава путем перемешивания различными способами, затем длительная выдержка в навозохранилищах для обезвреживания и вывоз на поля. Однако существующие способы гомогенизации не обеспечивают длительность равномерного распределения всех компонентов в общей массе. При традиционной технологии гомогенизации действует всего один фактор – перемешивание. При использовании аппаратов с перекрещивающимися магнитными полями действуют несколько факторов: перемешивание, измельчение твердой фазы, обеззараживание, уничтожение семян сорных растений. В рабочей зоне реактора все процессы идут одновременно.

Перемешивание. Установлено, что после обработки полужидкий навоз вообще не расслаивается в течение 2-3 недель, а сам характер разделения приобретает новый порядок. Отсутствует верхняя корка из всплывших частиц, на дно опускается практически вся масса твердых частиц, образуя осадок. Жидкость приобретает прозрачность, правда, после сравнительно длительной, выдержки, что обычно не наблюдается при выдержке в навозохранилищах.

Измельчение твердой фазы, одновременно с перемешиванием происходит с большой интенсивностью и скоростью в проточном режиме (табл. 1).

Традиционно для обеззараживания отходов животноводческих комплексов используют хранилища жидкого и полужидкого навоза, в которых проходят биохимические реакции, вследствие которых внутри поднимается температура. В результате в навозе резко снижается содержание болезнетворной микрофлоры и гельминтов. Однако все же существует опасность возникновения инфекционных заболеваний, появления возбудителей и эпидемий.

В случае обработки в аппаратах с перекрещивающимися магнитными полями уничтожение микрофлоры проходит еще в рабочей

зоне аппарата (рис. 1). Гельминты и их яйца уничтожаются в основном магнитогидродинамическими ударами и активным воздействием среды. Микрофлора уничтожается комплексно, за счет магнитогидродинамических ударов, интенсивного вращения потока жидкой фазы и сильно ионизированной среды. Введение добавок, которые, диссоциируя, дополнительно ионизируют навоз, весьма способствуют ликвидации микрофлоры.

**Таблица 1.**

Изменение фракционного состава твердой фазы промышленных отходов животноводческих комплексов после обработки в аппаратах с перекрещивающимися магнитными полями

Обработка	Влажность %	Фракционный состав. %						Примечание
		3 мм	2 мм	1 мм	0,5 мм	0,25 мм	Менее 0,25 мм	
Исходный	93,27	7,38	5,78	18,59	4,76	4,89	58,6	
После обработки	95,03	0,29	0,21	12,59	5,94	6,06	76,91	Время обработки 3-10 сек. При производительности 5 м <sup>3</sup> /час.

Применение безопасной гидроокиси калия значительно упрощает обеззараживание навоза в любых хозяйствах, ее эффективность при этом выше, чем у формальдегида. Следует отметить, что использование в качестве дезинфицирующей добавки гидроокиси калия значительно облегчает проведение нейтрализации навоза как с точки зрения безопасности работ, так и с точки зрения сохранения нормальной экологической обстановки. Кроме того, КОН, переходя в раствор, является хорошим удобрением.

Такой степени обезвреживания навоза и, соответственно, других подобных типов промышленных отходов, вод с очень высокой скоростью не удастся получить биоочисткой и биофильтрацией, как и любым другим известным способом обеззараживания (табл. 2).



Таблица 2

Влияние комплексной обработки в аппаратах с перекрещивающимися магнитными полями с вариацией одного-двух УАП, постоянных магнитов и добавлением угля или торфа

	Показатели испытаний	Нормы Рыбодоходо-звй-ства	Водо-провод-ная вола	Без катушки с двумя УАП	С катуш-кой с двумя УАП	Без двух УАПов	Со вторым УА-Пом	Два УАПa + изв. мол. + 50%	Два УАПa + изв. мол. + 50%	Два УАПa + пост. магнит+ 100%
1	Железо мг /куб. дм	0,1	2,78	0,21	0,05	0,05	0,23	0,2	0,05	0,13
2	Химич. потребл. ки-слорода, мг /куб. дм	До 15	32	112	28	384	120	40	8	56
3	Сухой оста-ток, мг/куб. дм	1000	876	1620	1410	1452	1391	1624	1556	1938
3	Нитраты мг/куб. дм	40(9)	5,68	14,4	25,3	8,28	6,3	0,1	0,1	0,1
4	Фосфаты мг/куб. дм	0,05	0,75	1,31	0,42	1,79	0,87	0,05	0,1	0,21
5	Хлориды мг/куб. дм	Не бо-лее 30	25,27	55,0	33,53	86	135	128	210	198
6	Фосфор, мг/куб. дм	0,05	0,24	0,42	0,13	0,58	0,28	0,02	0,03	0,1
7	Сульфаты мг /куб. дм	Не бо-лее 50	238,8	130,7	178,1	258	202,5	188	190	
8	Массовая концен-трация общего азота, мг/ куб. дм.	50	1,28	3,25	5,71	1,86	1,42	0,02	0,02	0,02

Основные операции по подготовке навоза к использованию обычно следующие: накопление, гомогенизация, обеззараживание, разделение на жидкую и твердую, фракцию, получение сыпучих торфонавозных компостов, вывоз прямо на поля или через промежуточные хранилища сыпучих, жидких, полужидких фракций и равномерное распределение по площади поля. Для качественного осуществления разработаны весьма сложные и громоздкие сооружения и соответствующая техника для смешивания, погрузки, транспортировки и внесения навоза на поля. Существует множество модификаций этих сооружений и технологий. Однако, у них несколько общих недостатков: требуются очень высокие капитальные затраты; не обеспечивается на-

дежное обеззараживание и уничтожение семян сорных растений; низкое качество органических удобрений, экологическая опасность, в частности, внесенные удобрения смываются осадками и тальми водами. Вывоз на поля жидких удобрений сопровождается огромными непродуводительными затратами, так как вывозимый навоз содержит 70-90% воды (это обстоятельство является следствием низкой эффективности отделения жидкой фазы от твердой). Применяемый повсеместно отстой идет очень медленно и не дает хороших результатов. Известны несколько способов ускорения сгущения навоза: при помощи центрифуг, центробежных сгустителей, шнековых сгустителей с фильтрами и др.

Вывоз на поля навоза полученной консистенции приводит при дожде к массовому смыву. Чтобы предотвратить смыв, предлагается гомогенизированный навоз превращать в твердые гранулы. Для этого в полужидкий навоз после обработки в рабочей зоне реактора добавляется негашеная известь, связывающая химически воду. Гранулы, вывезенные на поля, не смываются паводковыми водами и дождями и эффективно действуют несколько лет.

Во всех случаях ликвидируются огромные накопители, в которых месяцами выдерживают навоз, становится ненужной большая часть транспортной техники, резко сокращаются площади, занимаемые оборудованием для переработки навоза, сокращаются материало- и энергозатраты и, что очень важно, значительно облегчаются экологические условия вокруг ферм и на полях.

В результате, после обработки в аппаратах с перекрещивающимися магнитными полями данных типов промышленных отходов животноводческих комплексов получают полупродукт, равномерный по составу, полностью обеззараженный и имеющий необходимую консистенцию. Жидкое обеззараженное минеральное удобрение можно без выдержки направлять на поля или использовать по традиционной технологии для компостирования с соломой, торфом, опилками и др. В этом случае жидкое удобрение не нуждается в длительной биотермической переработке. Жидкие стоки, прошедшие обработку могут использоваться как оборотная вода.

Из этого полуфабриката возможно получение двух основных видов промышленной продукции: гранулированные органоминеральные удобрения или спрессованные контейнеры для рассады. Технологии их получения практически не отличаются – изменяются только вводимые добавки.

**Библиографический список**

1. Компания *GlobeCore* [Электронный ресурс]. URL: <https://avs.globecore.ru/articles/cleaning-waste-water.html> ( дата обращения: 20.10.2020)



2. Логвиненко Д.Д., Шеляков О.П. Интенсификация технологических процессов в аппарате вихревого слоя. – Киев: «Техника», 1976.
3. Никитенко М.И. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов в аппаратах с вихревым слоем: Автореф... дис. кан. наук. – Киев.: 1996. – 18 с.
4. Паулинг Л., Природа химической связи, пер. с англ., М. — Л., 1947;
5. Уэланд Д., Теория резонанса и её применение в органической химии, пер. с англ., М., 1948;
6. Полинг Л., Теория резонанса в химии, «Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева», 1962, т. 7, № 4, с. 462;
7. Pauling L., The nature of the chemical bond, 3 ed., Ithaca — N. Y., 1960;
8. Логвиненко Д.Д., Шеляков О.П. Интенсификация технологических процессов в аппаратах вихревого слоя, «Техника» Киев, 1976;
9. Вершинин Н.П., Вершинин И.Н. Проблемы нейтрализации негативного воздействия человека на природу. Технологии и промышленные аппараты с нетрадиционным энергетическим обеспечением. «Академия медико-технических наук, Самарское отделение», Сальск, Ростов-на-Дону, 2012;
10. Вершинин Н.П., Вершинин И.П. Патент на полезную модель № 50876 от 26.10.2005. «Установка активации процессов»;
11. И.М. Кавицкий, Б. А. Рушаник, А. А. Демидов. «Механизм воздействия модификаторов при структурообразовании высокопрочного чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом». Литейщик России, 2008, № 10, с. 25 – 29;
12. Рушаник Б.А., в соавторстве. Патент № 2344900 от 21.12.2006 г. Способ обработки расплавов сплавов.
13. Рушаник Б.А. в соавторстве. Патент № 2409704 от 08.06.2009 г. Способ диссоциации воды на водород и кислород и устройство для его осуществления.



## **КАДАСТР, ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

UDK 422.01.20

### **SOME OF THE PROBLEMS A COMPLEX OF MEASURES FOR IMPROVING THE CADASTRE VALUATION OF AGRICULTURAL LANDS**

**Rakhimbabaeva M.Sh., Kamalova D.M.**

*Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering  
Republic of Uzbekistan*

*The article shows that land is a unique and irreplaceable natural resource. Therefore, it is always at the center of the interests of human society, which gather around themselves various objective and subjective interests, norms and rules for the possession and use of it. The earth is both a natural "body" and an economic resource. Land resources for all humankind, at all times of its existence are the most important object of its being, an object of material reality, a capital asset.*

*Key words: land, cadaster, nature, agricultural land, land use, subject, ecology.*

Land is a unique and irreplaceable natural resource. Therefore, it is always in the center of the interests of human society, which are "grouped" around the distribution, redistribution, use and restoration of its useful consumer properties, norms and rules of its possession and use.

The earth is both a natural "body" and an economic resource. Land resources for all humankind, at all times of its existence, are the most important object of its existence, an object of material reality, a capital asset.

The transition of the Republic of Uzbekistan to a tough market economy required an accelerated transformation of all spheres of socio-



economic life, including in the field of land relations. The structure of land resources and the system of land legal relations that took shape in Soviet times in the new market conditions could not ensure the effective use of huge land assets Of the Republic of Uzbekistan with a total area of 0.8 million hectares, which objectively required their reform and the creation of conditions for the lawful transition of land plots to effective economic entities capable of increasing the productivity of land and preserving the environmental friendliness of the natural environment. In market conditions, the role of cadastral valuation of land plots is increasing as an important tool for regulating land and property relations and its impact on the efficiency of land use.

The state assessment of the cadastral value of agricultural land, carried out in the middle of the last decade, was a major step in substantiating the value of agricultural land, their place and role as the main means of production and capital asset of market entities in agro-economics.

However, in the process of practical application of the cadastral assessment of agricultural land over the past five years, both shortcomings in the economic justification and methodological and methodological errors and miscalculations were revealed. Noted by many economists, as well as leaders of the republics of Central Asia, a number of regional and municipal administrations.

The problems of the state cadastral valuation of agricultural land include a complex system of financial and economic, socio-economic, legal and international relations. They are difficult for scientific, theoretical, methodological and methodological comprehension, cognition and generalization, as well as in the practice of using generalized knowledge about land as the main factor in food production, ensuring food well-being and security of the country. in the context of globalization of the market turnover of agricultural raw materials, food products, land plots.

Land plots are unique in their natural, technological characteristics and location, inimitable and irreplaceable as an alternative. It is not possible to justify the approaches in determining their value in full, and therefore the techniques of typing and comparisons are used. However, at the same time, "details" and "specific signs" are not always taken into account. Namely, the "details" often conceal significant substantive signs of a qualitative nature that manifests itself in the process of managing the land.

These points are important for all subjects of land tenure and land use. In addition, their number is measured in tens of thousands of agricultural organizations, farms, about 5 million garden plots. There are over 2 million plots in the household sector of the population. The cadastral registration of lands affects the vital interests of more than 12 million Uzbek

families, along with farms and agricultural enterprises. The transition to the cadastral base of land taxation affects the complex of financial, economic, regulatory and legal, and with them the political aspects of land relations.

In the Republic of Uzbekistan, the farming sector of land management is still in its infancy. Its assessment and relationship in the process of applying the estimated results is extremely important for the organization and stable development of this important sector of the agro-economy. Of the 150,000 registered farmers, almost half of their total number has ceased or temporarily suspended agricultural activities. Lack of regulation of land is one of the reasons for the unfavorable situation in the farming sector.

In modern Uzbek agriculture, there are several tens of thousands of agricultural cooperatives, joint stock companies, limited liability companies, state and municipal unitary enterprises, educational and research institutions. Land relations in their sectors are different, but for all they are very important in terms of the validity of their land assets. In terms of area, they are much larger and natural forage lands occupy a significant place in their composition.

Their condition turned out to be extremely neglected, their fertility was undermined, and many of them are no longer capable of forage reproduction. Accounting for their value is specific, complex and in most cases formal, significantly overestimating the total value of the lands of agricultural enterprises.

In the composition of land plots, six types of economic purposes are identified, the assessment of which is tied to the first type, to agricultural land directly.

Lands are valued based on the specific indicator of the cadastral value of agricultural land, or their minimum or average value. Overestimation of this indicator in their quantitative determination leads to an excessive overestimation of the value of the entire land area and excessive taxation of a business entity.

The accumulated experience allows us to take another significant step in improving the approaches and methods of substantiating the cadastral value of land, which is very important in the course of updating the cadastral valuation at a new stage of the scientific substantiation of valuation in the constituent entities of the Republic of Uzbekistan and municipalities.

Many works reveal the multifaceted aspects of land tenure, land use and state regulation of effective land management, taking into account the balance of interests of the subjects of market interaction, the preservation

and increment of the value of land, as an irreplaceable and limited resource of increasing national economic and human significance.

In a post-industrial society, the impact of urbanization of society, chemicalization and modernization of economic processes, and radiation pollution of many agricultural areas on land is sharply increasing.

Assessment of the ecological state of agricultural land is becoming more and more relevant in many aspects of human life, his environment, and the ecological purity of food.

The purpose of our research is to develop a set of measures to improve the cadastral valuation of agricultural land, taking into account the environmental component and disclose the methodological and methodological principles of substantiating the assessment of agricultural land in order to improve land tenure and land use of land plots in the process of complicating economic ties and expanding the system of lease relations and taxation.

To achieve this goal, the following tasks were set and solved - to reveal the natural evolution of theoretical approaches and methods of substantiation in determining the value of agricultural land in the process of developing the agrarian theory and methodology for assessing land plots as a special commodity of the land market and a specific capital asset, to substantiate the continuity of scientifically grounded assessment methods and their adaptation to the needs of market management for earth; - to substantiate methods for assessing the cost of lease rights and rent for land, which is important in the development of mortgages, taking into account the increasing role of the environmental factor of land use; - to determine the tendency of the relationship and complementarity of market and state-regulatory approaches to substantiating the cadastral valuation of agricultural land from the standpoint of balancing the interests of land users and state-municipal budgets; - to argue the need for timely withdrawal from agricultural use of excessively contaminated (chemically and radiation) lands on the basis of their assessment; - to substantiate the effectiveness of mortgages based on the pledge of the cost of lease rights to a land plot, as one of the most effective investment instruments.

In the course of the research, scientific methods of historicism, dialectical disclosure of contradictions, a systematic approach, monitoring observations, computational and constructive, economic and mathematical modeling, comparative analytical, method of analogies, etc. were used.

The main means of agricultural production in the market conditions of economic activity, as well as well as regulatory legal acts of the Republic of Uzbekistan, Scientific novelty of the results - theoretical approaches and methods for determining the value of agricultural land are disclosed, among

them the priority of the analog-comparative approach in determining the value of land plots and substantiating the role of the rental approach as market relations develop. Specifies the specifics of substantiating the cadastral valuation of plots: in the segment of the slowly emerging land market of agricultural land - the state-normative approach to accounting for land rent and capitalizing it at the rates of deposits, with an increasing consideration of the role of the environmental factor as the solvent needs for environmentally friendly products increase.

Substantiated the need to apply a variety of principles and approaches due to the variety of economic and economic conditions of management, the difference in the dynamics of the development of the land market and the improvement of the methodology for assessing the quality of land plots in its segments, which is especially important in assessing arable land that has dropped out of crop rotation; methods have been developed for determining the value of the rights to lease agricultural land and the amount of rent on its basis.

The necessity of appropriation by landowners (land users) of a part of the rental income as an important condition for the acquisition of a land plot in ownership or lease and an incentive for effective land use and an indispensable condition for civil turnover of agricultural land, an important factor in preserving land fertility and increasing the market value and their cadastral valuation. A method for quantitative accounting of the ecological state of land plots in the cadastral valuation has been developed, substantiating the need to exclude from the category agricultural lands that are excessively contaminated and have lost their fundamental features as the main factor in the production of useful agricultural products.

The practical significance of the research lies in the results, which have a certain theoretical and practical significance in the process of updating the market and cadastral valuation of land in order to obtain a more substantiated instrument for regulating land relations in taxation and lease of land.

The implementation of generalizations and conclusions is aimed at overcoming difficulties in a number of agricultural sectors and at its accelerated modernization as an important area of the national economy. The developed methodology for quantitative accounting of the impact of environmental factors on the value of agricultural land can be used to adjust the cadastral value of agricultural land in the Republic of Uzbekistan.

The provisions developed in the work are used in the educational process at the Department of Geodesy, Cartography and Cadaster of the Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering.



УДК 631.6, 711.143

## **ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ ПОЛОС И ИХ КАДАСТРОВЫЙ УЧЁТ**

**Венглинская О.А., Устинова Е.А.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Рассмотрены вопросы лесомелиорации для защиты урбанизированных и природных территорий от вредного воздействия промышленных объектов, освещены проблемы кадастрового учета лесомелиоративных полос.*

*Ключевые слова: лесомелиорация, лесомелиоративные полосы, кадастровый учет, ЕГРН, землепользование.*

Системы ветрозащитных и стокорегулирующих лесных насаждений способствуют решению проблем организации рационального природопользования на равнинных и склоновых землях. Они помогают защитить урбанизированные земли от негативного влияния антропогенных объектов, остановить и предотвратить ветровую и водную эрозию, чрезвычайные ситуации в перспективе, а также обеспечить устойчивость и безопасность использования земельных ресурсов в границах населенных пунктов и за их пределами.

Несмотря на то, что экологизация производственных комплексов и восстановление природных ландшафтов является актуальной темой в зарубежных научных сообществах, в России наблюдается недостаточный уровень освещения проблемы опасности промышленных предприятий, свалок ТБО, заброшенных карьеров и шахт не только для природной среды вокруг таких объектов, но и потенциального здоровья жителей близлежащих населенных пунктов, флоры и фауны данного региона.

Потенциал лесомелиоративных работ в значительной степени формируется с учетом ряда факторов: неровность рельефа, осадки, вызывающие вредный сток, дефляционно-опасные ветры, а также необходимость решения ряда эколого-экономических проблем, связанных с урбанизированными землями на территории России [6].

Действующие в стране инструкции и рекомендации по технологиям лесоразведения на равнинной и наклонной местности датированы второй половиной прошлого века [6]. Основные исследования по анализу эффективности защитных лесных насаждений проводились преимущественно в условиях плановой экономики и в настоящее время утратили свою актуальность [7]. Также лесомелиоративные полосы как правило формировали вокруг территорий сельскохозяйственного

производства. Ввиду того, что исследования лесополос вокруг промышленных территорий почти не проводились, образовался теоретический пробел в научной базе для качественного исследования в дальнейшей перспективе.

В настоящее время в России остро стоит задача оживления систем земледелия и повышения эффективности отечественного производства в условиях политики импортозамещения. Это создает предпосылки для развития лесомелиорации сельскохозяйственных угодий и формирования защитных лесополос вокруг промышленных комплексов, а также разработки программ защитного лесоразведения. Формирование границ земельных участков под мелиорируемыми землями, а также внесение сведений в ЕГРН не только о таких лесных землях, но и антропогенных объектах, повлияет на заполнение публичной кадастровой карты Российской Федерации и позволит в перспективе сформировать ЗОУИТ, тем самым закрепив важность влияния таких объектов на природную среду на законодательном уровне.

Большое значение с точки зрения лесоструктурной ценности имеет качество и состав проектируемых лесополос. При формировании проекта лесомелиоративных работ необходимо учитывать не только степень негативного влияния ограждаемого деревьями объекта, но и текущее эрозионное состояние почв, показатели загрязненности грунтовых вод и атмосферного воздуха. Также важным аспектом для проектирования является уровень существующей лесозащищенности земель и тип рельефа местности: равнины или склоны.

Большинство производств расположено на равнинной местности, однако часто крупные заводы тяжелой промышленности нуждаются в этапах охлаждения продукции при производстве, для чего используют водоёмы. В связи с этим на окружающей территории наблюдаются эрозионные процессы по берегам склонов водоемов. Также при разработке карьеров и формировании терриконов или свалок ТБО естественные природные ландшафты нарушаются, что также формирует сильные перепады высот в совокупности с ровной поверхностью местности.

Тульская область расположена на севере Среднерусской возвышенности. Ее территория представляет собой обширную площадь поднятия с равнинно-волнистой поверхностью и с густой овражно-балочной сетью, в значительной своей части покрыта лесом. Земли Тульской области ежегодно подвергаются сильному эрозионному воздействию талых вод.

В связи с этим важен показатель эффективности мелиорации на крутых склонах, которыми нередко являются сами антропогенные

объекты (терриконы, свалки ТБО, отработанные карьеры и шахты). На сильно эродированных почвах показатель эффективности снижается на 23–24 %. В связи с этим в условиях неровного рельефа защищенность путем проведения лесомелиоративных мероприятий увеличивается с увеличением крутизны склонов за счет уменьшения межполосных расстояний. Это связано с превышением допустимой величины смыва почв в результате водного стока [7].

При увеличении крутизны склонов от  $2,1^\circ$  (слабосмытые почвы) до  $5,0^\circ$  (среднесмытые почвы) облесение увеличивается в 1,4–1,9 раза. На равнинных территориях при формировании проекта лесомелиоративный работ используют 3–4-рядные лесополосы общей шириной 9–12 м [6]. Полосы располагают параллельно друг другу, перпендикулярно направлению наиболее вредных ветров, преобладающих на данной территории [6].

На сильно эродированных крутых склонах от  $5,0^\circ$  до  $6,0^\circ$  в нижнем пролете лесополосы предусмотрено устройство простейших гидротехнических сооружений, которые, взаимодействуя со стокорегулирующими лесополосами, повышают эффективность лесомелиоративных мероприятий в 1,5–4,0 раза [8]. При этом общая ширина лесного насаждения может быть уменьшена до 6 м (на 2 ряда). Это естественным образом снижает затраты на реализацию проекта (почти на 25%), но в то же время повышает устойчивость землепользования и доводит экологическую безопасность антропогенных объектов до 100%.

Главный вопрос проектирования лесополос – это определение оптимальных расстояний между основными полосами, их ориентации относительно направления вредоносных ветров. Путем анализа почвенно-климатических условий роста насаждений из разных пород деревьев, типа антропогенного объекта, его величины и уровня негативного воздействия на окружающую среду, изучения ветров и эрозионных процессов [6], которым подвержена исследуемая территория, возможно сформировать оптимальную ширину лесополос и количество рядов в них. Данный аспект влияет на точность данных при кадастровом учете, которые передаются в Росреестр при регистрации земельного участка под лесомелиоративными полосами.

Перспективность заполнения информационной базы ЕГРН и формирование особо охраняемых природных территорий вокруг объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, является важной причиной проектирования лесомелиоративных полос вокруг антропогенных объектов. Лесомелиорация земель осуществля-

ется в соответствии со ст. 25 Федерального закона «О мелиорации земель» [2] и лесным законодательством [1].

Кадастровый учёт лесных участков, как и обычных земельных участков, осуществляется на основании заявления и документов, которые предусмотрены Федеральным законом о регистрации [3], необходимых для ГКУ в тех или иных случаях.

Основанием для подготовки межевого плана должен являться проект защитных лесных насаждений. Согласно инструкции Департамента мелиорации [5] проект лесополос состоит из чертежей (ландшафтная карта с легендой, чертежи гидротехнических сооружений, почвенная карта) и пояснительной записки. На отдельный чертеж наносится проект системы защитных лесных насаждений в масштабе 1:25000, а также условные обозначения и экспликация с указанием существующих и проектируемых видов защитных лесных насаждений, виды деревьев, величина уклона местности и занимаемая площадь [5].

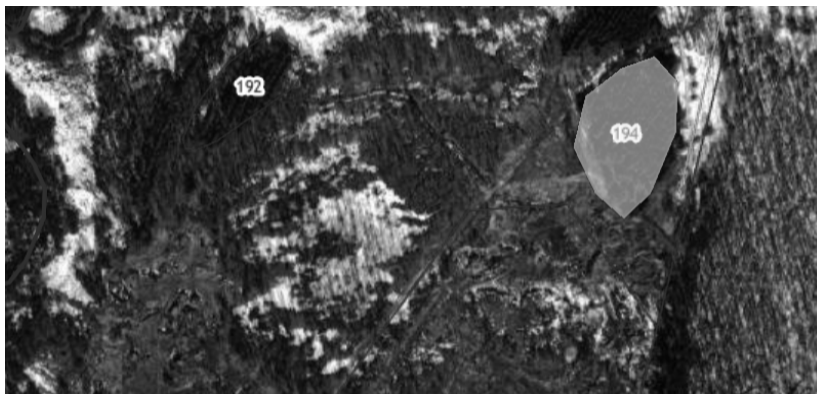
Земельное законодательство не уточняет способ определения характерных точек границ земельных участков, занятых лесом. Также возникает вопрос о принадлежности земельных участков под лесомелиоративными полосами к землям лесного фонда или лесничествам того или иного региона страны. Являются ли они лесными землями или их можно отнести к категории земель промышленности с наложением зоны особо охраняемых природных территорий (ООПТ), ведь лесные полосы выполняют защитную функцию вокруг объектов, находящихся на землях промышленности.

В ЕГРН земельные участки, в границах которых высажены защитные полосы деревьев, могут быть расположены на землях различных категорий и иметь различные виды разрешенного использования (ВРИ).

Например, на землях лесного фонда такие земельные участки могут быть использованы для ведения лесного хозяйства (рисунок 1) или для осуществления рекреационной деятельности (рисунок 2), на землях населённых пунктов - для благоустройства территории, в случае расположения рядом с населенным пунктом (рисунок 3), на землях сельскохозяйственного назначения - для сельскохозяйственного использования (рисунок 4).

На данный момент невозможно поставить на кадастровый учёт земельный участок, предназначенный для лесомелиоративных мероприятий, ввиду отсутствия законодательно регламентированного вида разрешенного использования. При формировании объекта возникает вопрос о выборе ВРИ и необходимости образования ООПТ для данного земельного участка вокруг опасного антропогенного объекта.





**Рис. 1. Земельный участок с сосновыми лесополосами вокруг Демидовского карьера (К№ 71:14:020901:194)**



**Рис. 2. Земельный участок вокруг АО «КБП» (К№ 71:00:000000:112176)**



**Рис. 3. Земельный участок между д.Никитино и АО «Тулачермет» (К№ 71:00:000000:145392)**



Рис. 4. Земельный участок между ТБО и с/х территориями и д.Малая Еловая (К№ 71:14:030601:521)

Таким образом, привлечение внимания научного сообщества, а следом и законодательных органов к проблемам кадастрового учета лесомелиоративных полос позволит уточнить нормативно-правовые акты в сфере защитных мероприятий вокруг объектов, оказывающих негативное влияние на урбанизированные и природные территории.

**Библиографический список:**

1. Лесной кодекс РФ: от 04.12.2006 № 200-ФЗ : (ред. от 30.12.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
2. Федеральный закон «О мелиорации земель» от 10.01.1996 N 4-ФЗ (ред. от 08.12.2020) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
3. Федеральный закон «О государственной регистрации недвижимости» от 13.07.2015 N 218-ФЗ (ред. от 14.07.2022) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
4. Приказ Росреестра от 23.10.2020 N П/0393 (ред. от 29.10.2021) (Зарегистрировано в Минюсте России 16.11.2020 N 60938)
5. Правила проектирования, создания и ухода за защитными лесными насаждениями на землях сельскохозяйственного назначения. Департамент мелиорации Министерства сельского хозяйства РФ. Новочеркасск, 2015 – С.1-41, URL: [https://informraduga.ru/sites/all/files/2015-11-25\\_rosniipm5.pdf](https://informraduga.ru/sites/all/files/2015-11-25_rosniipm5.pdf)
6. Корнеева Е.А. Экономическая оценка и управление продуктивностью агролесоводства с точки зрения устойчивого землепользования на юге Российской равнины/ Е.А. Корнеева // Forests № 13, 172, 2022. – С.1–17, URL: <https://doi.org/10.3390/f13020172>
7. Сурмач Г.П. По допустимым нормам эрозии и классификации почв путем промывания / Г.П.Сурмач // Soil Sci № 7, 130, 1985. – С.103–111
8. Сурмач Г.П. Образование рельефа, формирование лесостепей, современная эрозия и антиэрозионные меры / Г.П.Сурмач // Всероссийский научно-исследовательский институт агролесоводства, Волгоград, 1992



УДК 332.63

## **ОСОБЕННОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ГРАНИЦАХ ЗОН С ОСОБЫМИ УСЛОВИЯМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ**

**Тесаков Н.Е.**

*Тулский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассмотрены предпосылки совершенствования процедуры проведения государственной кадастровой оценки земельных участков применительно к объектам, расположенным в границах зон с особыми условиями использования территорий.*

В числе принципов земельного законодательства особое место занимает концепция платности использования земли. Механизм реализации данного принципа закреплен в Главе X Земельного кодекса Российской Федерации – так, одной из основных форм платы за использование земли является земельный налог [1].

Положениями налогового законодательства закреплено, что налоговой базой при определении размера земельного налога является кадастровая стоимость соответствующих земельных участков. В данной связи принципы достоверности и справедливости определения кадастровой стоимости земельных участков приобретают важнейшее значение при реализации фискальной функции – от ее величины напрямую зависит размер налоговых отчислений, осуществляемых собственниками земельных участков в бюджет [6].

Тенденция формирования единообразной системы учета объектов недвижимого имущества, обусловленная созданием Единого государственного реестра недвижимости, затронула также процедуру государственной кадастровой оценки. Данные о кадастровой стоимости объекта недвижимости являются составным элементом Единого государственного реестра недвижимости и относятся к дополнительным сведениям об объекте недвижимости.

Модернизация системы государственной кадастровой оценки был реализована в рамках Федерального закона от 03.07.2016 № 237-ФЗ «О государственной кадастровой оценке» (далее – Закон о ГКО), закрепившего ряд существенных преобразований [2]. Так, например, проведение государственной кадастровой оценки осуществляет специализированное бюджетное учреждение, определенное соответствующим нормативно-правовым актом конкретного субъекта Россий-

ской Федерации. Кроме того, подзаконным актом была установлена методика проведения государственной кадастровой оценки, конкретизирован перечень ценообразующих факторов, используемых при оценке.

Положениями Федерального закона от 31.07.2020 № 269-ФЗ предусмотрено проведение в текущем году на всей территории Российской Федерации государственной кадастровой оценки земельных участков всех семи категорий. При этом не принимается во внимание ранее учитываемая периодичность такой оценки [3]. Отчетные материалы текущей оценки уже представлены бюджетными учреждениями в Фонд данных Росреестра (далее – ФД ГКО) и в ближайшее время будут утверждены [8]. Применяться установленная кадастровая стоимость будет в соответствии с требованиями законодательства в «ретроспективном формате» – то есть с 01 января 2022 года.

Стоит обратить внимание, что при проведении указанной оценки использовалась новая методика – 01 марта 2022 года вступил в силу Приказ Росреестра от 04.08.2021 № П/0336 «Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке». В целом, сама технология определения не претерпела существенных изменений. Одно из изменений рассмотрено в рамках настоящей статьи.

Пунктом 26.3 Методических указаний закреплено, что для земельных участков обязательному рассмотрению в части возможного влияния на величину кадастровой стоимости подпадают сведения о нахождении такого земельного участка в границах зоны с особыми условиями использования территории (далее - ЗОУИТ) [5]. Кроме того, данное нововведение нашло отражение и в содержании пункта 3 статьи 14 Закона о ГКО [2].

Ранее пунктом 1.11 Приказа Минэкономразвития России от 12.05.2017 № 226 предусматривалось, что определение кадастровой стоимости осуществляется без учета обременений (ограничений) объекта недвижимости, за исключением ограничений прав на землю, возникающих в соответствии с законодательством (в том числе, в связи с установлением ЗОУИТ). В настоящее время, как было отмечено выше, учет при проведении государственной кадастровой оценки факта нахождения земельного участка в границах ЗОУИТ носит обязательный характер.

Представляется, что нахождение земельного участка в границах ЗОУИТ может ограничивать права собственника на использование такого объекта по целевому назначению. Данное обстоятельство прямо следует из положений Главы XIX Земельного кодекса Российской Федерации. Значительные ограничения предусматриваются и соответ-

вующими положениями об иных ЗОУИТ [1]. Так, например, согласно п. 5 Постановления Правительства РФ от 03.03.2018 № 222 в границах санитарно-защитных зон запрещается использование земельных участков, например, для жилой застройки, строительства объектов образовательного и медицинского назначения, размещения некоторых спортивных сооружений и т.д. [4].

Возвращаясь к вопросу проведения массовой кадастровой оценки в текущем году, стоит подчеркнуть, что нахождение земельного участка в границах ЗОУИТ учитывается при выполнении работ – данное обстоятельство находит отражение в материалах ФД ГКО. Рассмотрим, например, земельный участок с кадастровым номером 71:12:020104:173, расположенный по адресу: обл. Тульская, р-н Киреевский, с. Новое село, ул. Молодежная, дом 1а, с видом разрешенного использования «для ведения личного подсобного хозяйства». В границах земельного участка располагается индивидуальный жилой дом. В свою очередь, границы земельного участка частично попадают в охранную зону «ВЛ-6 кВ Сельэлектро-3 ПС-77 Болоховская, Киреевский район, Тульская область» (Рисунок 1).



**Рис. 1. Фрагмент сервиса «Публичная кадастровая карта»**

Структура ФД ГКО позволяет узнать планируемую к утверждению кадастровую стоимость рассматриваемого земельного участка, а также ценообразующие факторы, повлиявшие на оценку. Как видно из Рисунка 2, при расчете величины кадастровой стоимости

был учтен ценообразующий фактор «К3» - так называемый коэффициент на ЗОИТ. Значение данного коэффициента на 2022 года составило 0,61 [10].



Рис. 2. Сведения фонда данных государственной кадастровой оценки по выбранному земельному участку

Таким образом, стоит отметить, что совершенствование методики государственной кадастровой оценки позволяет учитывать все больше факторов, влияющих на величину кадастровой стоимости. Представляется, что данное обстоятельство позволит в будущем минимизировать количество завышений итоговых показателей. Однако, следует понимать – количество объектов недвижимости, включаемых в перечни государственной кадастровой оценки достаточно велико и избежать ошибок полностью невозможно. В данной связи собственникам объектов следует обращать особое внимание на промежуточные результаты оценки, осуществлять взаимодействие с бюджетными учреждениями, являющимися исполнителями работ (например, посредством предоставления деклараций о характеристиках объекта недвижимости), а также активно применять механизмы оспаривания

кадастровой стоимости, предусмотренные действующим законодательством.

#### **Библиографический список**

1. Земельный кодекс Российской Федерации: от 25.10.2001 № 136-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2001. № 44. Ст. 4147.
2. О государственной кадастровой оценке: Федеральный закон от 03.07.2016 № 237-ФЗ // Российская газета. – 2016. – № 146.
3. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 31.07.2020 № 269-ФЗ // Российская газета. – 2020. – № 173.
4. Об утверждении Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон: постановление Правительства РФ от 03.03.2018 № 222 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2018. – № 11. – Ст. 1636.
5. Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке: приказ Росреестра от 04.08.2021 № П/0336 // СПС КонсультантПлюс // Опубликовано 20.12.2021 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>.
6. Нигматуллина Э.Ф. Справедливость как основное начало фискальных платежей (на примере налогообложения недвижимого имущества) // Правовые вопросы недвижимости. 2021. № 1. С. 25 – 27.
7. Савинов К.А., Лаврентьев А.Р. Изменение кадастровой стоимости объекта недвижимости: модернизированный порядок и практика применения // Финансовое право. 2022. № 6. С. 38 – 40.
8. Фонд данных государственной кадастровой оценки [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии: официальный сайт. URL: [https://rosreestr.gov.ru/wps/portal/p/cc\\_ib\\_portal\\_services/cc\\_ib\\_ais\\_fdgko](https://rosreestr.gov.ru/wps/portal/p/cc_ib_portal_services/cc_ib_ais_fdgko).



**УДК 528.4**

## **ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ РЕЕСТРОВЫХ ОШИБОК, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ЕГРН**

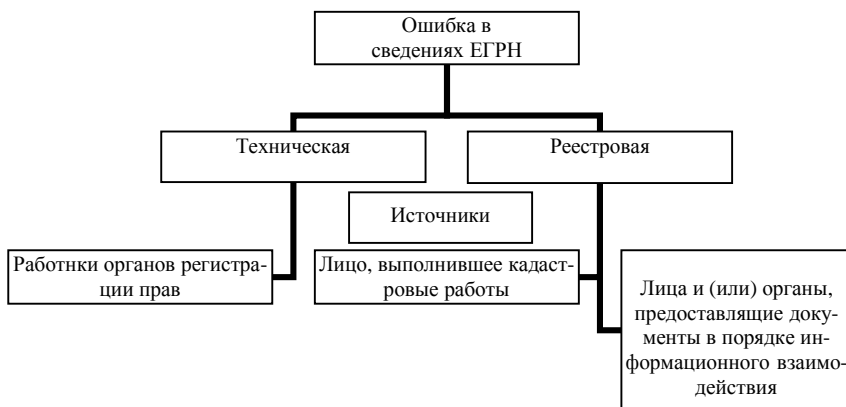
**Егорова Т.А., Кургузова А.Д.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Рассматривается проблема существующей классификации реестровых ошибок в Едином государственном реестре недвижимости. Предложены варианты дополнения классификатора с целью более точной дифференциации видов реестровых ошибок.*

*Ключевые слова: реестровая ошибка, недвижимость, кадастр.*

Реестровые ошибки – это ошибки, которые вносятся в сведения Единого государственного реестра недвижимости на основании сведений, передаваемых в органы регистрации прав. В настоящее время довольно актуальным является вопрос классификации, способов выявления и устранения таких ошибок, возникающих в результате пополнения сведений в Едином государственном реестре недвижимости. Законодательство Российской Федерации в данный момент предусматривает деление реестровых ошибок на «технические» и «реестровые». Они классифицируются исходя из источника возникновения (рис.1) [1].



**Рис. 1. Классификация ошибок в сведениях ЕГРН**

В научной литературе данной теме посвящено огромное количество публикаций. Например, в совместной работе П.С. Батина, А.В. Дубровского и Г.А. Рунковской предложена альтернативная классификация реестровых ошибок, основанная на группировке видов ошибок по различным признакам [2]. В статье Д.И. Скачкова и Д.В. Антропова приводится разделение реестровых ошибок по дате и источнику возникновения, этапу выявления и порядку устранения, однако данная дифференциация ориентирована в основном в отношении ошибок в сведениях ЕГРН в отношении земельных участков и не всегда применима к объектам капитального строительства.

Исходя из практики выполнения кадастровых работ, можно сделать вывод, что причины возникновения реестровых ошибок в документах, передаваемых в органы регистрации прав, различны и не всегда связаны с действиями кадастрового инженера. Условно их можно разделить на ошибки «грубые» и возникающие под воздействием внеш-



них факторов. В настоящий момент понятие «грубой ошибки» не установлено в законодательстве Российской Федерации, под этим термином понимается внесение в документы некорректных основных и дополнительных сведений об объекте недвижимости по вине исполнителя.

Наглядным примером ошибок, возникающих под воздействием внешних факторов, можно считать государственную регистрацию «жилых строений», расположенных на дачных и садовых земельных участках, в период до 01.03.2019г. «Жилое строение» в качестве назначения здания было введено в земельное законодательство с 2017 года, однако соответствующая XML-схема для регистрации все еще находится в разработке. По этой причине «жилые строения» в разные периоды времени регистрировались либо как нежилые здания, либо как жилые дома со внесением соответствующей информации в раздел «особые отметки». Данное противоречие вызвано отсутствием однозначного определения «жилого строения» в законодательстве РФ и сменой позиции Росрестра.

Необходимость в установлении единой позиции по данному вопросу обозначилась с переходом от норм Федерального закона от 15 апреля 1998г. №66-ФЗ к требованиям Федерального закона от 29 июля 2017г. №217-ФЗ изменившего ранее действующее законодательство [3,4]. Исходя из положений данного закона, виды разрешенного использования земельных участков: «для садоводства» и «для ведения дачного хозяйства/строительства» признаются равнозначными, при этом данные земельные участки являются садовыми [4].

Согласно ч. 9 ст. 54 Федерального закона № 217-ФЗ, здания, расположенные на садовых земельных участках, сведения о которых внесены в Единый государственный реестр недвижимости до 01.01.2019 г. с назначением «жилое», «жилое строение», признаются жилыми домами. Данный переход должен осуществлять автоматически ввиду того, что замена выданных ранее документов и внесение изменений в сведения Единого государственного реестра недвижимости не требуется.

Следует отметить, что для реализации данной процедуры необходимо, чтобы зарегистрированные «жилые строения» стояли на кадастровом учете как жилые дома. Необходимость выполнения такого условия, связанного с изменением позиции Росрестра, потребовала от некоторых собственников «жилых строений» перевести нежилые здания в жилые. Для решения данной проблемы было необходимо исправить реестровую ошибку в пункте «назначение» причем в данном случае наличие реестровой ошибки в техническом плане обусловлено

воздействием внешних факторов, а не действиями кадастрового инженера.

В заключение отметим, что выявление реестровых ошибок не всегда связано с низким качеством выполнения кадастровых работ, что наглядно демонстрирует представленная классификация.

**Библиографический список:**

1. *О государственной регистрации недвижимости: Федеральный закон от 13.07.2015 N 218-ФЗ// Справочно-правовая система «Консультант-плюс»: [Электронный ресурс] / Компания «Консультант-плюс» (дата обращения 21.10.2022)..*

2. *Батин П.С., Дубровский А.В., Рунковская Г.А. Классификация видов реестровых ошибок и причин их низкого выявления // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Т. 3. № 2. С. 82–86.*

3. *О садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединениях граждан: Федеральный закон от 15.04.1998 № 66-ФЗ// Справочно-правовая система «Консультант-плюс»: [Электронный ресурс] / Компания «Консультант-плюс» (дата обращения 21.10.2022).*

4. *О ведении гражданами садоводства и огородничества для собственных нужд и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 29.07.2017 № 217-ФЗ// Справочно-правовая система «Консультант-плюс»: [Электронный ресурс] / Компания «Консультант-плюс» (дата обращения 21.10.2022).*



**УДК 528.4: 330.34**

## **АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КАДАСТРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Дикова Е.Г., Мазурова А.А.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассмотрены основные направления государственной политики по вопросам реализации эффективного электронного взаимодействия органов государственной власти, органов местного самоуправления, физических и юридических лиц.*

*Ключевые слова: государственная программа, информационное взаимодействие, Росреестр.*

В настоящее время Россия, как и мировое сообщество, переживает период глобальной цифровизации. Цифровой экономике уделяют внимание не только исследователи, но и руководство нашей страны. Президент Российской Федерации В.В. Путин отмечал: «Цифровая

экономика - это не отдельная отрасль, по сути - это уклад жизни, новая основа для развития системы государственного управления, экономики, бизнеса, социальной сферы, всего общества. И конечно, формирование цифровой экономики - это вопрос национальной безопасности и независимости России, конкурентности отечественных компаний, позиций страны на мировой арене на долгосрочную перспективу, по сути на десятилетия вперед» [3].

Приоритетными направлениями развития до 2030 года являются:

- повышение благосостояния, качества жизни и работы граждан;
- улучшение доступности и качества государственных услуг;
- повышение степени информированности и цифровой грамотности;
- развитие экономического потенциала страны с использованием современных информационных, телекоммуникационных и цифровых технологий;
- обеспечение прав граждан на доступ к информации;
- достойный, эффективный труд и успешное предпринимательство[1].

Изменения происходят во всех отраслях, в том числе и в кадастровой сфере. Так, например, в 2020 году завершилась реализация федеральной целевой программы "Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014 – 2020 годы)". Результатом стало создание глобальной базы данных по объектам недвижимости - Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН)[2].

Работы по дальнейшему совершенствованию и развитию системы государственного кадастрового учета недвижимого имущества и государственной регистрации прав на недвижимое имущество, а также инфраструктуры пространственных данных, направленные на сохранение и развитие полученных результатов продолжились в рамках государственной программы Российской Федерации "Национальная система пространственных данных".

Целью программы стало:

- повышение качества государственных услуг по осуществлению государственного кадастрового учета и государственной регистрации прав, в том числе в связи с доступностью государственных услуг в электронном виде до 95 процентов к концу 2030 года;
- создание и внедрение цифрового отечественного геопространственного обеспечения, интегрированного с муниципальными и региональными информационными системами, на территориях 85 субъектов Российской Федерации к концу 2030 года;

- достижение "цифровой зрелости" в сфере государственного кадастрового учета недвижимого имущества и государственной регистрации прав на недвижимое имущество при организации инфраструктуры пространственных данных в Российской Федерации (100 процентов) к концу 2030 года [2].

В условиях информатизации общества, возрастает значение упорядоченной организации документационного обеспечения и делопроизводства организаций и предприятий, как государственных, так и коммерческих.

Документооборот является важным звеном в организации делопроизводства в кадастровом предприятии, так как определяет не только инстанции движения документов, но и скорость их передвижения.

Служба делопроизводства на кадастровом предприятии предназначена для организации, руководства, координации, контроля и реализации работ по документационному обеспечению.

В настоящее время происходит интенсивный переход от бумажного документа оборота к электронному.

Взаимодействие органов государственной власти, органов местного самоуправления, физических и юридических лиц посредством электронного документооборота позволит снизить бумажную нагрузку на Росреестр и службы делопроизводства кадастровых предприятий.

Эффективное решение задач по совершенствованию информационного взаимодействия в разрезе кадастрового производства позволило:

- сократить до трех дней сроки проведения кадастровых работ, кадастрового учета и регистрации прав;
- сократить срок учетно-регистрационных действий по ипотеке до 1 дня, при подаче документов электронном виде;
- увеличить долю электронного взаимодействия с региональными органами власти и органами местного самоуправления до 91%;
- осуществить полный переход на безбумажный документооборот между Росреестром и МФЦ.

Таким образом, впервые за многие годы реализация мероприятий Программы по созданию Национальной системы пространственных данных поднимет отрасль геодезии и картографии на новый уровень и будет реализован комплексный подход к решению исторически накопленных проблем в части качества и полноты данных. Это станет фундаментом для достоверности сведений о земле и объектах недвижимости, на которых строятся правовые связи и взаимоотношения.

Использование возможностей цифровой экосистемы в сфере земли и недвижимости будет способствовать повышению качества го-

сударственных услуг и сервисов Росреестра. Появятся новые сервисы для поиска и предоставления земли, сократятся сроки кадастрового учёта и регистрации прав. Наличие единого цифрового инструмента позволит гражданам и бизнесу оперативно получать данные о земле, а органам власти принимать эффективные решения по управлению ресурсами территории.

Однако, нельзя забывать о необходимости инструментального обеспечения кадастровой деятельности, таких как топогеодезические приборы и программное обеспечение для ведения кадастровой деятельности, которые способны оптимизировать работу специалистов на всех этапах постановки объекта недвижимости на кадастровый учет. Эти средства стремятся минимизировать присутствие человеческой деятельности для исключения как кадастровых, так и технических ошибок, связанных с человеческим фактором. В тоже время стоит отметить высокую стоимость качественного геодезического оборудования и платность использования некоторых программ для обработки этой информации, а также необходимость внедрения программ и баз данных внутри кадастровых предприятий и совершенствования их систем документооборота.

#### **Библиографический список**

1. Государственная программа Российской Федерации «Информационное общество» утверждена Постановлением правительства РФ от 15.04.2014 №313 (с изм. от 02.02.2022) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc body=&nd=102349623> (дата обращения: 20.10.2022).
2. Государственная программа Российской Федерации «Национальная система пространственных данных» утверждена Постановлением правительства РФ от 01.12.2021 №2148 (с изм. от 29.04.2022) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/text.html#pnum=0001202112070014> (дата обращения: 20.10.2022).
3. Российская Федерация. Президент (2012– н.в.; В. В. Путин). Выступление Президента Российской Федерации на заседании Совета при Президенте по стратегическому развитию и приоритетным проектам 5.07.2017 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: - [http://pfo.gov.ru/press/events/101527/?ysclid=%20191b027\\_z63970902887\\_ze](http://pfo.gov.ru/press/events/101527/?ysclid=%20191b027_z63970902887_ze) (дата обращения: 20.10.2022)
4. Росреестр [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rosreestr.ru> (дата обращения: 20.10.2022).



УДК 332.334.2:69

## **ПОСТАНОВКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА НА ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КАДАСТРОВЫЙ УЧЕТ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ «ДАЧНАЯ АМНИСТИЯ»**

**Лукашина А.А., Король В.В.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассматривается специфика программы «дачная амнистия» и порядок постановки на государственный кадастровый учет объектов, на которые распространяется данная программа.*

*Ключевые слова: государственный кадастровый учет, объект недвижимости, индивидуальный жилой дом, дачная амнистия.*

В настоящее время цифровизация затронула все сферы жизни и деятельности человека, кадастр и отношения с недвижимостью не стали исключением. Тема государственного кадастрового учета и регистрации прав на земельные участки, и объекты, расположенные в границах этих участков, является актуальной. Государство совершенствует законодательные нормативные акты в сфере кадастра для привлечения внимания людей и увеличения количества зарегистрированных объектов недвижимости. Разрабатываются и применяются специальные государственные программы, для упрощения процедуры государственной регистрации права и кадастрового учета недвижимого имущества. Государство заинтересовано в отслеживании количества объектов недвижимости на территории страны, поскольку за пользование такими объектами взимаются налоги, за счет которых увеличивается количество денежных средств, поступающих в бюджет государства.

Гражданам выгодно соблюдать закон и регистрировать недвижимость, ведь приобретая и подтверждая право собственности граждан в праве владеть, распоряжаться и пользоваться имуществом. Регистрация недвижимости поможет избежать судебных разбирательств и исключит факт самовольного занятия земельного участка, за которое несет административная ответственность [1].

Одной из программ, упрощающих государственный кадастровый учет недвижимости является «дачная амнистия», берущая начало в 2006 году, планировалось реализовать ее до 1 марта 2019 года, но срок действия несколько раз продлевали: сначала до 1 марта 2021, после до 1 марта 2026 года. Однако, судя по статистическим данным, выявленным по Тульской области за 2006-2022 годы, всенародную рас-

пространенность данная программа получала примерно 10 лет назад. За данный промежуток времени количество зарегистрированных объектов ощутимо возросло, но поскольку остается более 40% граждан, не воспользовавшихся амнистией, с 1 сентября 2022 года было принято решение о продлении дачной амнистии до 1 марта 2031 года [5]. В рамках «дачной амнистии» действует порядок упрощенной регистрации объектов недвижимости, что позволяет собственникам узаконить постройки, даже если они не всегда соответствуют градостроительным нормам и правилам застройки.

На сегодняшний день проводится политика глобальной цифровизации, по данным Росреестра 59% (381617 дел) от всего объема сведений об объектах недвижимости Тульской области переведены в цифровой формат [2]. Однако, образуются и новые объекты недвижимости, требующие обязательного государственного кадастрового учета и регистрации права на них, внесения сведений в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН).

Для упрощения и уменьшения сроков проведения процедуры учета и регистрации объектов государство предлагает применять совершенные технологии. Граждане уже сейчас могут воспользоваться услугой электронной подачи соответствующего заявления в Росреестр посредством межведомственного взаимодействия между кадастровым инженером и органом регистрации права, а к 2024 году планируется полный переход [3].

Программой «дачной амнистии» могут воспользоваться категории граждан, у которых есть:

1) Жилые и садовые дома, возведенные на землях с видами разрешенного использования: для ведения личного подсобного хозяйства, крестьянско-фермерского хозяйства, садоводства, индивидуального жилищного строительства.

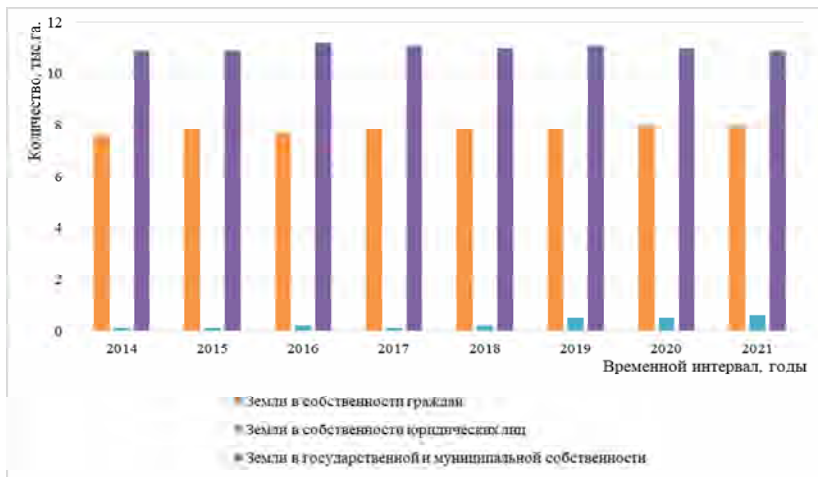
2) Дома не должны превышать 20 метров в высоту и количество этажей не более 3-х.

3) Объект капитального строительства должен состоять из комнат и помещений вспомогательного использования для обеспечения жизнедеятельности людей [4].

Поскольку «дачной амнистии» подлежат жилые дома, возведенный на землях с определенным видом разрешенного использования, рассмотрим распределение количества земель с видом разрешенного использования - для личного подсобного хозяйства Тульской области по формам собственности (рисунок 1).

На основе представленных статистических наблюдений выявлена тенденция увеличения количества земель для личного подсобного

хозяйства, предоставленных в собственность гражданам с 2017 года. Данный аспект также обусловлен принятием в 2015 и внесением изменений в 2017 году в Федеральный закон "О государственной регистрации недвижимости" от 13.07.2015 № 218-ФЗ.



**Рис. 1. Динамика распределения земель населенных пунктов для ведения личного подсобного хозяйства по формам собственности**

Процедура постановки индивидуального жилого дома на учет в уведомительном порядке подразумевает несколько этапов при строительстве и регистрации нового дома:

- 1) разработка проектной документации будущего жилого дома;
- 2) подготовка и утверждение разрешения на строительство органами местного самоуправления;
- 3) возведение жилого дома с учетом разработанного проекта, с соблюдением градостроительных норм и правил застройки, соответствие фактической площади и местоположения объекта капитального строительства данным, представленным в разрешении на строительство;
- 4) подготовка и утверждение органами местного самоуправления уведомления о завершении строительства;
- 5) подготовка кадастровой документации (технический план);
- 6) подача документов и заявления о государственном кадастровом учете и регистрации права в Росреестр;
- 7) оплата государственной пошлины, в результате регистрации недвижимости получение выписки из ЕГРН.



Дачная амнистия дает возможность проведения упрощенного порядка постановки на кадастровый учет, заключающейся в нескольких этапах:

1) Обращение к кадастровому инженеру за подготовкой технического плана на основе декларации, составленной и заверенной собственником земельного участка.

2) Обращение в орган регистрации права с заявлением о проведении процедур государственного кадастрового учета и регистрации права на объект капитального строительства, приложив к заявлению технический план.

3) Оплата госпошлины, получение выписки из ЕГРН об объекте недвижимости в качестве результата постановки объекта на государственный кадастровый учет и государственной регистрации прав.

При постановке на учет можно воспользоваться сервисами Росреестра и подать заявление и соответствующие документы в форме электронного запроса.

В результате проделанной работы было выявлено, что постановка на государственный кадастровый учет и регистрация права индивидуального жилого дома в рамках программы «дачной амнистии» существенно упрощается, появляется возможность узаконивать постройки, при создании которых не подготавливалось разрешение на строительство. Благодаря информированию граждан и постоянному совершенствованию законодательных актов, наиболее успешно данная программа применяется с 2017 года. Государство развивает систему кадастрового учета, разрабатывает новые технологии, благодаря чему появилась возможность электронной подачи заявления и документов непосредственно в орган регистрации права, что существенно уменьшает временные рамки регистрации недвижимого имущества.

#### **Библиографический список**

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации: ГрК: Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ: [принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года: одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года]: [редакция от 14.07.2022] : [с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.09.2022]. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/cdec16ec747f11f3a7a39c7303d03373e0ef91c4/#dst2435](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/cdec16ec747f11f3a7a39c7303d03373e0ef91c4/#dst2435) (Дата обращения: 18.10.2022). - Режим доступа: Открытый – Текст: Электронный.

2. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: КоАП: Федеральный закон Российской Федерации от 30.12.2001 № 195-ФЗ: [принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года: одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года]: [редакция от 24.09.2022]. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34661/fa8c874c78243c6562521b78a4fd9ad28888acdc/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/fa8c874c78243c6562521b78a4fd9ad28888acdc/) (Дата обращения: 19.10.2022). - Режим доступа: Открытый – Текст: Электронный.

3. О государственной регистрации недвижимости: Федеральный закон от 13.07.2015 года № 218-ФЗ: [принят Государственной Думой 3 июля 2015 года : одобрен

Советом Федерации 8 июля 2015 года] : [редакция от 20.10.2022]. - URL:[https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_182661/aec996e2d81cfc470e7bb25a5d57100b8a3cd106/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/aec996e2d81cfc470e7bb25a5d57100b8a3cd106/) (Дата обращения: 20.10.2022). - Режим доступа: Открытый – Текст: Электронный.

4. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2021 № 478-ФЗ: [принят Государственной Думой 17 декабря 2021 года: одобрен Советом Федерации 24 декабря 2021 года] : [редакция от 28.06.2022]. - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_405468/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405468/) (Дата обращения: 19.10.2022). - Режим доступа: Открытый – Текст: Электронный.

5. Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Тульской области. Кадастровой палатой по Тульской области оцифровано 381 617 кадастровых дел. Текст: Электронный // Сайт Росреестра – 2022. – 22 августа. - URL:[https://rosreestr.gov.ru/press/archive/reg/kadastrvoy-palatoj-po-tul'skoy-oblasti-otsifrovano-381-617-kadastryvykh-del-71\\_22.08.2022/?sphrase\\_id=2457367](https://rosreestr.gov.ru/press/archive/reg/kadastrvoy-palatoj-po-tul'skoy-oblasti-otsifrovano-381-617-kadastryvykh-del-71_22.08.2022/?sphrase_id=2457367) (Дата обращения: 22.10.2022).

6. Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Тульской области. Встреча Президента РФ Владимира Путина с руководителем Росреестра Олегом Скуфинским. Текст: Электронный // Сайт Росреестра – 2022. – 17 октября. - URL:<https://rosreestr.gov.ru/press/archive/vstrecha-prezidenta-rf-vladimira-putina-s-rukovoditelem-rosreestra-olegom-skuфинским/> (Дата обращения: 22.10.2022).



УДК 332.2.021.012.33

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО РАСЧЕТНОГО РАЗМЕРА ЗЕМЕЛЬНОЙ ДОЛИ И УСТАНОВЛЕНИЕ ЕЕ ФАКТИЧЕСКОГО РАЗМЕРА В ХОЗЯЙСТВЕ С УЧЕТОМ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО СРЕДНЕГО РАЗМЕРА ЗЕМЕЛЬНОЙ ДОЛИ В ХОЗЯЙСТВЕ**

**Даильнева Н.А., Король В.В., Копылов А.Б.**  
*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассмотрено определение среднего расчетного размера земельной доли и установление ее фактического размера, проанализирован дифференцированный размер земельной доли в крестьянско-фермерском хозяйстве.*

*Ключевые слова: земельная доля, крестьянско-фермерское хозяйство.*

В результате Земельной реформы в России в 1991 году была ликвидирована монополия государственной собственности на землю, появились многообразные формы собственности, был создан фонд перераспределения земель, произведена реорганизация сельскохозяйст-

венных предприятий, передача земель в ведение сельских администраций, отвод земель крестьянско-фермерским хозяйствам (КФХ), личным подсобным хозяйствам (ЛПХ) и для индивидуального жилищного строительства, садоводства, огородничества, животноводства и т.д.

Землевладения и землепользования сельскохозяйственных предприятий находятся в постоянном движении. Любые изменения, связанные с образованием новых или упорядочением существующих землевладений и землепользований, проводят на основе земельных и кадастровых работ.

К бесплатной передачи для организаций крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ) подлежит земельный участок с площадью сельскохозяйственных угодий в пределах средней районной нормы, про дифференцированной в зависимости от среднего качества земли, реформируемого сельскохозяйственного предприятия, умноженной на число членов крестьянского хозяйства, имеющих право на получение земельной доли с учетом среднего качества сельскохозяйственных угодий хозяйства. Затем определяется средний размер земельной доли в реформируемом сельскохозяйственном предприятии [3].

Земельная доля - это доля в праве общей собственности на земельный участок. В состав земель сельскохозяйственного назначения входят различные участки, но земельная доля формируется только из земель сельхозугодий [3].

По общему правилу в счет земельной доли можно выделить участок (п. 1 ст. 13 Закона об обороте земель сельскохозяйственного назначения). При этом образованный участок может быть в общей собственности.

Участник долевой собственности на земельный участок из земель сельскохозяйственного назначения, вправе выделить земельный участок (или участки) в счет принадлежащих ему земельных долей, если это не противоречит требованиям к образованию земельных участков, установленным Земельным кодексом РФ (ст. 11.2, 11.9).

К числу таких требований относятся:

- сохранение возможности целевого использования земельного участка;
- соблюдение требований о минимальных и максимальных размерах земельного участка;
- наличие согласия в письменной форме землепользователей, землевладельцев, арендаторов, залогодержателей земельных участков, из которых при выделе образуются земельные участки;
- недопустимость выдела земельных участков, если сохраняемые в отношении образуемых земельных участков обременения (огра-

ничения) не позволяют использовать указанные земельные участки в соответствии с разрешенным использованием;

- образование земельного участка не должно приводить к вклиниванию, вкрапливанию, изломанности границ, чересполосице, и другим препятствующим рациональному использованию и охране земель недостаткам, и др. [2].

При выделе земельных долей могут образовываться один или несколько земельных участков. При этом земельный участок, из которого осуществлен выдел, сохраняется в измененных границах.

Земельные участки в счет земельных долей могут быть выделены 2-мя способами:

- на основании решения общего собрания участников долевой собственности, которым утверждены проект межевания земельных участков, перечень собственников образуемых участков и размер их долей в праве общей собственности на образуемые участки;

- на основании решения собственника земельных долей в соответствии с утвержденным им проектом межевания земельных участков, и последующим согласованием такого проекта с другими участниками долевой собственности через СМИ [3].

Средний расчетный размер земельной доли в хозяйстве устанавливается путем деления площади сельскохозяйственных угодий на численность лиц, имеющих право на его получение.

Перечень лиц, имеющих права на получение земельной доли, определяется решением общего собрания коллектива. В этот перечень в обязательном порядке включаются постоянные работники хозяйства, пенсионеры, ранее работавшие в хозяйстве и продолжающие проживать в сельской местности. Кроме этого, в данный перечень могут быть включены работники социальной сферы, работающие и проживающие на территории хозяйства [4].

Важно подчеркнуть, что перечисленные лица имеют право на первичное получение земельной доли только в одной сельскохозяйственной организации.

Размер индивидуальной земельной доли устанавливается независимо от трудового вклада и стажа работы и определяется в натуральном и стоимостном выражении.

Средний расчетный размер земельной доли в хозяйстве устанавливается путем деления площади сельскохозяйственных угодий на численность лиц, имеющих право на его получение. Размер индивидуальной земельной доли устанавливается независимо от трудового вклада и стажа работы и определяется в натуральном и стоимостном выражении.

Размер земельной доли устанавливается в натуральном или стоимостном выражении. Земельная доля в натуральном выражении не должна превышать утвержденной в районе предельной нормы бесплатной передачи земли в собственность граждан, дифференцированную с учетом среднего качества земель конкретной сельскохозяйственной организации.

Размер земельной доли рассчитывается в гектарах, с учетом качества земель - в балло-гектарах. Размер земельной доли в гектарах рассчитывается путем деления общей площади сельскохозяйственных угодий, переданных в общую собственность участников (членов) сельскохозяйственной организации, на число лиц, имеющих право на получение в собственность земельных долей. Общая площадь сельскохозяйственных угодий определяется по данным инвентаризации, а при их отсутствии - по государственному акту (свидетельству). Размер земельной доли в балло-гектарах рассчитывается путем деления суммы балло-гектаров всех сельскохозяйственных угодий, переданных в общую собственность участников (членов) сельскохозяйственной организации, на число лиц, имеющих право на получение в собственность земельных долей [5].

Разделу на земельные пай подлежат все сельскохозяйственные угодья хозяйства, за исключением земельных участков:

- ранее отобранные и по решению соответствующих местных органов включенные в специальный фонд для последующего перераспределения;
- переданные в ведение местной сельской администрации;
- используемые в хозяйстве на условиях аренды;
- используемые в качестве сортоучастков для испытания новых сортов хозяйственных культур.

В случаях, когда средний расчетный размер земельной доли в хозяйстве превышает средний дифференцированный, то фактический размер принимается на уровне среднего дифференцированного, а если ниже среднего дифференцированного, то фактический размер земельной доли принимается на уровне среднего расчетного в данном хозяйстве [5].

При определении земельной доли учитываются сельскохозяйственные угодья в границах сельскохозяйственных предприятия, за исключением земельных участков:

- переданных в ведение сельских, поселковых, городских Советов народных депутатов, в том числе земель приусадебного фонда, участков, занятых сенокосами и пастбищами общественного пользования;

- включенных в фонд перераспределения земель;
- используемых для испытания новых сортов сельскохозяйственных культур;
- переданных данной организации в аренду.

Размер индивидуальной земельной доли устанавливается независимо от трудового вклада и стажа работы лица, имеющего право на ее получение.

При передаче сельхозугодий в собственность гражданам и юридическим лицам разрешается одновременно передавать им бесплатно в собственность земельные участки, занятые кустарником, мелколесьем и другими сельскохозяйственными угодьями и расположенные между участками продуктивных земель в границах отводимого земельного массива [6].

Земельный участок, выделяемый для организации крестьянского хозяйства, передается ему местной администрацией в собственность, бесплатно или в долгосрочную (краткосрочную) аренду с правом последующего выкупа или без него [1].

В целях перераспределения земель между производителями сельскохозяйственной продукции формируется специальный земельный фонд за счет земель сельскохозяйственного назначения и земель запаса. В специальный земельный фонд не включаются участки земель, состояние которых не позволяет выращивать сельскохозяйственную продукцию, соответствующую санитарным нормам и требованиям.

Специальный земельный фонд формируется за счет земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения, поступающих в этот фонд:

- при добровольном отказе от земельного участка;
- при принудительном изъятии земельного участка в соответствии со статьями 92, 93 и 95 настоящего Кодекса;
- если нет наследников ни по закону, ни по завещанию либо ни один из наследников не принял наследство, либо все наследники лишены завещателем наследства, либо наследник отказался от наследства в пользу государства или отказался от наследства без указания, в пользу кого он отказывается от наследства [6].

Сверх предельного размера земельной площади участка, предоставляемого крестьянскому хозяйству, ему могут передаваться земли на других условиях аренды без права выкупа. Площадь этих земель устанавливается из необходимости создания условий для рационального использования всех земель, эффективного хозяйствования и ве-

дения сельскохозяйственного производства исходя из обеспеченности трудовыми и материально – техническими ресурсами.

Таким образом, процесс перераспределения земель сельскохозяйственных организаций заключается в разграничении земель, находящихся в государственной собственности, с установлением площадей и местоположения земельных массивов, подлежащих передаче гражданам в частную и коллективно-долевую собственность бесплатно и остающихся в государственной собственности. Для этого разрабатываются проекты перераспределения земель.

**Библиографический список:**

2. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 N 51-ФЗ (ред. от 18.07.2019) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019)// Собрание законодательства РФ.1994. № 32. Ст. 3301

3. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 25.12.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019)// Собрание законодательства РФ. 2001

4. Федеральный закон от 24.07.2002 N 101-ФЗ (ред. от 06.06.2019) "Об обороте земель сельскохозяйственного назначения" (с изм. и доп., вступ. в силу с 14 июля 2022 г.)// Собрание законодательства РФ. 2002

5. Федеральный закон от 18 июня 2001 года №78-ФЗ о землеустройстве (с изм. и доп., вступ. в силу с 11.01.2019)// Собрание законодательства РФ. 2001

6. Волков, С.Н. Землеустройство: учебник для вузов. Т. 1. Теоретические основы землеустройства / С.Н. Волков.- М.: Колос, 2001.- 496 с.

7. Волков, С.Н. Землеустройство: Учебник для вузов. Т. 2. Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство / С.Н. Волков.- М.: Колос, 2001.- 648 с.



УДК 639.1.005.36(476)

## **ПРАВОВОЙ РЕЖИМ ЗАПОВЕДНИКОВ В РБ**

**Цыганова А.А.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь*

**Ионас Е.Л.**

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г.Горки,  
Республика Беларусь*

*В статье произведен комплексный анализ правового статуса заповедников на территории РБ.*

*Ключевые слова: ООП (Особо охраняемые природные территории), заповедник, правовой режим.*

Исходя из определения показателей строгости природоохранного режима всем заповедникам, находящимся на территории Республики Беларусь, отводится особая ниша в природоохранном законодательстве, что связано с предельно строгим режимом их использования и охраны. Любой заповедник является одним из видов ООПТ и ему свойственны особенности и характеристики, который характерны для всех категорий ООПТ. Но в тоже время заповедникам присущ определенный спектр специфических особенностей с юридическо-правовой точки зрения.

Исходя из определения ст. 1 Закона Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях» заповедником называется особо охраняемая природная территория, объявленная в целях сохранения эталонных и иных ценных природных комплексов и объектов, изучения животного и растительного мира, естественных экологических систем и ландшафтов, создания условий для обеспечения естественного течения природных процессов [1].

Согласно решению Президента Республики, Беларусь осуществляется реструктуризация, реорганизация либо прекращение любой деятельности заповедника. Некоторые участки земельной территории могут полностью изыматься у землепользователей. С целью осуществления управлением заповедными территориями, определенным государственным органом, в подчинение которого передан заповедник, регистрируется юридическое лицо - государственное учреждение охраны природы. Непосредственно за данным юридическим лицом закрепляется на праве комплексного управления все капитальные строения, находящиеся на предоставленных ему земельных участках, иная государственная собственность, а также определяются в постоянное пользование земли, образующие заповедную территорию. Все территории землепользователей, относящиеся к границам заповедника, но не относящаяся к его территории, формируют его охранную зону.

Только Березинский Биосферный заповедник относится к категории ООПТ на территории Республики Беларусь. Его управлением занимается непосредственно Управление делами Президента Республики Беларусь.

Управление заповедником производится государственным природоохранным учреждением «Березинский биосферный заповедник», деятельность которого осуществляется на базе устава, разработанного и утвержденного Управляющим делами Президента Республики Беларусь.

Важнейшей характерной особенностью правового режима биосферного заповедника является полное исключение его земель из хо-



зяйственного оборота, а также природных экосистем и объектов, обладающих исключительными научно-исследовательскими, учебно-просветительскими, культурными особенностями, как опорных пунктов естественной биологической среды, типичных или уникальных ландшафтов, мест хранения определенного генофонда флоры и фауны РБ.

Любая деятельность на территории биосферного заповедника, не связанная с его назначением строго запрещена. Важнейшим аспектом является предотвращение любых вмешательств в естественное развитие экосистем и максимальное снижение уровня угроз отрицательного влияния антропогенного фактора на природные системы.

На территории данного заповедника разрешена активная деятельность, которая базируется на:

- Сохранении в первозданном состоянии природных экологических объектов, а также предотвращение изменения их характеристик в следствии хозяйственной деятельности человека;

- Создание полного спектра условий, способных обеспечить безопасность заповедника с санитарной и противопожарной точки зрения;

- Ликвидации и предотвращении возможных природных стихийных бедствий;

- Внедрение комплексной системы мониторинга природной среды;

- Активное ведение научной и исследовательской деятельности;

- Осуществление просветительских функций;

- Строгое ведение контроля и надзора за экологическими комплексами заповедника.

На некоторых территориях биосферного заповедника, в состав которых не включены биокомплексы, для сохранения которых, организовывался данный заповедник, не запрещена деятельность, которая ведется с целью функционирования заповедника и производится исключительно на основании официального устава о заповеднике.

Варианты создания разнообразных форм заповедников допустимы на территории Республики Беларусь, которые с правовой точки зрения не могут относиться к категории ООПТ. Одним из примеров заповедника данного типа стал Полесский радиационно-экологический заповедник. Полесский радиационно-экологический заповедник был сформирован как результат радиоактивного загрязнения определенной территории Республики Беларусь. В правовых документах не встречается четкого описания данной категории заповедника. Правовой режим Полесского радиационно-экологического заповедника

обеспечивается, исходя из Закона Республики, Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на ЧАЭС», и согласовывается администрацией зоны отчуждения и отселения.

Указом Президента Республики Беларусь от 27 июля 2017 г. № 259 было отменено положение об охранной территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника.

Принятие такого решения обусловлено необходимостью снятия ряда ограничений с землепользователей по использованию земельных участков.

Охранная зона Полесского государственного радиационно-экологического заповедника была установлена Указом Президента Республики Беларусь от 21 января 2013 г. № 41. Ограничения по ведению хозяйственной деятельности не касались запрета на использование сельскохозяйственных земель по радиологическому фактору.

По причине того, что данный биосферный заповедник не относится к категории особо охраняемых природных территорий, процесс его деятельности регулируется природоохранным законодательством Республики Беларусь о правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению. А в этом случае не предусмотрено определение природоохранной зоны в обязательном юридическом порядке.

Непосредственно с этим связаны все возможные варианты по организации использования земельных участков, на которые возлагались ограничения природоохранной зоны, предусмотрен возврат к порядку, установленному на этой территории до периода установления природоохранной зоны в 2013 году.

Определенную категорию заповедников Республики Беларусь представляют историко-культурные заповедники. Они создаются с целью охраны и поддержания, историко-культурных комплексов, имеющих уникальную историческую, научную, художественную или другую культурную ценность. Национальный историко-культурный заповедник «Несвиж», созданный в 1994 году является классическим примером уникального историко-культурного заповедного комплекса.

***Библиографический список:***

1. *Закон об охране окружающей среды: Закон Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. №1982-XXI/*
2. *Боголюбов С.А., Жариков Ю.Г., Кичигин Н. В. Экологическое право / учебник – М. Юрайт, 2015.258 с.*



УДК 69.001.6

## **РЕИНЖЕНИРИНГ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Рожков В.Ф., Соколова С.С.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассматривается процедура реинжиниринга процессов строительной организации, особенности проектирования основных и вспомогательных процессов, основные критерии выбора процессов для реинжиниринга, методика организации основных этапов реинжиниринга, критические факторы успеха функционирования подразделений и служб, позволяющие наметить перспективные цели и стратегию развития организации*

*Ключевые слова: миссия строительной организации, реинжиниринг, производственный процесс, реинжиниринговая команда, мозговая атака, критические факторы успеха*

Реинжиниринг производственных процессов представляет собой совокупность различных действий, обеспечивающих радикальное переосмысление всех аспектов производства и бизнеса. При его успешном применении можно добиться беспрецедентного увеличения эффективности деятельности предприятия. В центре реинжиниринга находится отказ от устаревших правил и подходов, лежащих в основе существующих деловых операций, которые сохранились от предыдущих десятилетий.

В бизнес-реинжиниринге используются различные управленческие подходы и приемы [1]. При реализации этого процесса принятие решений на производстве вводится в должностные обязанности работников. Это касается как управленцев, так и непосредственно рабочих на строительной площадке. Процедура менеджмента выполняется в обычном. Этот порядок используется работниками при выполнении функциональных обязанностей и в соответствии со сложившимися обстоятельствами. Многие действия могут выполняться параллельно. Контрольные проверки и объем управления сокращаются. Поскольку управление не создает прямой добавленной потребительской стоимости, оно вводится только на тех участках работ, где это имеет экономический смысл. По аналогичной причине минимизируется количество согласований.

При реинжиниринге управление производством всегда сводится к процессам. Производственный процесс рассматривается в качестве потока работ, переходящих от одного работника к другому, а для больших процессов - от одного подразделения к другому. Процессы можно описывать на разных уровнях, они обязательно имеют начало, некоторые шаги посередине и определенный конец. Каждая организация должна разрабатывать собственные процессы.

Самые распространенные процессы включают в себя материально-техническое снабжение, сбыт и оплату услуг смежников. Каждый процесс можно разбить на subprocessы, которые описывают взаимоотношения более детально, но, как правило, это поток работы от одного работника к другому.

У процессов есть свои границы, начало и конец. Для отдельного процесса эти границы устанавливаются первичным входом, где он берет начало и выходом, который является результатом для первичных клиентов процесса (рис. 1).

Вход открывается первичным поставщиком процесса. После начала процесса у него появляется большое количество вторичных входов. При реинжиниринге процесса, не является принципиальным откуда появляются эти вторичные входы, и они не рассматриваются. Если их требуется рассмотреть, то это будет учтено в рамках другого проекта по реинжинирингу с использованием альтернативного метода.

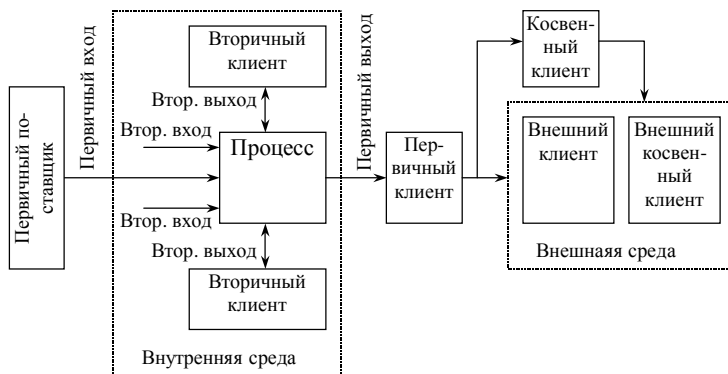
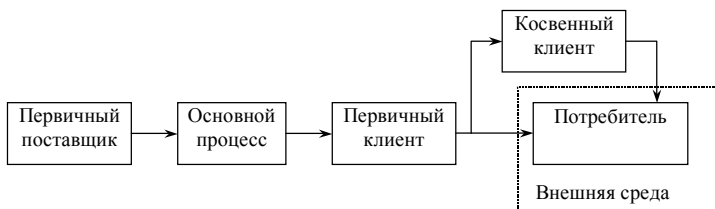


Рис.1. Схема организации процесса в строительной организации

Рассматривают основные и вспомогательные процессы. Основными процессами на предприятии будут те виды деятельности, которые реализуют главные "выходы", получаемые внешними клиентами.

В строительной организации это будут процессы, непосредственно по производству продукции или процессы, которые непосредственно приводят к оказанию услуг заказчикам (рис.2).



**Рис.2. Схема организации основного процесса в строительной организации**

Вспомогательными считаются те процессы, где главный выход получается другими подразделениями в организации. Это скорее всего будут процессы администрирования, относящиеся к таким областям, как финансы, управленческая деятельность или обучение персонала (рис.3).



**Рис.3. Схема организации вспомогательного процесса в строительной организации**

Для целей реинжиниринга из группы основных и вспомогательных процессов составляется список ключевых процессов, существующих в организации. Считается, что список из 15 процессов обеспечивает нужный уровень детализации и широту охвата. Далее из этих процессов выбирают те, над которыми будут производить реинжиниринг.

В связи с тем, что этот список может использоваться для определения направления последующего проекта реинжиниринга, каждый процесс необходимо грамотно описать и, при этом, он должен полностью охватывать основные направления работы организации. Эти процессы должны быть процессами высокого уровня и они должны охватывать несколько подразделений и функций в организации.

Важным этапом при выборе основных процессов является выбор некоторых целей более низкого уровня, которые непосредственно

вытекают из основного направления, заявленного в миссии организации. Они являются критическими факторами по отношению к результату работы организации, в отношении организации их можно назвать критическими факторами успеха (КФУ). При этом основной задачей является сокращение количества критических факторов успеха, которые следует включить в этот список. Рекомендуется не более 8 таких факторов. Это вызвано тем, что работать с большим числом факторов достаточно сложно. Это является эффективным путем определения критичности этих факторов успеха (рис.4).

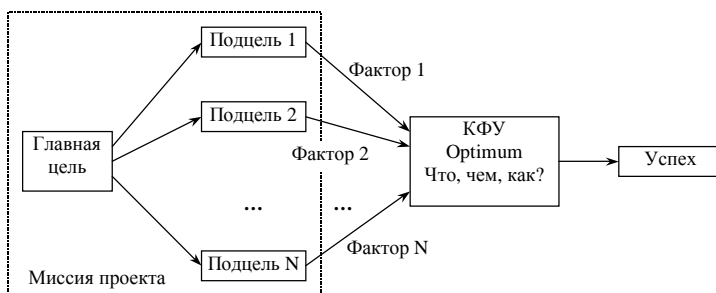


Рис.4. Схема реализации миссии строительной организации

При сокращении количества критических факторов до 8 результат должен отражать лавные составляющие организации и ее связи с другими компаниями [2].

Рекомендуется использовать четыре критерия, которые для выбора процессов:

- стратегическая важность процесса;
- жизнеспособность;
- ожидания клиентов;
- возможности достижения желаемых результатов.

*Стратегическая важность процесса* представляет собой самый очевидный критерий. Проводя реинжиниринг процессов, самых важных для общей стратегии, строительная организация может обеспечить выполнение общей стратегии. Практической оценкой стратегической важности любого процесса является число КФУ, на которые он оказывает влияние.

*Жизнеспособность* существующих процессов, может быть оценена реинжиниринговой командой по некоторому критерию может помочь в выборе процессов. Процессы, которые работают неэффективно, можно улучшать путем полного пересмотра основных процедур и шагов.

*Ожидания клиентов* по отношению к процессу. Клиенты могут быть внутренними и внешними по отношению к строительной организации, хотя вторые вероятнее, так как для них наиболее очевидна необходимость перемен.

Источником *возможностей достижения желаемых результатов* может быть несколько, и требуется не пропустить этих источников на стадии выбора процессов. Важным на современном этапе является возможность применения информационных технологий. Можно рекомендовать использование сразу нескольких критериев.

С учетом перечисленных процедур отбираются те процессы для реинжиниринга, которые имеют стратегическую важность для организации на основании их текущего состояния и перспектив их улучшения.

Для отдельных процессов не существует критериев измерения их эффективности и текущего состояния. Предполагается умение команды количественно измерить процесс с целью обеспечения возможности дать оценку различным вариантам в процедуре реинжиниринга: возможно ли ускорение нового процесса, потребуются ли для его выполнения меньше ресурсов, соответствует ли он требованиям клиентов? Измерение процессов может позволить обеспечить его выполнение на уровне лучших альтернативных вариантов.

Измерители, эффективности и производительности процесса могут уже существовать, и можно использовать их, где это возможно. Если они не подходят, то возможно использование простой пошаговой групповой процедуры в следующей последовательности:

- выделить слабые стороны текущего процесса (идеи следует сгруппировать по небольшому количеству согласованных тем);
- выделить сильные стороны существующего процесса;
- принять решение, какие именно моменты существующего процесса следует измерять;
- принять решение об основных показателях, с помощью которых будут измеряться процессы и устанавливаться цели для нового процесса.

Может быть полезным сравнение выполняемого процесса с аналогичными. После обеспечения основных показателей работы процесса просто устанавливаются цели этих показателей, после изучения опыта конкурентов [3].

Если строительная организация имеет филиалы, расположенные в других регионах, но при этом в них выполняются одни и те же процессы, то в качестве возможных целей должны рассматриваться лучшие результаты, полученные в головной компании. Анализ получен-

ных положительных результатов головной организации может показать отличную работу и рассматриваться как источник идей для нового процесса.

После сбора и анализа данных для формулировки высокой цели должна быть сформулирована стратегия компании в соотношении с рассматриваемым процессом. Новый процесс должен стратегически выражать цели организации.

Видение процесса может позволить трансформировать стратегию в процедуры, помогающие выполнить эту стратегию. В формулировке нового процесса должны содержаться конкретные цели, измеряемые с использованием показателей процессов, определенных командой на предыдущих этапах. В формулировке должны содержаться и специфические черты нового процесса, показывающие работу персонала в новом процессе и место его выполнения.

На этом этапе следует анализировать разнообразные идеи о возможных целях и специфических особенностях процесса без их оценки. Для начала необходимо группировать идеи по общему содержанию. В практической деятельности эти темы будут звучать обобщенно в виде: "клиент", "технология производства", "организационные вопросы", "затраты труда".

Заключительным моментом в видении процесса является его письменная формулировка. В общем случае текст видения нового процесса соответствует тексту видения организации.

Видение содержит формулировки с измеряемым результатом, что позволит судить о достижениях процесса. Эти формулировки должны содержать не только цифры, но и информацию о том, что делает видение более интересным для исполнителей.

Текст нового процесса должен использовать особенности окружающей среды, где он будет выполняться. В тексте должны звучать ответы на вопросы: кто, что, где выполняется процесс. Текст видения должен быть конкретным, чтобы он явился практичной и реальной целью.

Разработка нового процесса выполняется реинжиниринговой командой в течение нескольких недель. В течение этого периода рассматриваются различные варианты процессов, собирается необходимая информация и, при необходимости, вносятся изменения. Для организации эффективной работы от требуется творческое и аналитическое мышление. Необходимо генерировать идеи без ограничений при организации практического внедрения, а также развивать эти идеи с использованием новые технологий для превращения виде-



ния процесса в реальную среду. Радикальным способом стимулирования мышления является использование методов мозговой атаки [4].

Команде требуется владеть правилами мозговой атаки: должна отсутствовать критика, необходимо принимать во внимание количество идей, а не их качество, идеи должны быть полностью свободными, а не строго аналитическими, идеи должны записываться, и команда должна развивать эти идеи с использованием всего заложенного в них потенциала без их оценки.

Команде предлагается заполнять несколько листов бумаги своими идеями — это соответствует примерно двумстам идеям. Во время мозговой атаки ведущий обеспечивает одинаковое внимание ко всем принципам и предлагает сформулировать по несколько идей на каждый принцип. На этой стадии идеи могут пересекаться или даже противоречить друг другу.

Основная цель этой процедуры - разработать различные варианты удовлетворения запросов клиентов нового процесса, не используя при этом установки, использующиеся в организации в настоящее время. Команде необходимо найти творческие решения, не рассматривая привычные подходы к работе. Предлагается разместить на стене формулировку нового процесса, и напоминать команде о его предполагаемом результате, а также список инструментов, которые можно использовать, чтобы команда предлагала идеи для их использования.

После получасовой мозговой атаки реинжиниринговая команда может начать проработку выдвинутых идей. Через установленный промежуток времени отдельные идеи могут превратиться в конкретные предложения, которые позволят воплотить в жизнь видение нового процесса и добиться поставленных целей по эффективности и результативности работы строительной организации. Дальнейшая цель реинжиниринговой команды состоит в том, чтобы развить эти идеи, а также подобрать инструменты для внедрения этих идей в практику организации, ее филиалов и подразделений

#### **Библиографический список**

1. Абдикеев, Н.М. *Реинжиниринг бизнес-процессов* / Н.М. Абдикеев, Т.П. Данько, и др. - М.: Эксмо; Издание 2-е, испр., 2014. - 590 с.
2. Абутидзе, З.С. *Управление качеством и реинжиниринг организации. Учебное пособие* / З.С. Абутидзе. - М.: Логос, 2014. - 749 с.
3. Веселова, О. С. *Внедрение централизованных информационных систем как способ реинжиниринга бизнес-процессов операторов связи* / О.С. Веселова. - М.: Синергия, 2016. - 666 с.
4. Блинов, А.О. *Реинжиниринг бизнес-процессов. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям экономики и управления. Гриф УМЦ "Профессиональный учебник"* / А.О. Блинов. - М.: Юнити-Дана, 2014. - 338 с.



УДК 622.331

## **МАКРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПРОГНОЗНАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ТОРФЯНОЙ ОТРАСЛИ**

**Яконовская Т.Б.**

*Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия*

*Статья рассматривает проблему экономического развития торфяной отрасли РФ. Цель исследования – разработка макроэкономической модели для прогноза развития жизненного цикла торфяной отрасли. Понятие жизненного цикла рассмотрено в связи со стратегией развития отрасли. Научная новизна заключается в анализе стадий жизненного цикла торфяной отрасли и доказательстве необходимости использования в оценке ее жизненного цикла дополнительного показателя – «количество предприятий».*

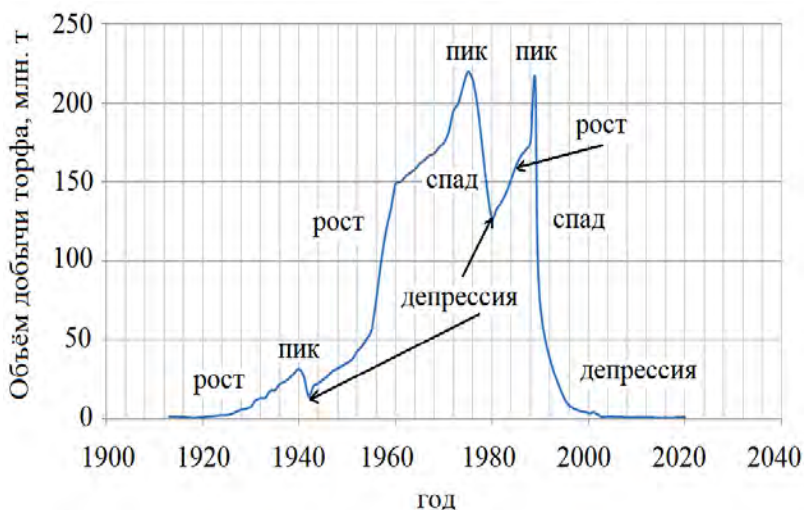
*Ключевые слова: макроэкономическая модель, прогноз, торфяная отрасль, жизненный цикл, стратегия.*

Современным трендом в доктрине «Стратегия экономической безопасности РФ на период до 2035 г.» является разработка стратегий развития отраслей национального хозяйства. Однако, в стратегических документах РФ экономической направленности, о трендах развития торфяной отрасли практически ничего не сказано, а торфяные ресурсы относятся в группу «биоэнергетических». Таким образом, в экономической и энергетической доктринах РФ, предлагается рассматривать в качестве одного из направлений дальнейшего развития торфяной отрасли – малую, местную, альтернативную биоэнергетику. Анализ нормативно-правовых материалов и официальных государственных стратегических документов РФ позволяет сделать вывод о том, что стратегия развития торфодобывающей отрасли в РФ отсутствует, так как отрасль не имеет стратегически важного значения [1-3].

Стратегия отраслевого развития представляет собой совокупность общих усилий государства и представителей бизнеса по созданию принципиально новых товаров и услуг. В связи с этим, под «отраслью экономики» понимают совокупность предприятий, отличающихся общностью выпускаемых товаров и услуг.

Как правило, разработка стратегии развития отрасли связана с моделированием ее развития. При этом, используются различные методы социально-экономического прогнозирования. Для оценки структурных изменений и сдвигов в отрасли, а также для определения огра-

ничений и проблем отраслевого развития необходимо разработать макроэкономическую модель развития отрасли. Таким образом, автор использует теорию жизненного цикла отрасли для разработки макроэкономической прогнозной модели развития отрасли. Согласно традиционной теории развития экономической системы, в качестве экономического показателя характеризующего жизненный цикл любой отрасли чаще всего используется годовой совокупный объем выпуска готовой продукции всеми предприятиями отрасли выраженный в натуральных единицах измерения [4-6]. Проследить все стадии жизненного цикла отрасли можно на примере торфодобывающей отрасли горной промышленности РФ (рис. 1).



**Рис. 1. Макроэкономическая модель развития торфяной отрасли**

Первый кризис в жизненном цикле торфяной отрасли пришелся на военные годы 1941-1945 гг. Это время характеризуется острой нехваткой кадрового состава [8, 9]. В послевоенные годы вплоть до 1975 г. отрасль проходит стадию «роста». Это связано с этапом восстановления народного хозяйства страны и резким ростом потребности в торфе как в топливно-энергетическом комплексе, так и в сельском хозяйстве.

Со сменой экономической системы в России в 1991 г. в отрасли началась стадия «спада», продлившаяся 10 лет. Ввиду потери конкурентных преимуществ по сравнению с другими отраслями топливно-

энергетического комплекса и отраслями производящими минеральные удобрения, отрасль добычи торфа с 2000-х г. вступила в стадию тяжелой «депрессии, стагнации» в которой она пребывает до настоящего времени [7, 8].

По виду кривой жизненного цикла можно охарактеризовать тип отрасли и предложить соответствующие стратегии развития для предприятий отрасли, соответствующие определенной стадии цикла:

1. «Растущая, развивающаяся» отрасль – характеризуется ростом объема продаж и скоростью внедрения инноваций. Это отрасль либо формируется заново или претерпевают структурные изменения под воздействием различных факторов, создавая потенциальные возможности для развития бизнеса;

2. «Зрелая» отрасль – характеризуется замедлением темпов ее роста и повышением степени насыщения отраслевого рынка;

3. «Фрагментарная» отрасль – характеризуется низким уровнем концентрации предприятий. Главной отличительной чертой раздробленных отраслей является отсутствие лидеров, доминирующих на рынке и признанных покупателями;

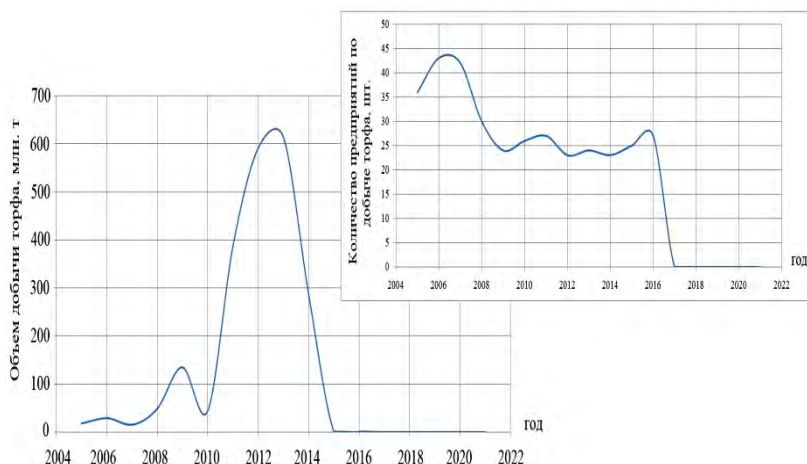
4. «Кризисная, угасающая» отрасль – как правило, такая отрасль находится в предпоследней стадии жизненного цикла и характеризуется устойчивым абсолютным сокращением объема продаваемой продукции в течение длительного периода времени;

5. «Стагнирующая, депрессивная» отрасль – характеризуется стабильно низким уровнем производства и сокращением числа предприятий. При этом в некоторых регионах производство продукта полностью прекращено, а в других регионах продукт еще производится, но количество производителей уменьшается ежегодно;

6. «Смерть» отрасли – характеризуется резким прекращением производства всеми предприятиями отрасли в стране и переход на другой вид деятельности.

В число «стагнирующих, депрессивных» отраслей входит торфяная промышленность. Жизненный цикл отрасли можно построить и для оценки ее регионального развития при планировании региональных стратегических программ рис.2. Показатель «объем добычи, объем производства» может вносить искажения в кривую жизненного цикла отрасли. Классический вид кривой жизненного цикла торфяной отрасли в Тверском регионе за период 2005-2020 гг., представленный на рис. 2, показывает, что пик приходящийся на 2008-2010 гг. связан с ростом добычи торфа по причине благоприятных сезонов добычи (низкое количество осадков и высокая среднемесячная температура). Резкий скачок стадии роста в жизненном цикле торфяной отрасли ре-

гиона с 2011-2013 гг. связан с экономическим экспериментом, а именно, развитием в регионе биоэнергетического торфяного кластера [9, 10].



**Рис. 2. Жизненный цикл и количество предприятий торфяной отрасли в Тверском регионе**

Как видно из графика, с окончанием экономического эксперимента наблюдается резкое падение объемов добычи торфа в Тверском регионе. К 2015 г. отрасль перестала существовать как отдельно обособленная и вступила в стадию «смерти». Однако, стадия «смерти» хотя и показывает отсутствие процессов добычи торфа, но также говорит о том, что торфопредприятия могли изменить основной вид деятельности, который указывается при регистрации предприятия (например, с «добычи торфа» на «растениеводство», торф при этом добывается для собственных нужд, т.е. для производства грунтов). Таким образом, торфопредприятия могут перейти в разряд микропредприятий, а изменение основного вида деятельности может отнести эти производства к сфере агропромышленного комплекса. Однако, график динамики количества предприятий по добыче торфа в Тверском регионе за период с 2005-2016 гг. показывает более точный результат и демонстрирует, что отрасль находится в стадии «стагнации», а после 2016 г. перешла в стадию «смерти».

Согласно приведенным выше выводам можно констатировать следующее:

1. Для разработки макроэкономической прогнозной модели развития отрасли временной интервал должен быть долгосрочным;
2. При построении макроэкономической модели развития отрасли показатель «объем добычи, объем производства» может давать искаженную информацию, по причине зависимости не только от экономической конъюнктуры, но и по причинам изменения погодных условий сезона добычи;
3. Для нивелирования искажения данных по объемам ежегодной добычи полезных ископаемых используемых для построения макроэкономической модели развития отрасли следует, в качестве дополнительного, использовать показатель «число предприятий».

#### **Библиографический список**

1. Яконовская Т.Б. Вопросы инвестиционной привлекательности торфяной отрасли / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская, Б.Ф. Зюзин // Современное состояние экономических систем: экономика и управление: Сборник научных трудов Международной научной конференции, Тверь, 04-05 декабря 2018 года / под общей редакцией Д.В. Розова, Г.Г. Скворцовой. – Тверь: СКФ-офис, 2018. – С. 139-142.
2. Яконовская Т.Б. Анализ инвестиционно-инновационной активности в торфяной отрасли / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская, М.А. Жигульский // Современное состояние экономических систем: экономика и управление: Сборник научных трудов Международной научной конференции, Тверь, 04-05 декабря 2018 года / под общей редакцией Д.В. Розова, Г.Г. Скворцовой. – Тверь: СКФ-офис, 2018. – С. 148-153.
3. Яконовская Т.Б. Особенности оценки экономической безопасности предприятий торфодобывающей отрасли Тверского региона России (обзор отрасли) / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская // Горные науки и технологии. – 2021. – Т. 6. – № 1. – С. 5-15.
4. Яконовская Т.Б. Цифровая трансформация торфодобывающего производства / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование: тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 26–28 октября 2021 года / Санкт-Петербургский горный университет; отв. ред. профессор О.И. Казанин. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. – С. 171-172.
5. Яконовская Т.Б. Кластер, интеграция, финансово-промышленная группа: современные формы организации производства в торфяной отрасли / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская, Б.Ф. Зюзин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 7. – С. 324-327.
6. Жигульская А.И. Анализ правовой базы управления торфяной отраслью РФ / А.И. Жигульская, Т.Б. Яконовская, Б.Ф. Зюзин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 7. – С. 276-280.
7. Зюзин Б.Ф. Горнопромышленный комплекс Тверского региона Российской Федерации: анализ развития / Б.Ф. Зюзин, А.И. Жигульская, Т.Б. Яконовская // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования: Материалы Международной научной конференции, посвященной 215-летию со дня рождения И. Домейко, Минск, 31 июля – 03 2017 года / под ред. А.К. Карабанова. – Минск: Государственное научное учреждение «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси», 2017. – С. 148-151.
8. Яконовская Т.Б. Проблемы добычи торфа в Тверском регионе / Т.Б. Яконовская, Б.Ф. Зюзин, А.И. Жигульская // Современные технологии и инновации: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 19 марта 2020 года / под общ.

ред. Т.Б. Новиченковой. – Тверь: Тверской государственный технический университет, 2020. – С. 95-99.

9. Яконовская Т.Б. Проблемы теории, методологии и практики налогообложения предприятий торфодобывающей отрасли Тверского региона / Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки. – 2020. – № 2(21).

10. Перспективы кластерной модели развития торфяной отрасли: региональный аспект / Т.Б. Яконовская [и др.] // Депонированная рукопись № 1010/06-14, 17.02.2014. – EDN: [ТСАТРJ](#)



УДК 69.009.1

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕСА СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Соколова С.С., Рожков В.Ф.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Строительная организация рассматривается как сложная многофункциональная система, анализируется ее интеграция в деловой оборот, осуществление контроля над основными экономическими параметрами деятельности для эффективного управления и адаптации к постоянно меняющимся факторам внешней среды с использованием процессных, функциональных и структурных моделей для описания производственной деятельности и бизнеса организации*

*Ключевые слова: бизнес-система, структуры моделей организации, модели массового обслуживания, производственные модели, модели торговли, динамическое программирование*

Строительную организацию можно рассматривать как бизнес-систему, которая объединяет многие виды организационно-правовых форм собственности, как совокупность координируемых действий коллектива людей, работающих совместно для достижения поставленных целей. Организация выступает как открытая система, активно взаимодействующая с внешней средой. Составные элементы внешней среды - потребители, конкуренты, государственные учреждения, поставщики, финансовые организации, источники трудовых ресурсов [1].

Подсистемы и элементы, которые составляют внешнюю среду, необходимо рассматривать не изолированно. Они находятся в постоянном взаимодействии, характеризуются изменениями и взаимозави-

симостью. Внешняя среда представляет собой сложную динамическую систему, в которой каждая подсистема содержит элементы подсистемы более низкого уровня.

Структурно строительную организацию, как бизнес-систему, можно представить в виде совокупности взаимосвязей между отдельными подсистемами, субподсистемами и элементами. Структурное взаимодействие между составными частями бизнес-системы имеет различную природу - управленческую, организационно-функциональную, структурную, производственно-технологическую, аналитическую, логическую, информационно-коммуникационную.

Строительной организации как сложной многофункциональной системе присущи следующие основные признаки: все элементы связаны между собой; иерархическая структура; цели и задачи ее измеримы и конкретны; динамичность; адаптация к изменениям входных и выходных товарно-финансовых потоков; входные и выходные товарно-финансовые потоки выступают как случайные процессы; взаимодействие с внешней средой.

Взаимодействия внешней среды и бизнес-системы организации рассматриваются как совокупность случайных непрерывных воздействий со стороны подсистем и элементов внешней среды (субъектов рыночных отношений, сырьевых, товарных и финансовых рынков и обращающихся на них инструментов, макроэкономической, политической ситуации) и целенаправленного управляющего воздействия на нее со стороны государства и его органов посредством принятия законов, норм, правил, порядков, обязательных для исполнения. В связи с этим бизнес-систему можно рассматривать как управляемую подсистему [2].

Рациональное формирование бизнес-системы организации, ее интеграция в деловой оборот, осуществление контроля над основными экономическими параметрами деятельности для эффективного управления и адаптации к постоянно меняющимся факторам внешней среды может быть достигнуто при использовании методов и инструментария бизнес-инжиниринга.

Каждая строительная организация представляет собой сложный организм, изменяющийся во времени. Для принятия наилучших из возможных решений необходимо, чтобы каждый человек имеющий с ней дело располагал достаточной информацией.

Сложные вещи проще понимать, если они тем или иным образом зрительно представлены, а не только описаны словами. Формальный способ визуализировать нечто - это построить модель. Практически в любой области люди используют тот или иной вид моделей



(математических, физических или компьютерных), чтобы иметь более ясное понятие о том, что они делают.

Существует два основных способа описания моделей - статическое и динамическое. Статическое описание включает структуру модели, т.е. такие ее составляющие, в которых можно пренебречь временем. Динамическое описание включает некоторый поток событий, т.е. изменение рассматриваемых явлений во времени, которое необходимо учитывать с точки зрения задач, решаемых организацией. Совершенно естественно использовать различные модели для описания отдельных аспектов строительной организации.

Функционирование организации рассматривают с точки зрения различных исполнителей: директора, заказчика, акционера, партнера компании, продавца продукции и т.д. Со стороны каждой из перечисленных категорий людей она выглядит по-разному, т.е. каждой категории необходимы разные модели.

Чтобы управляющий персонал принимал правильные решения в различных ситуациях, необходимо иметь набор моделей, которые реально описывают различные формы их взаимоотношений. В моделях, которые используются на верхнем уровне управления необходимо обеспечить краткость и понятность, должны быть подчеркнуты основные сущности, а детали скрыты. Людям, работающим с организацией, необходима та информация, которая им требуется для их работы. Одной из наиболее важных моделей является модель бизнеса, с помощью которой реализуются ее функции во внешнем мире.

Модель бизнеса иллюстрирует то, что является окружающей средой организации и как она взаимодействует с этой средой. Окружающая среда представляет собой то, с чем организация взаимодействует в ходе выполнения своих бизнес-процессов, в то числе, клиентов, партнеров, субподрядчиков и т.д. Модель бизнеса показывает всем работникам, что должно быть сделано, когда и как именно. В общем случае необходимо разрабатывать не одну, а несколько интегрированных и согласованных бизнес-моделей.

Разработка математических моделей бизнеса систем такого масштаба как строительная организация представляет сложную научно-исследовательскую работу по целому ряду причин, среди которых: конфиденциальность информации о структуре организации в условиях сильной конкуренции; необходимость глубоких знаний реальных процессов принятия решений в организации в сочетании с серьезной теоретической подготовкой; трудности в планировании и проведении эксперимента в действующей организации.

Обычно модель бизнеса разрабатывается только для тех частей, которые выполняют ключевые бизнес-процессы. Ключевые бизнес-процессы - это те, в которых участвуют клиенты, и те, при помощи которых компания зарабатывает деньги.

Формирование моделей бизнеса проходит ряд этапов. Прежде всего создается функциональная модель, которая дает ответ на вопрос, какие рыночные функции выполняет организация. Затем разрабатывается модель структуры организации, которая уточняет, кто реализует функции предприятия. Обе эти модели в единстве формируют организационную модель, которая обеспечивает ответ на вопрос, кто и что должен делать. На следующем этапе осуществляется преобразование функциональной модели организации в процессную. Когда для каждой функции определяются входные и выходные параметры, то формируется бизнес-процесс. В такой ситуации отдельные функции могут быть представлены как ряд взаимосвязанных процессов бизнеса, отражающих причинно-следственную связь указанных функций. Наряду с этим осуществляется преобразование структурной модели организации в ролевую модель, в рамках которой можно получить ответ на вопрос, какую роль играет конкретная должность (т.е. исполнитель) в бизнес — процессе. Если совместить процессную и ролевую модели, то определяются и контуры процессно-ролевой модели организации.

Ключевой элемент организационной модели бизнеса - описание архитектуры, т.е. описание ее наиболее важных статических структур: отделений, отделов; процессов (их описание, но не исполнение) продукции, человеческих и технических ресурсов.

Структуры состоят из взаимосвязанных элементов. Элементы имеют ответственных владельцев, отдельных сотрудников. Элементы реальны: они имеют содержание, им может быть присвоено несколько значений и у них есть ограничения. Как правило поток событий в организации не рассматривается как часть архитектуры. Рассматривая архитектуру, в большинстве случаев, не принимают в расчет ни совместное функционирование элементов, ни то, как они взаимодействуют.

События и принимаемые решения, образующие поток событий, становятся деталями отдельного процесса. Для многих случаях необходимо описать динамическое поведение элементов архитектуры, что в соответствии с приведенной классификацией соответствует переходу от организационной модели к процессной, а далее, после разработки штатного расписания исполнителей, к процессно-ролевой.

К наиболее распространенным процессным моделям можно отнести: модели массового обслуживания; модели управления запасами; производственные модели; модели торговли; финансовые модели.

Формирование модели предприятия проходит ряд этапов. На стадии обратного инжиниринга создается функциональная модель, которая дает ответ на вопрос, какие рыночные функции во внешнем окружении выполняет организация. Затем разрабатывается модель структуры организации, которая уточняет, кто реализует функции предприятия. Обе эти модели в единстве формируют организационную модель, которая дает ответ на вопрос, кто и что должен делать.

На этапе прямого инжиниринга осуществляется преобразование функциональной модели организации в процессную, когда для каждой функции предприятия определяются входные и выходные параметры и формируются новые производственные процессы. В такой ситуации отдельные функции могут быть представлены как ряд взаимосвязанных процессов производства, отражающих причинно-следственную связь указанных функций.

Все известные подходы к моделированию производственной деятельности принадлежат к одному семейству методов моделирования информационных сложных систем.

Используются два метода моделирования информационных систем:

Структурный, при котором производственная система разбивается на отдельные элементы. Он складывается из этапов анализа, проектирования, программирования, тестирования и сопровождения, которые выполняются последовательно;

Объектно-ориентированный, который заключается в представлении системы в виде совокупности классов и объектов предметной области, который в большей степени ориентирован на программистов, а не на менеджеров.

В соответствии с основными задачами проведения реинжиниринга, решаемыми с целью создания на предприятии эффективной системы оптимального планирования и управления могут использоваться модели оптимального программирования.

Методы оптимального планирования включают в рассмотрение несколько способов производства, распределения и потребления, переменные (входные или выходные) задаются не извне модели, а определяются из условий оптимальности целевой функции.

Модели оптимального программирования используются для решения целого ряда экономико-математических задач, возникающих в процедурах реинжиниринга, среди которых, например, минимизация транспортных расходов при перевозке к потребителям, рациональное расходование сырья и материалов, оптимизации рекламных кампаний,

эффективного использования и замены оборудования, процессы массового обслуживания и т.д.

Чем сложнее производственная система, тем более сложным является процесс разработки его экономико-математической модели. Для реализации экономико-математической модели, адекватно описывающей тот или иной производственный процесс, т.е для доведения модели до числа пользуются различными математическими методами, в том числе методом динамического программирования [3].

При декомпозиции процессов на отдельные задачи возникает необходимость в математическом моделировании последних с целью выработки оптимальной стратегии процессов более высоких уровней.

Теория динамического программирования хорошо приспособлена для учета индивидуальных особенностей конкретных процессов. С ее использованием может быть решен целый ряд задач оптимизации из самых разнообразных областей. Она представляет собой систематическое средство получения точных числовых ответов на конкретные числовые вопросы в задачах руководства и контроля, составления расписаний и управления запасами.

Динамическое программирование позволяет также заниматься математическим экспериментированием и исследованием природы оптимальных политик для простых процессов с целью разработки оптимальной стратегии более сложных процессов.

Ресурсы можно употребить различными способами. Каждый такой возможный способ можно назвать технологическим или производственным процессом.

В результате употребления всех ресурсов или их части в каком-либо отдельном процессе строительная организация получает некоторый доход. В одних случаях доход может быть оценен в единицах самих ресурсов (деньги могут снова приносить деньги, машины могут снова производить машины); в других — он может быть измерен в единицах совершенно отличной природы. Размер, дохода зависит как от употребленного количества ресурсов, так и от выбранного процесса.

Для упрощения задачи могут использоваться следующие допущения: доходы, полученные от различных процессов, могут быть измерены общей единицей; доход, полученный от любого данного процесса, не зависит от того, какие количества ресурсов были выделены для других процессов; общий доход может быть определен как сумма доходов, полученных от отдельных процессов.

На экономическом языке это означает, что полезность, полученная от процесса распределения в целом, может быть вычислена простым сложением полезностей, полученных от отдельных процес-

сов. Основная задача — разделить ресурсы так, чтобы максимизировать общий доход.

В динамическом программировании рассматриваются много-стадийные процессы принятия решения.

Например, необходимо из состояния  $S_0$  (рис. 1) перейти в состояние  $S_N$ , изменяя некоторые параметры и соблюдая при этом некоторые ограничения, которые могут быть наложены на прямые и косвенные параметры, влияющие на некоторый критерий в виде функционала  $f(x, y, z, q...)$ .

Эти ограничения могут быть вида:

$$x_0 \leq x \leq x_{\max}$$

$$y_0 \leq y \leq y_{\max}$$

$$z_0 \leq z \leq z_{\min}$$

$$q_{\min} \leq q \leq q_{\max}$$

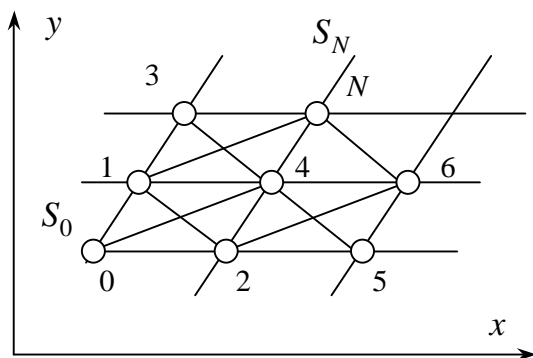


Рис. 1. Процесс принятия решения

Весь процесс перехода из  $S_0$  в  $S_N$  разбивается на отдельные шаги или стадии (точки 1, 2, ..., 6), которые будут характеризоваться своими состояниями и значениями критерия, т.е.  $S_1, \dots, S_6$  и  $f_1(x, y, z, q, \dots), \dots, f_6(x, y, z, q, \dots)$ . Выбор пути от стадии к стадии будет определяться значением критерия

$$f_N(x, y, z, q...) \textcircled{R} \max$$

или

$$f_N(x, y, z, q...) \textcircled{R} \min$$

при выполнении тех ограничений, которые представлены ранее. Если ограничения на какой-либо параметр не выполняются, то участок перехода из одной точки в другую исключается и оценивается другой участок перехода. Движение при этом можно осуществлять как в прямом направлении (от 0 к  $N$ ), так и в обратном (от  $N$  к 0). Это зависит от цели и конечного результата. Такая процедура динамического программирования называется дискретным динамическим программированием [4].

Рассматривается задача замены оборудования в предположении, что известна зависимость эффективности работы оборудования от времени его службы или возраста в  $N$ - стадийном процессе. Рассмотренную модель легко видоизменить с целью учета морального износа оборудования, стоимости или цены, которая от функции времени, или произвольных стратегий, часто заключающихся в фиксировании минимальной длительности производственного цикла.

Решение вопроса о замене некоторого конкретного оборудования, зависит от производительности этого оборудования, эксплуатационных расходов, остаточной стоимости оборудования, размер которой зависит от возраста оборудования, и покупной ценой нового оборудования.

Таким образом, для успешного функционирования в рыночных условиях в строительной организации должна быть создана подсистема формирования эффективных управленческих решений. В рамках прямых и обратных связей между различными элементами бизнес-системы организации происходит обмен массивами данных и информацией, которые служат основой для ситуационного управления, позволяющего адекватно и оперативно реагировать на постоянно меняющуюся внешнюю среду.

#### **Библиографический список**

1. Бобрышев, А.Д. Бизнес-модели в управлении устойчивым развитием предприятий: Учебник / А.Д. Бобрышев, В.М. Тумин, К.М. Тарабрин. - М.: Инфра-М, 2013. - 31 с.
2. Калянов, Г.Н. Структурные модели бизнеса: DFD-технологии / Г.Н. Калянов. - М.: Финансы и статистика, 2009. - 256 с.
3. Маклаков, А.Г. Моделирование бизнес-процессов с ALLFusion Process Modeler (BPwin 4.1) / А.Г. Маклаков. - М.: Диалог-МИФИ, 2008. - 240 с.
4. Теличенко, В.И. Информационное моделирование технологий и бизнес-процессов в строительстве / В.И. Теличенко. - М.: АСВ, 2008. - 144 с.



## **РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ МО ТУЛА ПО ФАКТОРУ КАРСТВО-СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ**

**Чекулаев В.В., Царенкова И.И., Матюшкин Н.Р.**  
*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*В статье на основе анализа фондовых материалов и периодической научной литературы по вопросам изучения процессов карстобразования на территории Тульской области предложена схема районирования земель МО Тула по фактору карстово-суффозионных явлений и процессов.*

На территории Тульской области экзогенные геологические процессы проявляются достаточно широко, зачастую наносят значительный материальный ущерб народному хозяйству, а иногда и создают реальную угрозу безопасности жизнедеятельности человека. Наибольшую опасность представляют карст, суффозия, пльвуны, оползнеобразование и речная эрозия. Степень пораженности карстовыми процессами Тульского региона достигает 50% [1].

Риск использования закарстованной территории заключается в том, что образование полостей в массиве горных пород вызывает сдвигание прилегающего массива горных пород и изменение рельефа поверхности, которые могут причинить повреждения поверхностным сооружениям вплоть до их полного разрушения или наоборот не причинят никакого вреда.

Для предотвращения последствий этих негативных процессов необходима полноценная и разносторонняя информация о масштабах распространения карстовых процессов, действующих (или способных действовать) на землях определенной территории, их интенсивности, частоте и размерах чрезвычайных ситуациях природного характера. Без информационно-картографической основы, разносторонне характеризующей источники природных опасностей, их пространственное распределение, масштабы проявления и их периодичность, невозможна объективная оценка подверженности земель региона опасным природным процессам (явлениям), успешное планирование профилактических и защитных мероприятий по борьбе с ними [4].

Интенсивность проявления карстовых процессов рекомендуется оценивать количеством воронок, приходящихся на единицу территории. Шкала оценки карстовых процессов на городских землях представлена в таблице 1.

Таблица 1

Шкала оценки карстово-суффозионных процессов на городских землях

Количество воронок, ед./км <sup>2</sup>	Интенсивность проявления процессов
нет	Отсутствуют
1	Слабая
2-5	Опасная
>5	Чрезвычайная

Для более детального изучения распространения карста, с точки зрения его влияния на расположение функциональных городских зон, на территории Большой Тулы наиболее целесообразно выделить участки по литологическому составу карстующихся пород, которые, в свою очередь, делятся на более мелкие таксонометрические единицы – подучастки. В качестве критериев такого деления предлагается ввести изученность, плотность и вероятность проявления карстов.

На территории Большой Тулы предлагается выделить следующие участки и подучастки: Рождественский, Центральный и Скуратовский.

**Рождественский участок** приурочен к залегающим под мало-мощными наносами известняков окско-таррусской толщи. С севера, востока и запада участок ограничен северными границами Большой Тулы, с юга линией по направлению д. Малиновка-Обидимо-Барсуки-Архангельское.

На территории участка повсеместно велась добыча известняков открытым способом на Барсуковском, Рождественском и Хомяковском карьерах. В настоящее время добыча известняка открытым способом ведется на Байдииковском и Малиновском карьерах. В основном выход указанной толщи приурочена к водоразделам. Наличие открытых горных выработок и непосредственные наблюдения на земной поверхности и бортов выработок позволили получить сведения о карстопоявлении на этом участке, карст представлен воронками с понорами и без них, слепыми оврагами. На отдельных площадях по непосредственным наблюдениям их плотность превышает 10 шт/км<sup>2</sup>.

В пределах этого участка предлагается выделить следующие подучастки: Рождественско-Хомяковский, Обидимско-Малининский и Хомяково-Архангельский. Подучастки выделяются по непосредственным наблюдениям.



Рождественско-Хомяковский подучасток расположен на площади, ограниченной с севера административными границами Большой Тулы, с юга – границам участка, с запада – линией ориентированной на север, расположенной в 4 км западнее пос. Рождественский (до автомобильной трассы М-4 и с востока - линией, проходящей через ж/д станцию Хомяково.

На площади неотработанного карьерного поля карьера Рождественский по непосредственным наблюдениям в юго-западном и восточном бортах карьера на протяжении 150 м отмечено около 10 карстовых воронок (рисунок фотография). Далее в пределах горного отвода во время наблюдений нами отмечена плотность карстовых проявлений 10 шт/км<sup>2</sup>. Они представлены воронками, некоторые из которых переходят в слепые овраги. С учетом наблюдений, проводимых ранее, на Хомяковском карьере и на Байдиковском участке, в среднем плотность на Рождественско-Хомяковский подучастке составляет более 5 шт/км<sup>2</sup>.

*Хомяково-Архангельский подучасток* расположен на площади, ограниченной с севера и востока административными границами Большой Тулы, с юга – границам участка, с запада – границами Рождественско-Хомяковский подучастка. На водоразделах плотность проявлений до 5 шт/км<sup>2</sup>.

*Обидимско-Малининский подучасток* расположен на площади, ограниченной с севера и запада административными границами Большой Тулы, с юга – границам участка, с запада – границами Рождественско-Хомяковский подучастка. Изучение карста проводилось при исследовании карьеров Малиновский и Барсуковский. Плотность карстопроявлений около 3 шт/км<sup>2</sup>.

**Центральный участок** приурочен к долине реки Упа, которая в широтном направлении пересекает Большую Тулу. Процесс образования карста в этом районе связан с упинскими известняками, которые от западной административной границы образования до моста через р. Упу (район моста Восточного путепровода) вскрыты р. Упой или перекрыты речными отложениями. В Центральном участке выделяются пять подучастков: Щегловский, в низовьях рр. Сежа-Бежка, в низовьях Бежка-Тулица-Волоть, в низовьях рр. Волоть-Упка.

*Щегловский подучасток* выделен в самостоятельный по причине наибольшей изученности и наиболее интенсивному процессу образования карста. Он расположен в пределах д. Медвенка, д. Мыза, начало улицы Щегловская засека, д. Высокое.

Этот район представляет наибольшую опасность, так расположен в производственной зоне.

На территории г. Тулы известняки упинского горизонта имеют почти повсеместное распространение, гипсометрическое положение кровли 130-170 м. абс. Упинские известняки весьма неравномерно закарстованы, трещиноватые, кавернозные. Агрессивные атмосферные, поверхностные и техногенные воды на участках, благоприятных для инфильтрации, проникают в трещиноватые карбонатные породы и интенсивно их выщелачивают. Этот процесс сопровождается суффозионным выносом тонкого песчано-глинистого материала из вышележающих слоев в нижележащие полости и ослабленные зоны.

С карстово-суффозионными процессами связано образование провалов в форме конических, чашеобразных колодцев диаметром от 2 - 3 м до 100 м и видимой глубиной от 5 м до 50 м. Воронки обладают способностью периодически «оживать» и развиваться.

По данным рекогносцировочного обследования на склонах оврага, расположенного с юго-восточной стороны предприятия, наблюдаются воронкообразные проседания дневной поверхности, а на выходе ручья отмечен конус выноса песчаного материала. Абсолютная отметка у истока ручья составляет 206 м, что соответствует уровню залегания прослоев водонасыщенных мезозойских песков (по данным бурения) на площадке деформирующегося инженерно-лабораторного корпуса. Вынос песчаного материала в овражно-балочную сеть создает зоны ослабления в верхней толще отложений.

В нижней части разреза, непосредственно на упинских карстующихся известняках, залегает мощная толща (до 15-20 м) песков тульского горизонта, участками разделенная с известняками мало-мощными (0,5-2,0 м) прослоями бобриковских глин. Пески по данным бурения рыхлые, что указывает на медленнотекущий суффозионный вынос их в трещины и пустоты в известняках и образование полостей, подтвержденных буровыми скважинами.

При выходе карстовой полости на контакт с нескальными породами, в них образуются своды обрушения, при подходе свода к прослоям скальных пород (известняков) происходит вывал отдельных блоков в местах наибольшего ослабления и далее выход провалов на дневную поверхность.

В данных инженерно-геологических условиях тип механизма провалов можно отнести к суффозионно-гравитационному.

Типичным примером на территории Щегловского подучастка является карстово-суффозионные провалы земной поверхности на территории ГУП КБ приборостроения [2,3,5].

Плотность проявления карстов в Щегловском подучастке более 5 шт/км<sup>2</sup>.

*Подучасток в низовьях рр. Сежа-Бежска.* Приурочены карсты обычно к днищам и стенкам мелких эрозионных форм - ручьевым долинам, балкам, впадающим в вышеназванные реки, где мощность перекрывающей толщи до 10-15 м. На водоразделах воронки встречаются редко. Они отсутствуют и в нижнем течении рек Волоти, Тулицы, Сежи, где окские известняки размыты, а упинские перекрываются толщей песков с глинами мощностью до 40-45 м. Распространение карстовых воронок по площади неравномерное, плотность их 2 единицы на I км<sup>2</sup>.

*Подучасток в низовьях рр. Бежска-Тулица-Волоть.* Наибольшая поражённость поверхностным карстом наблюдается в верховьях рек Тулицы и Бежки, где плотность их 3 единицы на I км<sup>2</sup>. Чаше распространены воронки глубиной 3-4 м с диаметром до 10м. Преобладают одиночные воронки, но на участках наиболее активного карста встречаются их цепочки чаще из 3-х, редко из 5-10 воронок (дд.Дорофеевка, Медвенка, к северу от д.Форино). В верховьях Сежи они группируются в карстовые поля. Другие формы встречаются редко, там известен карстовый лог около д. Гамово [6].

В пределах данного участка развит и глубинный карст в загипсованных отложениях верхнего девона, который проявляется на поверхности в устьевой части пойм р. Бежки, р. Тулицы, а также в пойме р. Упы на правом берегу южнее д. Изволь. Всего здесь имеется 4-е озера, одно размером 300-700, остальные 40-50 м. Следствием глубинного карста в долине р. Упы явилось увеличение минерализации вод упинского горизонта на западном фланге Песоченского водозабора, спустя год от начала его эксплуатации. Как было установлено специально проведенными работами, переток минерализованных вод происходит через карстовый провал, на месте которого образовалась в пойме р. Упы заболоченное озеро.

*Подучасток Волоть-Упка.* В данном районе проявления карста в виде воронок наблюдается значительно меньше. Их плотность не превышает 1 шт./км<sup>2</sup>.

На всей остальной части Центрального участка проявления карста в виде воронок, карстовых озер (пос. Басово) описаны в отдельных, единичных случаях. Средняя плотность карстопроявлений на этом подучастке не превышает 0,9 шт/км<sup>2</sup> [7].

При этом необходимо отметить, что на указанной территории повсеместно распространены упинские известняки, перекрытые мощной толщиной тульских и четвертичных отложений. Отсюда следует вероятность проявления погребенного карста.

**Скуратовский участок** ограничен на юге, востоке и западе административной границей большой Тулы, на севере – направлением Скуратово – Ясная Поляна – Коптево. Скуратовский участок подразделяется на два подучастка: Ливенский и Янополяно-коптевский.

*Ливенский подучасток* - это район, ограничен: на севере - пос. Скуратово-д. Ильинское; на западе - пос. Скуратово-д. Фалдино; на востоке и юге - административной границей Большой Тулы. Вся территория в пределах вышеуказанных границ является потенциально карстоопасной.

Образование провалов носит катастрофический характер (время образования – несколько минут, диаметры провальных воронок достигают десятков метров, глубина провальных цилиндров до заполнения их обрушившимися и сползшими массивами пород в отдельных случаях достигает 50-70 м). Карст этого района является глубинным: 90-120 м. Типичным примером такого карста служит провал земной поверхности, произошедший в октябре 1981 года в 170 м к юго-востоку от бывшего пионерского лагеря «Факел» (район д. Ливенское). Образовавшийся провал цилиндрической формы имел диаметр около 20 м и до 70-75 м глубины.

Следующим во времени в данном районе является повторный провал дна и уход озера карстового происхождения в мае 1998 года, существовавшего в пределах более древней карстовой воронки, расположенной на западной окраине н.п. Лобынское. Размеры провальной воронки составляли порядка 80x100 м при видимой глубине 15-18 м.

Последним из известных явился провал, возникший в апреле 2006 года вблизи п. Озерный, в 10-12 м от магистрального газопровода ООО «Мострансгаз». Размеры карстового провала составили 20x30 м при видимой глубине 8-10 м.

Вышеуказанные примеры карстовых провалов относятся к т.н. глубинному карсту, который развит на территории Тульской области в единственном районе, расположенном в 10-12 км к юго-востоку от г. Тулы.

Причиной образования глубинного карста являются тектонические и структурные особенности района проведения карстологической съемки. Район проведения работ в тектоническом отношении приурочен к западной окраине сводовой части Тульско-Болоховского поднятия, которое является тектонической структурой III порядка и вытянуто с северо-запада на юго-восток, протяженность его составляет 25 км, ширина основания изменяется от 5 до 18 км, а в своде от 4 до 9 км. За пределами рассматриваемого района (за р.Упа) поднятие прослеживается далее к юго-востоку на смежной территории.

На площади 19 км<sup>2</sup> выявлено более 100 форм карстопоявлений, выраженных в рельефе в виде карстовых воронок, реже западин и слепых логов. Границами района, где проводилась карстологическая съемка, являются: на севере – Ю-В часть пос. Скуратовский – д. Ильинское; на юге – д. Фалдино – д. Лобынское; на западе – Ю-В часть пос. Скуратовский – д. Фалдино и на востоке – д. Ильинское – д. Лобынское.

Сведения по всем (152 шт.) формам карстопоявлений, выявленным во время проведения карстологической съемки, показали, что плотность карстопоявлений на данном подучастке составляет более 5 шт/км<sup>2</sup>

*Янополяно-Коптевский подучасток* ограничен с северной стороны – д. Коптево – д. Ясная поляна; с восточной - пос. Скуратово-д. Фалдино; на западе и юге – административная граница Большой Тулы. Проявления карста на этом участке крайне неравномерно. Наблюдениями зафиксированы единичные провалы и карстовые воронки. Средняя плотность карстообразования около 1 шт/км. Скорее всего, такое уменьшение карстоопасности являются причиной ослабления влияния тектонического структурного поднятия.

Краткая характеристика выделенных участков и подучастков представлена в таблице 2.

На основе изучения геологического строения района его тектонических и гидрогеологических особенностей произведено районирование территории МО Тула по фактору проявления процессов карстообразования.

Карта-схема зонирования территории МО г. Тула с учетом указанной таблицы представлена на рисунке 1.

Материалы настоящего исследования могут быть использованы специалистами землеустроительных служб, проектных и изыскательских организаций, в комитетах по земельным ресурсам и землеустройству, в организациях, связанных с мониторинговыми исследованиями и в учебном процессе вузов соответствующего профиля.

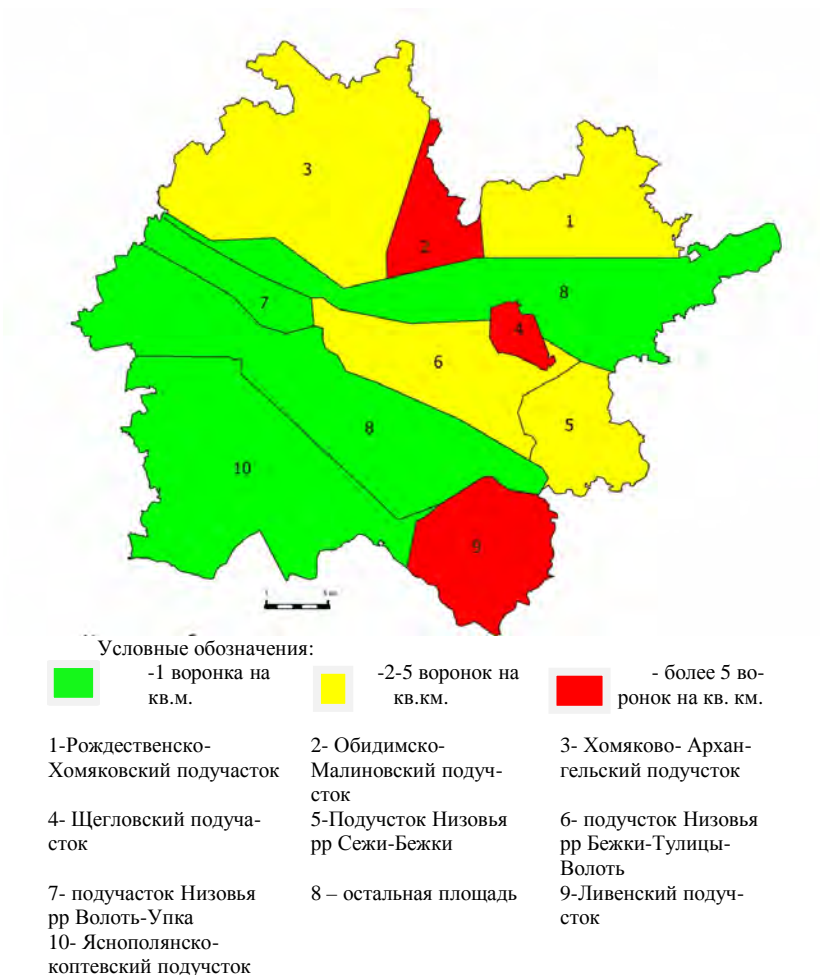
Рациональное использование земель в зонах влияния опасных экзогенных геологических процессов может быть достигнуто посредством комплексного планирования с учетом ограничений правового и социального характера, а также изменений кадастровой стоимости, вызванных прогнозами на ухудшение состояния земель и в первую очередь с точки зрения безопасности ведения хозяйственной деятельности и проживания населения. При этом учет влияния этих факторов ведет к изменению кадастровой стоимости земельных участков и требует

совершенствования расчета объема земельных платежей в бюджет муниципальных образований.

**Таблица 2**

Краткая характеристика выделенных участков и подучастков

Название участка	№ подучастка на карто-схема	Название подучастка	Формы проявления карста	Площадь участка, км <sup>2</sup>	Средняя плотность карстопроявлений, шт/км <sup>2</sup>
Рождественский	1	Рождественско-Хомяковский	Воронки, карстовые котловины, поноры, слепые овраги	258.7	Более 5
	2	Обидимско-Малининский	Воронки	47.55	3
	3	Хомяково-Архангельский	Воронки	114.1	3
Центральный	4	Щегловский	Провалы в форме конических, чашеобразных колодцев, воронки	8.83	Более 5
	5	Низовья рр Сежи-Бежки	Воронки	74.11	2
	6	Низовья рр Бежки-Тулицы-Волоть	Воронки, провалы, карстовые озера	122.5	3
	7	Низовья рр Волоть-Упка	Воронки	42.77	1
	8	Остальная площадь	Воронки, карстовые озера	465.3	1
Скуратовский	9	Ливенский	Воронки, карстовые озера, провалы	102.8	Более 5
	10	Яснополянско-коптевский	Воронки, провалы	256.1	1



**Рис. 1. Карта-схема зонирования территории МО г. Тула с учетом карстовых процессов**

**Библиографический список**

- 1.Геозкология хозяйственного комплекса Тулы и области / Э.М.Соколов, А.В.Дмитраков, А.Ф.Симанкин, В.В.Решетов.- Тула:ТулГУ, 2000.- с.110.
2. Курбаниязова И.И., Покладенко С.И., Молчанова Л.А. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды на территории Тульской области за 2006 г. Тула, 2007.
3. Курбаниязова И.И., Покладенко С.И. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды на территории Тульской области за 2008 г., Тула, 2009.

4. Сизов А.П. Оценка качества и мониторинг земель сверхкрупного города (на примере Москвы). М. : Изд-во МИИГАиК, 2012. — 239 с.

5. Чекулаев В.В., Курбаниязова И.И., Краткий обзор современного карстообразования на территории Тульской области. Сборник научных трудов 5-ой Международной научно-технической интернет-конференции «Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов», ТулГУ, Тула, 2020, С348-354.

6. Фондовые материалы. Отчет по изучению экзогенных геологических процессов Тульской области. Министерство геологии СССР. Производственное геологическое объединение «Центргеология». Подмосковная геологоразведочная экспедиция». Тула. 1987.

7. Севостьянов Ю.А. Исследование карста в южном крыле подмосковного бассейна применительно к практике разведки и эксплуатации угольных месторождений: дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук /Тул.политехнический институт, Т.-1971.



УДК 332.12

## **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Костенко Ю.А., Артемов Н. Г.**

*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Рассмотрены основные проблемы экономики Тульской области. Представлены сведения, подтверждающие значительные диспропорции в социально-экономическом развитии областей ЦФО. Выявлено, что дифференциация регионов ЦФО по финансовым показателям в целом выше, чем по общественным показателям*

*Ключевые слова: социально- экономические показатели, стратегический план, дифференциация.*

В настоящее время политика государства должна включать в себя не только усилия по изменению неблагоприятных тенденций, но и меры по адаптации к тем из них, изменить которые невозможно. Основной целью анализа является обнаружение проблем, мешающих социально- экономическому развитию регионов, и обоснование способов их ликвидации в целях перехода к устойчивому развитию. Наша страна представляет собой неоднородную пространственную систему, что вызывает потребность проведения анализа проблем развития, как в общем по стране, так и по отдельным ее регионам.

В накаляющихся условиях конкуренции за инвестиции между российскими регионами резко встал вопрос о повышении их инвести-



ционной привлекательности. Важной составляющей инвестиционной привлекательности Тульской области, ее конкурентным преимуществом является высокий инфраструктурный потенциал области (9-е место), а также низкий криминальный (9-е место в России и 5-е в ЦФО) и управленческий риск (9-е место в России и 2-е в ЦФО). В наибольшей степени Тульская область выделяется на фоне других регионов своим высоким инфраструктурным потенциалом. Помимо выгодного экономико-географического положения, в Тульской области высокая плотность железнодорожной сети, в 7,5 раз превышающая среднероссийский показатель, а также высокая насыщенность территории автодорогами с твердым покрытием.

По инновационному потенциалу Тульская область выделяется среди других регионов России по таким параметрам, как объем инвестиций в науку и число инновационно активных предприятий.

Преимуществом туристического потенциала Тульской области является значительное число исторических городов и поселков, а также значительная вместимость санаторно-курортных учреждений.

Среди показателей производственного потенциала отмечается рост доли Тульской области в общероссийском объеме промышленного производства, а также сохранение повышенной доли области в объеме сельскохозяйственного производства.

Следующим фактором инвестиционной привлекательности Тульской области является высокое значение такого параметра институционального потенциала, как число финансовых учреждений, действующих в регионе.

Значительно меньше ярко выраженных «точек роста» среди индикаторов инвестиционного риска.

В качестве наиболее сильных конкурентных преимуществ инвестиционного климата Тульской области следует назвать низкий общий уровень преступности (в криминальном риске), потенциальной межэтнической напряженности и безработицы (в социальном риске). В управленческом риске область выделяется проработанностью программно-целевых методов управления.

Среди сдерживающих факторов инвестиционной привлекательности Тульской области следует отметить следующие:

- в части трудового потенциала:
- трансформация рынка труда. Дефицит на рынке труда высококвалифицированных рабочих кадров связан с негативными демографическими тенденциями и несоответствием системы профессионального образования запросам рынка труда;
- в части потребительского потенциала:

- недостаточно высокий темп роста покупательской способности населения;
- в части производственного потенциала:
- высокая степень износа основных фондов в промышленности и сельском хозяйстве;
- недостаточное количество инфраструктурно подготовленных инвестиционных площадок;
- в части финансового потенциала:
- значительный удельный вес убыточных организаций;
- значительный и растущий уровень просроченной кредиторской задолженности организаций;
- в части инновационного потенциала:
- недостаточный уровень взаимодействия организаций, ориентированных на импорт технологий, с научно-исследовательскими центрами;
- в части инфраструктурного потенциала:
- отсутствие глобальных логистических операторов, что негативно сказывается на объемах и скорости грузоперевозок;
- наличие сетевых ограничений при вводе в эксплуатацию крупных объектов промышленного и гражданского строительства;
- в части туристического потенциала:
- плохая экологическая ситуация в районах, наиболее привлекательных для развития туристической деятельности;
- отсутствие системного подхода к регулированию туризма как сложного межотраслевого комплекса и невыстроенная система управления (в настоящее время наблюдается деконцентрация финансовых потоков, не отлажена система учета и т. д.);
- слабое развитие общей и специальной инфраструктуры;
- слабое позиционирование на внешних рынках и отсутствие уникального турпродукта (в масштабе страны и в мировом масштабе);
- сложные условия входа инвестора на рынок (неурегулированность вопросов землепользования, недостаточное количество готовых инвестиционных площадок).

Нейтрализация указанных негативных параметров позволит повысить конкурентоспособность Тульской области в России. При этом:

- параллельно с развитием секторов экономики, показавших свою эффективность, должны формироваться новые сектора экономики: инновационно-образовательный комплекс мирового уровня, современный туристический комплекс, обеспечивающий устойчивость и конкурентоспособность экономики области в будущем;

- должны быть реализованы кооперативные проекты с соседними регионами для обеспечения устойчивых позиций на внешних рынках;

- большое внимание должно уделяться пространственному развитию региона и повышению капитализации человеческих ресурсов.

Кроме того, с целью повышения качества жизни населения области, должны разрабатываться первоочередные меры по улучшению состояния окружающей среды. Основные усилия при этом необходимо сконцентрировать на строительстве и реконструкции очистных сооружений атмосферного воздуха и водных объектов.

Стратегический выбор Тульской области призван способствовать обеспечению устойчивости темпов экономического роста и повышению уровня жизни населения за счет сохранения политической стабильности, увеличения притока инвестиций в реальный сектор экономики и социальную сферу и поддержания высокого уровня инновационной активности.

Для решения указанных задач необходимо:

1. Оказывать активное содействие интеграции в международное разделение труда, привлечению иностранного капитала в экономику области.

2. Увеличивать экспортную ориентацию экономики за счет расширения и диверсификации рынков сбыта и увеличения номенклатуры экспортируемой продукции.

3. Повышать экономическую эффективность производства действующих организаций и, следовательно, конкурентоспособность выпускаемой продукции за счет снижения энергоемкости, повышения производительности труда и фондоотдачи.

4. Развивать производство продукции с увеличенной добавленной стоимостью, повышая глубину переработки сырья и уровень готовности выпускаемых изделий; формировать региональные и межрегиональные экономические кластеры.

5. Содействовать постоянному и более активному вводу в экономику принципиально новых элементов, формирующих новые «точки роста» на базе конкурентных преимуществ Тульской области, таких как ее местоположение (близость к Москве), историко-культурное наследие, природно-рекреационный, научно-технический и энергетический потенциалы. Ими могут быть как отдельные производства и организации, так и целые виды экономической деятельности.

Каждое из этих направлений вносит определенный вклад в стратегическое развитие области, усиливает ее экономическую мощь, способствует улучшению качества жизни населения. Их приоритетность и

соотношение на различных этапах стратегического периода зависят от политической воли, готовности территории, хозяйствующих субъектов и населения к переменам, от необходимых и имеющихся внутренних ресурсов, объемов привлечения внешних ресурсов, прежде всего инвестиций, а также внешних экономических и политических условий. Указанные аспекты ложатся в основу стратегического выбора Тульской области.

Существует три возможных варианта (сценария) развития Тульской области, актуальных в стратегической перспективе.

**Традиционный** сценарий предполагает расширение производства в тех видах деятельности, на которых традиционно специализируется область, на базе существующих технологий, с помощью процесса поиска новых рынков сбыта. Ресурсы при развитии по традиционному пути будут определяться в сфере организации производства, менеджмента и маркетинговой политики. Препятствием на этом пути является сохранение и поддержание конкурентоспособности продукции, как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Этот тип развития приведет к замедлению экономического развития (падению объема инвестиций вследствие низкой потребности в новом строительстве, росту износа основных фондов и т. д.) и нарастанию негативных тенденций в социальной сфере (опережающему росту цен в потребительском секторе, росту преступности и др.).

Традиционный путь развития при сложившейся экономической структуре и специализации промышленности означает стагнацию экономики и оттеснение Тульской области в разряд периферийных регионов с низким уровнем жизни населения.

Возможности выхода из такой ситуации открывает переход к модернизационному типу развития.

**Модернизационный** тип развития характеризуется диверсификацией традиционной экономической базы путем развития производств, выпускающих конечную продукцию, особенно в машиностроении. При этом увеличение числа организаций конечных стадий технологического процесса предполагает наличие высокой конкурентоспособности производимых изделий, что в свою очередь потребует значительных частных инвестиций (при высоком инвестиционном риске) вследствие необходимости поддержания постоянной конкурентоспособности продукции на рынке с российскими и иностранными аналогами.

Наиболее перспективным выходом из сложившейся социально-экономической ситуации является ввод сильной инновационной со-

ставляющей в модернизационный процесс и постепенный переход к инновационному типу развития.

**Инновационный** сценарий развития области предполагает наличие следующих необходимых факторов:

- создание базы генерирования инновационных продуктов (информационной, кадровой, образовательной, научной и внедренческой);
- рост инновационного спроса (наличие сфер деятельности, которые являются акцепторами инновационных продуктов);
- развитие инновационной инфраструктуры (специализированные предприятия и организации, обеспечивающие организационно-финансовые, информационные, патентно-лицензионные, маркетинговые и иные условия осуществления инновационной деятельности);
- разработка системы мер приоритетной поддержки инновационной деятельности;
- обеспечение необходимых объемов финансирования.

Выбор базовых вариантов стратегии социально-экономического развития Тульской области может осуществляться исходя из трех основных принципов:

1. Достижение в стратегической перспективе целевых ориентиров.
2. Последовательное достижение общероссийских параметров эффективности экономики, критериев экономической безопасности.
3. Достижение уровня производительности труда существующих организаций и в секторах экономики, соответствующего передовым российским или зарубежным аналогам.

Конкретные возможности и сроки достижения тех или иных ориентиров зависят от ресурсных, ситуационных и иных внешних и внутренних ограничений, существующих для Тульской области.

В силу указанных обстоятельств появляется резкая необходимость в решении проблем, направленных на увеличение инвестиционной привлекательности области, которые, в том числе нашли свое отражение в Стратегии социально-экономического развития Тульской области до 2028 года.

При создании стратегического плана действий, в комплексе были увязаны вопросы развития различных сторон государственной и общественной жизни региона, которые нашли отражение в конкретных цифрах индикаторов социально-экономического развития.

В основу механизма осуществления Стратегии 2028 был заложен принцип «баланса интересов», который предполагал обеспечение соблюдения интересов федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти Тульской области, органов местного

самоуправления и организаций, в том числе общественных, а также четкого разграничения полномочий и ответственности всех участников осуществления Стратегии.

В рамках Стратегии 2028 отмечен ряд конкретных задач, которые необходимо было решить, и определены целевые индикаторы их реализации по всем стратегическим направлениям.

Несмотря на то, что осуществление Стратегии 2028 до начала 2014 года исполнялось в условиях относительно устойчивой экономической конъюнктуры, а в 2014 – 2015 годах произошло сдерживание темпов экономического роста, оценка результатов реализации Стратегии 2028 свидетельствует о реальности достижения основных заявленных в ней параметров.

Наиболее важными проблемами, по мнению авторов стратегии, являются :

- поддержание значительного научно-технического потенциала области и стимулирование его распространения на различные сферы деятельности гражданского сектора экономики;

- стимулирование и поддержка внедрения новых технологий во все сферы экономики;

- поддержка инвестиционных инициатив;

- максимально полная осуществление возможностей государственно- частного партнерства;

- дальнейшая изменение экономики за счет развития новых сфер, в частности, туризма.

В Тульской области проживает 3,8 % населения ЦФО, причем это преимущественно высококвалифицированные трудовые ресурсы. На территории округа находятся основные транспортные магистрали, сконцентрировано немалое число учреждений образования, макрорегион различается хорошо развитой индустрией и сельским хозяйством, а так же высокой емкостью внутреннего рынка товаров и услуг. Выполним диагностику социально-экономических проблем развития регионов ЦФО РФ, опираясь на данные официальной статистической отчетности. Диагностику будем осуществлять в разрезе показателей качества существования жителей, потому как их положительная динамика и высокие значения дают возможность вести речь об устойчивости развития региональной социально-экономической системы. По показателю среднедушевых доходов населения «разрыв» между Тульской областью и максимальным (Воронежская) значениями составляет 1,3 раза. Без учета данных по г. Москва и Московской области, различия между Тульской и лучшей по этому показателю областью по уровню указанного показателя не столь существенно. Но диффе-

ренциация подтверждается другими экономическими показателями (рассчитанными без крайних значений):

- по уровню инвестиций в основной капитал разрыв между регионами составляет 2,1 раз: 152210 млн. руб. (Воронежская область) против 72579 млн. руб. (Тульская область);

- по показателю «основные фонды в экономике» - 1,6 раза: 1019463 млн. руб. (Воронежская область) против 635993 млн. руб. (Тульская область);

**Таблица**

Показатели развития экономики регионов ЦФО

Показатель	Значение показателя		Отклонение, раз
	Максимальное	По Тульской области	
Численность населения, тыс. чел.	2331,5 (Воронежская область)	1506,5	1,54
Среднемесячный размер социальной поддержки на одного пользователя, руб.	768 (Костромская область)	659,58	1,16
Численность врачей на 10 тыс. чел. населения	65,8 (Ярославская область)	33,8	1,95
Численность обучающихся общеобразовательных учреждений, тыс. чел.	195 (Воронежская область)	121	1,61
Ввод в действие общей площади жилых домов, тыс. м	1148,2 (Белгородская область)	292	3,9
Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, тыс. т.	350,6 (Тульская область)	350,6	-

- по среднегодовой численности занятых в экономике – 1,1 раза: 1054,9 тыс. чел. (Воронежская область) против 770,8 тыс. чел. (Тульская область).

Приведенные данные в таблице говорят о несущественных, но довольно ощутимых диспропорциях развития экономики регионов ЦФО, что способствует целому ряду факторов субъективного и объективного характера.

Из числа регионов ЦФО более благоприятными с точки зрения движения социальных процессов являются Воронежская и Белгородские области; наименее благополучными – Костромская, Ивановская и в малой степени Тульская. Представленные сведения дают возможность произвести заключение о том, что дифференциация регионов ЦФО по экономическим показателям в целом выше, чем по социальным показателям. Необходимо заметить сложившуюся в последние годы положительную тенденцию усовершенствования социально-экономического положения регионов центра России.

Таким образом, главными трудностями, препятствующими устойчивому развитию Тульской области, являются:

- скачкообразность общественно-финансового развития;
- взаимозависимость финансовых действий на региональном уровне от тенденций в формировании международной экономики;
- дифференциация округа по финансовым признакам в целом выше, чем по общественным признакам.

***Библиографический список***

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] / <http://www.gks.ru>
2. Регионы России. Социально-экономические показатели, 2021 г. [Электронный ресурс] / <http://www.gks.ru>



УДК 528.087:622.271.023

**ОРГАНИЗАЦИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА  
УСТОЙЧИВОСТЬЮ ОТКОСОВ РАЗРЕЗА ТЮЛЬГАНСКОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**Колесатова О.С., Нураева Ю.А.**

*Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, Россия,*

*Эффективная разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом не возможна без организации систематических инструментальных наблюдений за состоянием*



*устойчивости прибортовых массивов. На Тюльганском разрезе определение планового и высотного положения связующих реперов профильных линий (реперы, находящих у верхней бровки нижележащего уступа) предлагается производить способом линейно-угловой засечки с двух наблюдательных пунктов база.*

Эффективная разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом не возможна без организации систематических инструментальных наблюдений за состоянием устойчивости прибортовых массивов. Целью, которых является своевременное обнаружение деформаций бортов карьеров для оперативной оценки степени опасности этих деформаций и принятия мер, опережающих их развитие, по обеспечению безопасности ведения горных работ [2].

Инструментальный маркшейдерско-геодезический контроль состояния карьерных откосов является обязательной составной частью геотехнического мониторинга.

Современные способы наблюдений за геомеханическим состоянием бортов карьеров весьма разнообразны и разделяются на следующие группы с использованием:

- специальных автоматических приборов с дистанционным отбором информации в непрерывном или периодическом режиме;
- традиционных геодезических методов: геометрического и тригонометрического нивелирования с измерениями расстояний дальномерами и другими мерными приборами и т.д.;
- фотограмметрического способа;
- лазерных сканирующих систем.

На выбор инструментального способа наблюдений влияют:

- высокая точность определения смещений массива;
- высокая производительность полевых работ;
- количество информации с обеспечением полной объективности;
- современные маркшейдерско-геодезические приборы.

Основанием для организации и проведения инструментальных наблюдений на карьерах служит:

- наличие комплекса сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условий разработки месторождений;
- слабые участки месторождения, выявленные по минимальному значению коэффициента запаса устойчивости;
- появление обрушений откосов и оползней, которым предшествуют длительно развивающиеся микродеформации прибортовых массивов;

- постановка бортов карьера на проектный контур при консервации и на конец отработки.

Анализ горно-геологических условий разработки Тюльганского месторождения, современного состояния и перспективы развития горных работ показал наличие всех выше перечисленных пунктов основания.

*Во-первых*, следует отметить сложные инженерно-геологические условия месторождений, которые определяются наличием в геолого-литологическом разрезе толщ:

- четвертичных отложений, приуроченных к дневной поверхности и представленных бурыми глинами и суглинками;
- третичных отложений, основная часть которых залегает непосредственно над разрабатываемым угольным пластом - плиоценовые, средне- и верхнемиоценовые, и нижнемиоценовые глины;
- триассовых отложений, залегающие на восточном борту разреза, представленные песчаными глинами с включением песка, гальки и аргиллитоподобной глины.

*Во-вторых*, следует отметить фактическое проявление деформаций бортов разреза.

*В-третьих*, обоснованные прочностные характеристики горных пород из-за реологических процессов и процессов выветривания в настоящее время не соответствуют действительным.

Выбор и обоснование участков закладки наблюдательных станций за состоянием устойчивости бортов карьеров производится на основании анализа горно-геологических условий разработки месторождений, современного состояния и перспективы развития горных работ, а также состояния устойчивости карьерных откосов.

Для оценки устойчивости бортов разреза были выбраны геологические разрезы в пределах которых борт или его участок может находиться в неустойчивом состоянии. Наименее устойчивые участки бортов карьеров характеризуются следующими признаками: крутым углом заоткоски борта, большой глубиной карьера, подрезкой слоев в основании бортов, наличием тектонических нарушений, наличием слабых контактов и пластичных слоев в основании бортов и ослаблений, обусловленных спецификой древнего и современного рельефа на отдельных участках (балки, ложбины стока, карстовые проявления и так далее), обводненностью горных пород, наличием на бортах или отдельных уступах больших навалов породы, сейсмическим воздействием взрывов и вибрацией от работы горнотранспортного оборудования (влияющих на устойчивость отдельных уступов).

Согласно признакам неустойчивых участков бортов разреза для исследования использовались следующие геологические разрезы: 7,7а,8,8а. Оценка устойчивости была выполнена методом многоугольника сил по пространственной сферической поверхности скольжения. **Проведенные** расчеты показали, что коэффициент устойчивости, ниже нормативной величины - 1,3, был получен по разрезам 7 и 8, и составил соответственно 1,04 и 1,18.

Учитывая достаточно сложную ситуацию с состоянием устойчивости восточного борта разреза в предельных контурах, необходима организация и проведение систематических маркшейдерских наблюдений за состоянием и деформациями борта.



**Рис. 1. Схема наблюдательных станций**

Маркшейдерские наблюдения проводят путем закладки наблюдательной станции, состоящей из профильных линий, расположенных, как правило, перпендикулярно направлению простирания борта. Наблюдательные станции, заложенные по профильным линиям, представлены на рисунке 1 [1]. Длину профильных линий в прибортовой части карьера принимают не менее размера зоны деформирования прибортового массива, которая, в свою очередь, определяется геологи-

ческим строением борта и его высотой. Рабочие реперы закладывают в зоне возможных деформаций: на участке призмы возможного обрушения через 5–10 м; с удалением от верхней бровки – через 20 м; на рабочих площадках не менее двух реперов: один вблизи верхней бровки уступа, другой у подошвы вышележащего уступа.

На Тюльганском разрезе определение планового и высотного положения связующих реперов профильных линий (реперы, находящих у верхней бровки нижележащего уступа) предлагается производить способом линейно-угловой засечки с двух наблюдательных пунктов базиса, расположенного на северо-восточной части борта разреза. К преимуществам применения способа засечек следует отнести то, что измерения производятся через открытое выработанное пространство, в то время как при измерениях по профильным линиям на одном борту часто возникает проблемы с обеспечением прямой видимости между реперами.

Все измерения производятся высокоточным электронным тахеометром Topcon GPT 3105N. Базис размещен вне зоны влияния горных работ, состоит из двух пунктов I и II. Расстояние от базиса до профильных линий составляет около 750 м. Плановое и высотное положение рабочих реперов определяется с пунктов базиса.

Закладка пунктов базиса производилась с таким расчетом, чтобы была наилучшая видимость всех рабочих реперов, т.е. с расчетом отсутствия «мертвых» зон видимости, которые присутствуют, если бы линейно-угловые измерения производились непосредственно с базиса I-II. Конструкция опорных и рабочих реперов принята согласно изложенной в проекте. При создании опорной тахеометрической системы наблюдательной станции на разрезе линейно-угловые измерения (расстояния, горизонтальные углы и вертикальные углы) проводятся в прямом и обратном направлениях (при каждом измерении определяются высоты отражателя и тахеометра).

#### **Библиографический список**

1. Инструкция по наблюдению за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – Л.:ВНИМИ, 1971, 187 с.
2. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости. ВНИМИ. – М., 1998.



УДК 332.

## **ОСТАТОЧНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ РАДИОНУКЛИДАМИ КАК ФАКТОР ОЦЕНКИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Басова И.А., Иватанова Н.П.,**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

**Селиванкин Н.В.,**

*Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия*

*Рассматриваются вопросы совершенствования мониторинга сельскохозяйственных земель в условиях остаточного загрязнения почвенного покрова радионуклидами для реализации устойчивого социально-экономического развития России и повышения жизнеобеспеченности населения и территории.*

*Ключевые слова: сельскохозяйственные земли, загрязнение, рациональное использование, охрана земель, жизнеобеспеченность*

Рациональное и эффективное использование сельскохозяйственных земель является одним из важнейших аспектов устойчивого социально-экономического развития на основе роста жизнеобеспеченности территории России и ее населения.

Сельскохозяйственные земли являются основой продовольственной безопасности страны, существования и повышения уровня и качества жизни населения, обеспечивая их экологически безопасными и полноценными продуктами.

Деградация сельскохозяйственных земель вследствие загрязнения приводит к повышенным издержкам в экономике, и различного рода эколого-экономическим ущербам.

Основные направления государственного регулирования в сфере рационального использования сельскохозяйственных земель определяются Стратегией устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года, государственными программами по развитию сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, различными ведомственными проектами по развитию сельских территорий, мелиорационного комплекса России и др.[1]

Вместе с тем, действующее законодательство не обеспечивает достаточной защиты сельскохозяйственных угодий, используемых для сельскохозяйственного производства. В частности, допускается вклю-

чение таких земель, в том числе особо ценных, в границы населенных пунктов, размещение на них объектов транспорта, энергетики и связи.

Создание условий для увеличения производства высококачественной сельскохозяйственной продукции возможно при условии сохранения и повышения плодородия почв и соблюдения требований в области охраны окружающей среды.

Оценка индикаторов качественных характеристик состояния земель и их плодородия выполняется по данным Государственного мониторинга земель.

Учитывая жизнеобеспечивающую функцию земель сельскохозяйственного назначения, осуществление мероприятий государственного мониторинга возложено на Министерство сельского хозяйства Российской Федерации.

В настоящее время все положения о ведении мониторинга земель, в том числе его цели и задачи отражены в ст.67 ФЗ-136 ЗК РФ (ред. от 15.10.2020) и ФЗ №101 от 16.07.1998 (с изм. от 31.07.2020) [2]. Государственный мониторинг земель условно разделяют на два направления: мониторинг использования земель согласно их целевому назначению и категории и мониторинг состояния земель.

Для земель сельскохозяйственного назначения важнейшим критерием оценки при осуществлении мониторинга состояния земель является показатель плодородия почв. Он определяется согласно «Порядку государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения». [3]

В последние годы все отчетливее проявляется необходимость в полной мере принимать во внимание негативные изменения почв в результате техно-антропогенного загрязнения. «Вклад» такого загрязнения в общую деградацию окружающей среды и земель значительно возрос. Деградация почв происходит в результате опосредованного действия (через воздушную среду) газопылевого промышленного загрязнения, выпадения кислотных дождей и др.

Наиболее существенен «вклад» в загрязнение вносят источники антропогенного характера, которые по своей природе подразделяются на источники естественного и искусственного происхождения.

Повышенные концентрации в почвах элементов техногенного происхождения обусловлены выбросами промышленных предприятий, бытовыми отходами, переносом сточными водами, влиянием железнодорожного и автотранспорта, поступлением загрязнений с различными видами органических, минеральных удобрений и пестицидов, с кислотными дождями, тепловыми и атомными станциями.

Почва является первым звеном в накоплении радионуклидов, из которой они выносятся в атмосферный воздух, включаются в биологическую цепочку и пространственно-временное перераспределение.

В настоящее время в России действуют восемь атомных электростанций, введенных в эксплуатацию в разное время. В 50-километровой зоне ряда атомных электростанций, расположенных в европейской части России, помимо локального загрязнения от этих станций, в результате аварии на Чернобыльской АЭС произошло загрязнение почвы долгоживущими радионуклидами.

Радиоактивная авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году привела к серьезным ущербам в сельском хозяйстве. Пострадали более чем 2,7 миллиона гектаров земель в России. Один из наиболее загрязненных участков пахотных черноземов образовался в Тульской области и получил название «Плавский радиоактивный очаг» [4,5].

В результате аварии на Чернобыльской АЭС произошло радиоактивное загрязнение на 11,8 тыс. кв. км, что составило 46,8% территории области.

Одной из основных сельскохозяйственных культур на пахотных землях Тульской области является картофель. Как показали исследования, накопление радионуклидов в соке клубней картофеля и крахмальных зернах может быть индикатором остаточной загрязненности пахотных черноземов спустя 30 лет.

Установлено, что поглощение цезия-137 картофелем корнями не является интенсивным, однако текущие уровни накопления радионуклидов в клубнях полностью соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям человека. Следовательно, доза облучения, получаемая людьми при употреблении картофеля, достаточно мала.

Естественная радиоактивность может присутствовать в удобрениях выше обычных уровней. Категория, которая больше всего влияет на величину дозы, - это сложные удобрения и радон.

Радиоактивные материалы естественного происхождения (НОРМ) состоят из материалов, которые обычно не считаются радиоактивными, но содержат естественные радионуклиды с концентрацией активности выше, чем в среднем в земной коре. НОРМ могут представлять собой сырье, продукты или отходы от нескольких видов деятельности, где радиологический риск является случайным и в любом случае ниже, чем химический.

Использование сельскохозяйственных угодий в районе г. Плавска определило проблему радиоэкологической безопасности получаемых растительных продуктов питания.

Мониторинг активности и запасов Cs в компонентах систем «почва-растение» территории в 2017–2019 гг. в 10 агросистемах и 2-х полунатуральных лугах, показал, что плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  пахотных черноземов и аллювиальных карбонатных почв в настоящее время не превышает норму радиационной безопасности в ~ 3,5–6 раз и имеет долгосрочный характер.

Несмотря на сохраняющееся сильное радиоактивное загрязнение посевных и пастбищных угодий Плавского радиоактивного очага, сильная необратимая фиксация  $^{137}\text{Cs}$  глинистыми минералами черноземов вместе с дискриминацией процесса поглощения  $^{137}\text{Cs}$  корнями растений определяют относительно низкую биодоступность радионуклида в системе.

Пространственное распределение Cs на загрязненных землях сильно варьируется из-за первичной неоднородности выпадений в результате аварии и вторичного перераспределения радионуклида через эрозию возделываемых земель, что приводит к увеличению запасов  $^{137}\text{Cs}$  на лугах, почвах нижних частей склона по сравнению с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в пахотных черноземах повышенного рельефа, примерно на 40%.

По результатам радиологического обследования Плавскагрохимрадиологического района Тульской области выявлено 68,1 тыс. га земель (78,6%) площадей с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  более 37 кБк/м<sup>2</sup>. По сравнению с 1986 годом площадь загрязнения в этом районе сократилась на 21,4%.

В четырех наиболее загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  регионах Российской Федерации сельскохозяйственные площади загрязнения, сократились до 32-47%. В то же время основная часть земель имеет плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  ниже 185 кБк/м<sup>2</sup> — 62,2% в Брянской области, 94,6% в Калужской области, 99% в Орловской области и 95,1% в Тульской области.

Для определения стратегий использования загрязненных территорий важно понимать, как долго необходимо учитывать радиационный фактор, и когда загрязнение сельскохозяйственных угодий  $^{137}\text{Cs}$  составит менее 37 кБк/м<sup>2</sup> (1 км<sup>2</sup>). В настоящее время насчитывается более 200 коллективных хозяйств (КСП) в 11 наиболее загрязненных районах Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей.

Данные радиационно-гигиенического мониторинга ФГБУ НПО "Тайфун" по 1261 пункту наблюдения, показывают за время, прошедшее после аварии на Чернобыльской АЭС, радиационная обстановка на территории России заметно улучшилась [6].



Однако, несмотря на сложившуюся благоприятную ситуацию, в условиях возрастающих техногенных нагрузок, очевидна необходимость постоянного радиационного и гигиенического контроля.

По статистическим данным Единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации, в Тульской области за 2017-2020 годы отмечается увеличение суммарной бета-активности атмосферных осадков в среднем по территории примерно в 4 раза [7]. Вклад ветрового подъема пропорционален содержанию радионуклидов в почвах, в строительных материалах для строительства сооружений и коммуникаций.

Радиоактивная пыль, поднимаемая ветром, проникает в организм человека, вызывает хронические заболевания, а также загрязняет водоемы и растительность, в том числе сельскохозяйственные культуры.

Происходит вторичное загрязнение почвы за счет сильной ветровой эрозии и метельном переносе радиоактивного снега, которые приводят к смещению границ зоны радиоактивного загрязнения.

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий периодически утверждает порядок организации работ по подготовке предложений по пересмотру границ зон радиоактивного загрязнения вследствие Чернобыльской катастрофы и пересматривает перечень расположенных в них объектов.

В настоящее время большая часть сельскохозяйственных угодий распределяется и используется фермерами, при этом практически нигде не документировано в каком состоянии была приобретена земля. И фермеры привлекаются к административной ответственности за невыполнение обязанностей по рекультивации земель, обязательных мероприятий по улучшению земель и охране почв [8].

Радиационно-гигиенический контроль остается необходимым методом решения проблемы изучения остаточного накопления и распределения радионуклидов во временном отрезке.

В связи с этим, необходим комплексный и систематический подход к разработке правовых механизмов включения неиспользуемых земельных участков, в том числе сельскохозяйственных, в производство, и не может быть сведен только к упрощению изъятия загрязненных земельных участков.

Полная инвентаризации земель сельскохозяйственного назначения, включающая оценку качества земель, актуализацию природно-сельскохозяйственного районирования по степени пригодности земель

для вовлечения в оборот, проведение мероприятий, обеспечивающих увеличение доли отвоеванных земель в сельском хозяйстве – важный этап реализации правового управления.

Необходимо отметить, что неиспользование сельскохозяйственных земель во многих случаях является следствием отсутствия региональных сбалансированных экономических условий для развития сельского хозяйства и эффективной работы фермеров.

Повышение жизнеобеспеченности населения и территории в районах сельскохозяйственного производства должно стимулироваться и экономически. В рамках ведомственной программы «Развитие мелиоративного комплекса России» предусмотрена государственная поддержка сельхозпроизводителей, осуществляющих мероприятия по привлечению к реализации сельскохозяйственных земель: возмещение затрат на проведение агропромышленных, фитомелиоративных и культурно-технических мероприятий [9]. Однако ее реализация происходит медленно или не осуществляется, вследствие неопределенности практических мер, к которым можно отнести выбор устойчивых сельскохозяйственных культур к загрязнению до исключения земель из оборота. К стимулирующим экономическим мерам можно было бы отнести налоговые льготы, снижение или освобождение от арендных платежей, предоставление кредитных каникул фермерам, которые осуществляют оздоровление загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель.

Таким образом, осуществление мониторинговых мер по оценке качества и продуктивности сельскохозяйственных земель должно служить сбережению и воспроизводству почв, росту продовольственной безопасности, расширению бизнес-возможностей сельхозпроизводителей, что, в конечном итоге, позволит повысить показатели жизнеобеспеченности населения и территории в районах сельскохозяйственного производства.

#### **Библиографический список.**

1. *Распоряжение Правительство Российской Федерации от 2 февраля 2015 г. № 151-р МОСКВА «Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года».*
2. *Земельный кодекс Российской Федерации* от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. От 14.07.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 13.10.2022)
3. *Приказ Минсельхоза России от 04.05.2010 N 150 (ред. от 24.05.2022) "Об утверждении Порядка государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения"* (Зарегистрировано в Минюсте России 15.07.2010 N 17846)
4. *Щукин М. В. Распределение и миграция радионуклидов в почвах Тульской области // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2017. -№ 8. -С. 75–80.*

5. Гордиенко С.Г. Радионуклиды в почвах Тульской области / С. Г. Гордиенко // Экологические науки, 2017. – 23 с.

6. «Доклад о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды на территории Калужской области в 2018 году». Данные по радиационному фону аккредитованной лаборатории ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун».

7. Единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации, <http://egasmro.ru>

8. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 N 195-ФЗ (ред. от 20.10.2022)

9. Ведомственная программа «Развитие мелиоративного комплекса России», <http://mcx.gov.ru>



УДК

## **К ВОПРОСУ О МОБИЛИЗАЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ И В ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ**

**Басова И.А., Иватанова Н.П., Копылов А.Б.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассматриваются вопросы реализации некоторых элементов мобилизационной экономики в отношении природного капитала РФ. В новых политико-экономических условиях государство в лице правительства обязано ставить перед бизнесом четкие задачи, решение которых обеспечивает не личное обогащение, а прирост производственного, трудового и природного капитала страны.*

*Ключевые слова: мобилизационная экономика, монетизация природного капитала, рентное регулирование.*

Изменения в международной политико-экономической ситуации требуют разработки и внедрения новых подходов к экономическому содержанию многих рычагов управления на национальных уровнях. В связи с «насильственным» внедрением в практику глобального транснационального управления отнюдь не рыночных методов конкуренции и экономического поведения в целом, включающих санкции, прямую конфискацию собственности, террористические акты (взрыв трубопровода) и т.д., многие ученые указывают на необходи-

мость усиления государственных рычагов влияния на развитие современного народного хозяйства России.

Долгое время внешняя экономическая политика нашей страны опиралась на стратегию «даешь мировой рынок». А поскольку конкурентные позиции ее реализации обеспечивались исключительно экспортом природного капитала (газ, нефть, минеральные удобрения, лес, черные и цветные металлы, уголь и т.д., и т.п.), оказалось, что в современных условиях следует изменить экономические отношения именно в этой сфере.

Вопреки экономической логике, эти отношения начали менять не страны-производители и экспортеры, которые снабжали «теплом, светом и хлебом» новых колонистов в лице либерального Запада, а они сами, через бесконечное установление «новых правил игры», цвета и содержания экономики - зеленая, голубая, водородная, низкоуглеродная. На практике это свелось к совсем уже примитивной неколониальной формуле торговли - мы у вас «купим», но вы нам за это заплатите.

Следует отметить, что многие новые правила международной торговли наша страна была вынуждена признать и приступить к их адаптации на национальном уровне. Это касается постулатов «устойчивого развития», ESG – стратегий, производства водородного топлива и некоторых других установок. Однако, во-первых – эти правила не исключали национальных вариаций, во-вторых – многие из них действительно могут стать стимулом роста энергоэффективности, снижения экологической емкости производства и, в-третьих – природное богатство нашей страны и его разнообразие позволяют нам устойчиво развиваться при соблюдении множества ограничений.

Устойчивое развитие или движение по-возрастающей в новом технико-технологическом и социально-экологическом существе – не до конца решенная проблема в виду провозглашенных условно противоречивыми целей -

в экономике и экологии: прибыльность и растущие затраты на сохранение окружающей среды;

в экономике и национальной безопасности: прибыльность производства и необходимость ускоренного развития ВПК страны;

в экономике и социальной сфере: прибыльность и необходимость решения вопросов демографии, расселения и т.д.

То есть ключевое противоречие всегда возникает на границе распределения и перераспределения прибыли, на границе частного индивидуального присвоения прибавочного продукта (труда) и той

его части, которая необходима для безопасного развития обществу и государству.

Эти противоречия неизбежно приводят к необходимости смены общей парадигмы развития России, в том числе за счет монетизации природного капитала с «максимальной пользой для граждан России»<sup>1</sup>, то есть к реализации полной стоимости природного капитала, включая его расширенное воспроизводство, которое не обеспечили новые собственники, пренебрегая необходимостью безопасного и независимого развития страны. Небезызвестно высказывание профессора Дж. Сакса по этому поводу, который отмечал, что в процессе реформ представители крупного бизнеса России присвоили себе природные ресурсы на сотни миллиардов долларов. Это – не шоковая терапия. Это – злостная продуманная акция, имеющая своей целью перераспределение богатств в интересах узкого круга людей.

Историческая ретроспектива свидетельствует, что задачи подобного рода достаточно рационально решались во многих странах путем усиления государственного регулирования, что на доступном экономическом языке называется мобилизационной стратегией. Эта стратегия – стратегия движения по смысловому содержанию – от корня «mobil», что и означает «движение». Однако это – не разнонаправленное движение, а упорядоченное, способствующее и стимулирующее формирование обновленного потенциала.

К основным элементам и принципам мобилизационной стратегии в экономике традиционно относят:

постановку цели (или целей) на уровне лидера (лидеров) страны;

разработку плана (задач и программы достижения цели);

концентрацию и мобилизацию всех имеющихся ресурсов, (включая их изъятие из менее важных отраслей и производств) для достижения целей;

разработку и применение экономических и неэкономических (рыночных и нерыночных) методов воздействия на всех стратегических и тактических участников – партнеров по достижению основной цели.

На II Всероссийской научной конференции «Мобилизационная модель экономики: исторический опыт России XX века», организованной в 2012 году Центром экономической истории Челябинского государственного университета и Научным советом РАН по проблемам российской и мировой экономической истории доктор экономических наук, профессор Челябинского государственного университета В.В. Седов выделил восемь принципов мобилизационной модели развития

и охарактеризовал плюсы и минусы такой модели. Основными из сформулированных принципов, на наш взгляд, являются:

« ... Принцип целевой направленности политики. Его плюсы: любая политика предполагает достижение заранее поставленной цели. В данном случае речь идет о масштабной цели, связанной с противодействием угрозам существованию общественной системы. Без такой политики система обречена на деградацию и гибель....

Принцип главного звена. Плюсы: постановка цели мобилизационной политики не означает отказа от достижения других целей. В цепи целей данная цель предстает как главное звено, «ухватившись за которое, можно вытянуть всю цепь». Например, модернизация экономики требует повышенного внимания к вопросам развития образования, науки, подготовки необходимых кадров, что положительно сказывается на всей экономике. ....

Принцип командности («монолитного единства»). Плюсы: требует единства общества - все его члены должны быть единой командой. Предполагаются команды сверху, но эти команды не исключают местной инициативы и самостоятельности, если они направлены на достижение главной цели. Тем самым данный принцип требует подчинения личных интересов общественным. Такое подчинение — основа устойчивости любой общественной системы.

Принцип сознательности и личной ответственности. Плюсы: мобилизационность предполагает принуждение, но главный рычаг воздействия на людей - обращение к их сознанию. Все должны понимать необходимость мобилизационной политики и все свои усилия прилагать к достижению поставленной цели.. ...»2.

В современных условиях мобилизационная стратегия осложняется поиском баланса между рыночными и нерыночными механизмами управления, которые должны служить целям расширенного воспроизводства и социально-эколого-экономического развития. Этот баланс призвано обеспечить государственное регулирование цен, налогов, кредитных ставок и т.п. с целью изъятия незаработанных доходов. Особенно это касается рентных составляющих цен на ресурсы, составляющих природный капитал страны, который включает землю, ископаемые ресурсы, ресурсы окружающей среды и т.п.

В новых политико-экономических условиях экономическая прибыль перестает быть единственным критерием оценки эффективности бизнеса, если не служит новым инвестиционным ресурсом развития, национальной экономике и ее гражданам.

“Выгодное” забвение экономических законов товарного обмена с учетом рентных платежей, позволило в период становления рыноч-

ных отношений в России ведомствам и частным собственникам, эксплуатирующим и экспортирующим природные ресурсы, присваивать и использовать рентный дяоход в собственных интересах. В результате мы имеем: постоянную нехватку средств на покрытие издержек предприятий, осуществляющих добычу в сложных горно-геологических условиях и закрываем их, объявляя нерентабельными; недостаток средств на проведение природоохранных и природовосстановительных мер. Богатая страна и бедное население – результат присвоения природной ренты новыми владельцами природных ресурсов, хотя по Конституции природные ресурсы – собственность государства и его населения.

Рентная концепция ценообразования и налоговой системы противостоит ныне действующей в России, при которой основные налоги взимаются с доходов и добавленной стоимости. Основными политическими оппонентами рентной системы налогов сегодня являются так называемые «ресурсники» или новые «владельцы» природного капитала, которые реально присваивают значительную часть природной ренты, особенно на энергоресурсы. Таким образом, рента становится необходимым мобилизационным элементом управления природным капиталом страны.

Абсолютная рента, являясь добавочной прибылью в цене, выполняет функцию перераспределения дохода в интересах воспроизводства редких, невозполнимых ресурсов. Именно редкость и низкая степень естественного воспроизводства природных ресурсов являются причиной возникновения этого вида ренты. Абсолютная рента должна изыматься в доход собственника природных ресурсов, как правило, в доход государства, потому что именно оно осуществляет стратегическую мобилизационную функцию пополнения природных ресурсов, выделяя средства на их поиски и освоение.

Дифференциальная рента I возникает в результате различного естественного качества природных ресурсов или естественных благоприятных условий их расположения, что обеспечивает природопользователю получение дополнительного дохода за счет лучших естественных условий производства. Эта рента также подлежит изъятию в доход государства или местных бюджетов, поскольку как доход она не является результатом трудового вклада персонала предприятия или фирмы. Как правило, дифференциальная рента идет на покрытие издержек производителей, находящихся в худших естественных или географических условиях или эксплуатирующих худшие по естественному качеству природные ресурсы.

Дифференциальная рента II – это единственно возможный заработанный доход природопользователя, обеспеченный дополнительными затратами труда или дополнительным вложением капитала (переработка первичного сырья, рекультивация земель, очистка воды и воздуха от вредных выбросов и сбросов, повторное использование отходов). Этот и только этот доход, согласно объективным экономическим законам развития, может принадлежать пользователю природным капиталом (арендатору).

Мировой опыт применения рентных схем налогообложения свидетельствует, что мощнейшее политическое противодействие применению ренты для формирования государственных финансов оказывают в первую очередь частные собственники природных ресурсов и те банковские круги, которые практикуют спекуляции природными ресурсами. При этом, чем богаче и влиятельнее эти круги, тем решительнее они блокируют огосударствление природно-ресурсной ренты и направляют ее в частную собственность. Владельцы полезных ископаемых, землевладельцы и их кредиторы легко превращают рентные доходы в политическую и законодательную власть, которая используется для устранения любых элементов обобществления ренты и ее замены в доходах государства прямыми налогами на труд и капитал.

В том случае, если рентные налоги будут заменять собой налоги на прибыль и добавленную стоимость, в числе союзников мобилизационной стратегии развития окажутся высокотехнологичные предприятия, имеющие возможность сократить занимаемые земельные участки, негативное воздействие на окружающую природную среду и ресурсопотребление - в целом.

Следовательно, «устойчивый» по сути выход из создавшегося положения – мобилизационная социализация и экологизация микро- и макроэкономических показателей, способная при условии объективного отражения природной ренты и природоохранных затрат в ценах на товары и услуги обеспечить максимальное сближение экономической, бюджетной, коммерческой эффективности и прибыльности с эффективностью мобилизационного развития, то есть ускоренное создание хозяйственного механизма воспроизводства в новой сущности, стимулирующего устойчивый тип развития экономической системы.

«Именно переход экономики на мобилизационные рельсы с использованием нашего уникального сырьевого потенциала в производстве товаров, предлагаемых потребителям, позволит нам наконец-то профессионально заняться воспроизводством минерально-сырьевой базы, справиться со всеми вызовами современности, сохранить свою государственность и цивилизационную идентичность, заложить фун-



дамент для устойчивого развития на горизонте нескольких последующих поколений»<sup>1</sup> - отметил ректор ЛГГУ Литвиненко В.С. в Российской газете.

Использование рентного ценообразования и налогообложения в современных условиях становятся важными элементами мобилизационного экономического механизма, обеспечивающего достижение триединой цели – экономически независимого, экологически безопасного, социально справедливого развития нашей страны и ее населения.

***Библиографический список.***

1. Литвиненко В.С. *Что значит для России переход на мобилизационную модель экономики. Российская газета от 2.06. 22г.*
2. *Материалы II-ой Всероссийской научной конференции «Мобилизационная модель экономики: исторический опыт России XX века», Челябинск, ЧГУ, 2012*



## **ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 622.331(09)

### **ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ И НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТОРФЯНОГО МУЗЕЯ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ**

**Копенкина Л.В.**

*Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия*

*В статье представлена история создания торфяных музеев в России, способствующих распространению знаний о торфе и способах его добычи и переработки, используемых также для подготовки специалистов в области торфяного дела. Рассмотрены отделы и экспонаты торфяных музеев, представляющих образовательный и научный потенциал торфяного дела.*

*Ключевые слова: торфяное дело, музей торфа, добыча торфа, торфяное образование.*

В настоящее время весьма актуальны проблемы подготовки квалифицированных специалистов и развитие научных исследований в области торфяного дела. Одним из факторов, способствующих этому, является репрезентация научных исследований в музейном пространстве.

Для развития торфяного дела в России важным фактором было изучение природы торфа, поиска и разведки торфяных месторождений, разработка технологий его добычи и переработки в конце XIX – начале XX вв., а затем распространение знаний о применении торфа в сельском хозяйстве и как топлива, создание первого торфяного музея.

21 декабря 1882 г. при Департаменте земледелия и сельской промышленности Министерства государственных имуществ была образована должность заведующего разработкой казенных торфяных болот с целью их повсеместного исследования и оказания помощи местным жителям в разработке (РГИА. Торфмейстерская часть Отдела земельных улучшений (ОЗУ) Министерства земледелия. Фонд №425).

Заведующим стал Л.А. Сытин (1832-1913), работавший торфмейстером с 1859 г., изучавший добычу и переработку торфа за рубежом.

21 марта 1894 г. была создана торфмейстерская часть ОЗУ. Одной из задач, стоящих перед нею, было распространение сведений о торфе и торфодобычании среди населения путем выставок, лекций, специальных изданий (Ежегодник ОЗУ, 1912 г., С. 715).

С 1909 г. торфмейстерская часть стала лучше финансироваться, возникли показательные разработки торфа для ознакомления населения с использованием торфа как топлива и подстилки и курсы для подготовки специалистов по торфу. В 1909-1913 гг. были созданы торфяные отделы на сельскохозяйственных выставках в Омске, Царском селе, Костроме, Пензе, Симбирске, Москве (на Северном мелиоративном съезде) и др.

Поскольку подготовка к выставкам занимала много труда и времени, в 1912 г. Л.А. Сытин и его помощник Е.С. Меншиков (1883-1926) в Петербурге начали организовывать передвижной торфяной музей для поездок на выставки для ознакомления населения с различными способами улучшения сельского хозяйства (Ежегодник ОЗУ, 1913. С. 227-231). Затем был создан постоянный музей из собранных коллекций зарубежных и отечественных приборов, инструментов для добычи и переработки торфа, образцов торфа [1].

Постепенно были организованы отделы:

1. Естественно-исторический. (Альбомы флоры болота, коллекция торфообразующих растений, фото, классификация мхов, различных видов торфа. Планы, разрезы болот, зонды, буры, экскаваторы. Устройства и таблицы для определения водопоглощительной способности и удельного веса торфа, химический состав торфа, свойства торфа как топлива).

2. Добывание торфа. (Модели дренажей для осушения торфяных болот. Орудия для культуры болот. План осушения болота. Орудия для резки торфа. Оборудование для формования торфа. Модели, фото и оборудование разных способов укладки торфа для сушки).

3. Подстилка и порошок, их производство и употребление. (Образцы зарубежной торфяной подстилки, порошка из Голландии, Англии, Швеции, Баварии. Изделия из торфа – бумага, картон, изоляционные кирпичи и др. Модели оборудования).

4. Переработка торфа (Образцы брикетов. Продукты сухой перегонки, образцы торфяного угля и кокса. Печи, топки, газогенераторы).

5. Машины (модели ручных, конно-приводных, паровых машин).

6. Образцы торфа (торф, выработанный ручным и машинным способом).

Полный каталог экспонатов первого торфяного музея в России был опубликован И.И. Вихляевым (1879-1965), заведующим разработкой казенных болот и торфмейстерской частью ОЗУ с 1914 г., в журнале «Вестник торфяного дела» (№3, 1914 г., С. 312).

Создание первого торфяного музея в России способствовало развитию торфяного дела в стране, подготовке квалифицированных специалистов торфяного профиля, решению топливных проблем в моменты энергетических кризисов.

Торфяной музей в дальнейшем входил в состав Центральной торфяной станции (ЦТС) Наркомзема, основанной 1 января 1923 года. В Положении о Центральной торфяной станции было отмечено, что «Торфяной музей, помимо демонстрации моделей предметов оборудования торфоразработок, плакатов и рисунков, характеризующих отдельные типы торфяников, экспонатов всестороннего применения торфа в технике и сельском хозяйстве, ведает снабжением местных Губземуправлений диапозитивами и волшебными фонарями, имеющими значение при устройстве чтений; ведает делом изготовления новых моделей, плакатов, диаграмм и др. наглядных пособий, характеризующих новейшие достижения в области торфяного дела; принимает участие в устройстве специальных отделов на выставках, съездах, докладах и в устройстве популярных бесед и чтений, снабжая их соответствующим материалом для демонстрирования и наглядно освещает вопросы, касающиеся торфоведения и торфодобыwania» [2].

В 1924 году ввиду недостатка помещения в здании Станции часть экспонатов Торфяного музея была передана в Политехнический музей, где был организован постоянный отдел по торфяному делу.

В 1924 году ЦТС был организован передвижной Торфяной музей, который участвовал в организации сельскохозяйственных выставок. Для участия специалистов по торфу в энергетическом съезде в Лондоне работниками Торфяного музея был изготовлен графический материал, характеризующий торфяной фонд СССР.

В 1928 году на Торфяной опытной станции был создан единственный в стране и крупнейший в мире Музей торфяной промышленности, который стал центром научно-технической пропаганды науки, техники, технологии в области торфяного дела. Ежегодно музей посещали школьники, студенты, преподаватели, специалисты торфяной и других отраслей промышленности, туристы. Здесь проводились семинары, курсы для работников торфопредприятий. С экспозицией Музея знакомились иностранные делегации, специалисты в области торфяно-

го производства, в период проведения международных конференций, симпозиумов.

Фонды музея были уникальны. Они включали фотографии, документы, картины, плакаты, макеты, модели, натуральные образцы торфа и продукцию из него, патентный фонд, литературу по торфу, фильмотеку [3].

Музей торфяной промышленности занимал более 400 кв. м площади, имел 10 отделов: Вводный; В.И. Ленин и торфяная промышленность; Подготовка торфяных месторождений к эксплуатации; Фрезерный торф; Гидроторф; Экскаваторный торф; Транспорт торфа; Торф в сельском хозяйстве; Механическая переработка торфа; Химическая переработка торфа.

В Вводном отделе размещались стенды с натурными образцами торфов, классификацией торфа; картины болот; стратиграфические разрезы торфяных залежей; инкрустированная ценными породами дерева карта, на которой показаны основные торфяные месторождения и запасы торфа в стране, электростанции на торфяном топливе; портреты великих русских ученых М.В. Ломоносова, Д.И. Менделеева, их высказывания о торфе; фотопортреты деятелей торфяной отрасли, лауреатов Государственных премий за создание новых машин и методов осушения, разработку конструкций машин для добычи кускового и фрезерного торфа, героев Социалистического Труда; патентные грамоты и авторские свидетельства на важнейшие изобретения в области торфодобычания; приборы, разработанные и применяемые в торфяном производстве (влагомеры, пробоотборники, почвенный испаритель, влагопотенциометры и другие); историческая литература по торфу; альбомы по развитию торфяной промышленности; брошюры; проспекты; плакаты.

В отделе «В.И. Ленин и торфяная промышленность» находились фотокопии писем, декретов, документов, подшивки газет 1920-1940-х годов. Экспонировались также карта электрификации России с отмеченными на ней электростанциями на торфяном топливе, построенными по плану ГОЭЛРО, панно Шатурской ГРЭС, первой электростанции на торфяном топливе в Советской стране. В этом же отделе находилась мемориальная выставка «И.И. Радченко, основатель торфяной промышленности» с фотографиями, документами, личными и служебными письмами И.И. Радченко.

В разделе «Подготовка торфяных месторождений к эксплуатации» были представлены плакаты, макеты технологического процесса подготовки полей, применяемых машин и механизмов – экскаваторов, машин для сводки леса, корчевки пней, профилирования поверхности,

сбора пней, машин для прочистки каналов, дренажных машин и других, коллекции дренажных трубок. В разделе «Фрезерный торф» имелись большие панно фрезерного способа добычи торфа, витражи на стекле, технические плакаты, крупноразмерные диапозитивы, многочисленные модели, макеты машин и оборудования для добычи и уборки фрезерного и гранулированного торфа.

В отделе «Гидроторф» центральное место занимала диорама технологической схемы добычи торфа гидравлическим способом. В отделе «Экскаваторный способ добычи торфа» были представлены панно, плакаты, модели багеров, багерно-элеваторных машин, экскаваторов, стилочных, фрезерно-формовочных машин для добычи кускового торфа. В отделе «Транспорт торфа» были модели и плакаты, на которых представлены торфоперегрузатели, погрузочные машины, машины и механизмы по ремонту железнодорожных путей узкой колеи, локомотивы, тепловозы, вагоны, саморазгружающиеся вагоны, локомотивно-вагонное депо.

В отделе «Торф в сельском хозяйстве» экспонировались работы по изучению применения торфа в сельском хозяйстве, начиная с 18 века; макеты разбрасывателей удобрений, скрепера-бульдозера, контейнеров, цистерн; натурные образцы продукции из торфа для использования в сельском хозяйстве – подстилка, питательные брикеты, горшочки, ростовые вещества и другие; макет первого завода по производству торфяных удобрений. В отделе «Механическая переработка торфа» были представлены уникальные макеты торфобрикетного завода, пресса, факельно-слоевой топки, сушилки, установки для производства изоляционных плит из торфа; натурные образцы торфяных брикетов, продукции завода по изготовлению теплоизоляционных плит. В отделе «Химическая переработка торфа» находились данные о заводе торфяного воска; натурные образцы продукции химической переработки торфа – спирт, фенолы, воск, целлюлоза, дрожжи, кислоты, парафин и другие [4].

После закрытия музея больше 20 лет назад часть экспонатов была передана в школьный музей пос. Радченко.

В 2016 году на основе части экспозиции музея геологии и природных ресурсов Тверской области Тверского государственного технического университета открыт новый музей торфяного дела. Экспонаты и материалы музея по различным направлениям торфяного дела служат образовательным и научным потенциалом специалистов по торфу.

***Библиографический список:***

- 1. Музей по торфодобычианию при Торфмейстерской части Отдела земельных улучшений / Вестник торфяного дела, 1914. №3. С.312-333.*

2. Бахтеев Ф.Я. Центральная торфяная станция. М., 1925. 96 с.
3. Руфин И.И. Музей Инсторфа (заметки для посетителей). Калинин, 1935. 26 с.
4. Музей торфяной промышленности (проспект). М.: ЦБНТИ, 1975.



УДК 378.147.88:622

## ЛЕТНЯЯ УЧЕБНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА СО СТУДЕНТАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ГОРНОЕ ДЕЛО»

**Мокроусова И.В., Лаптева С.Б., Алексеева С.Ю.**

*Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия*

*В статье изложены результаты летней учебной геологической практики со студентами специальности «Горное дело» на объектах Тверской области*

*Ключевые слова: торфяное месторождение, стратиграфическая колонка, мощность залежи, степень разложения, пнистость*

Учебным планом студентов специальности «Горное дело» предусмотрена летняя учебная геологическая практика, которая включает проведение ряда исследований в полевых условиях на выбранных объектах. В качестве одного из них с учетом будущей специальности студентов выбрано неосушенное торфяное месторождение «Локотенское» Лихославльского района Тверской области.

Локотенское торфяное месторождение расположено в 6 км от г. Лихославль, в 1 км - д. Чашково и 0,5 км - д. Локотцы. Общая площадь месторождения – 134 га, мощность торфяного пласта: максимальная – 5 м, средняя – 2,4 м. Запас торфа – 2795 тыс. м<sup>3</sup>. Тип залежи – верховая, вид залежи – магелланикум, сосново-пушицевый, степень разложения 20-55% (ср. 39%).

В ходе практики студентами были проведены следующие исследования: геоботаническое описание, стратиграфическое бурение, определение пнистости методом Московского Торфяного Института (МТИ).

Пнистость является одним из важнейших свойств торфяной залежи и имеет большое практическое значение. Под пнистостью понимают наличие в торфяной залежи погребенных крупных древесных остатков, в число которых кроме собственно пней относят и погребенные в залежи стволы деревьев (рис. 1 и 2).

Пнистость торфяной залежи характеризует отношение объемов пней, содержащихся в залежи, к объему залежи торфа, выраженное в процентах [1].

Определение пнистости на неразрабатываемых торфяных месторождениях осуществляется в процессе разведки методом зондирования залежи.



**Рис. 1.** На исследовании болот Западной Сибири



**Рис. 2.** Пнистость! Ларгин И.Ф. (Тверская область)

Для исследования пнистости закладывают пробные площадки на пунктах отбора проб торфа для общетехнических анализов. Количество площадок на пнистость назначается согласно техническим условиям на разведку торфяных месторождений в зависимости от площади торфяного месторождения, типа и вида залежей. При исследовании пнистости на выбранных площадях производится зондирование залежи посредством бура по точкам, расположенным в один или два ряда, с расстоянием между рядами и точками в 1 метр.

На сильно облесенных участках разбивается один ряд точек, на открытых или слабо облесенных участках – два ряда точек. Количество зондировочных точек на каждой площадке должно быть не менее 100.

Предварительно проводится стратиграфическое бурение с отбором проб торфа через 0,25 м, с определением вида торфа и степени разложения послойно (табл.1).



Таблица 1

Виды торфа на пункте бурения, вблизи которого заложена площадка на пни-стость

Глубина отбора проб, м	Виды торфа, слагающие залежь	Степень разложения
0,25	Магелланикум торф	15
0,50	Магелланикум торф	15
0,75	Магелланикум торф	15
1,00	Магелланикум торф	15
1,25	Сосново-пушицевый	40
1,50	Сосново-пушицевый	45
1,75	Сосново-пушицевый	50
2,00	Сосново-пушицевый	55
2,25	Магелланикум торф	45
2,50	Пушицево-сфагновый торф	40
2,75	Осоково-сфагновый переходный	40
3,00	Гипновый низинный	15

По полученным результатам строится стратиграфическая колонка, с использованием данных определения видов торфа по ископаемым остаткам растений–торфообразователей [2].

Стратиграфическая колонка представляет собой изображение вертикального сечения торфяной залежи от поверхности до минерального дна в конкретном пункте бурения. Обычно применяется вертикальный масштаб 1:50. На графике колонки слева указывается глубина, справа - послонная степень разложения торфа.

Виды торфа наносятся условными обозначениями (рис.3).

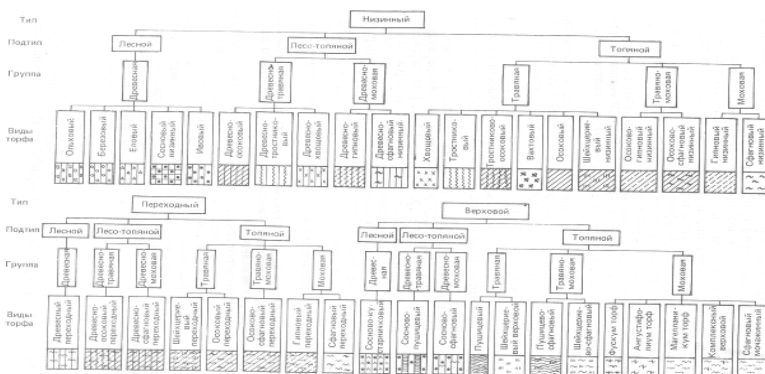


Рис. 3. Классификация видов торфа

Построив колонку, устанавливают тип и вид строения торфяной залежи по характерным признакам, используя стратиграфическую классификацию торфяных залежей (рис.4).

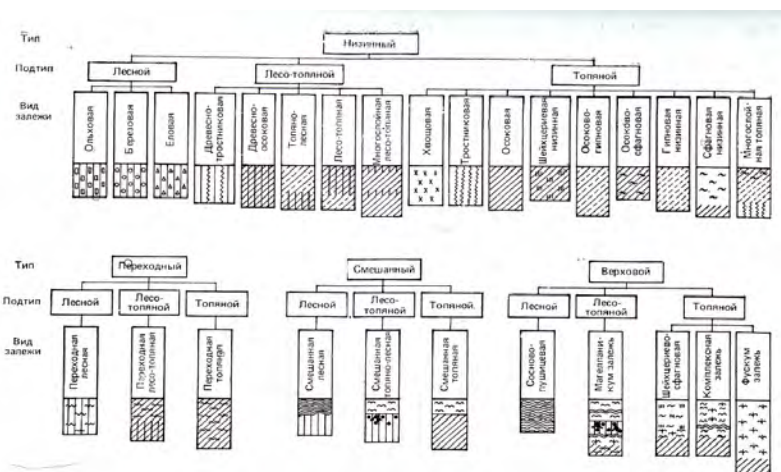


Рис. 4. Классификация торфяных залежей

Затем проводится зондирование торфяной залежи по 100 точкам, расположенным в один ряд. Для каждой точки указывается либо глубина попадания на пень, либо мощность залежи. Результаты представлены в таблице 5.

В таблице 6 графа «Распределение попаданий на пень по глубине и границы пнистых слоев» точками наносятся все глубины попадания на пень, выдерживая вертикальный масштаб колонки. В зависимости от распределения точек попадания на глубине и с учетом разности в строении и степени разложения выделяют пнистые слои.

За верхнюю границу слоя принимают минимальную глубину попадания на пень в этом слое, за нижнюю границу слоя – максимальная глубина попадания на пень с прибавлением 0,25 м - поправки на высоту пня. Если один слой сразу сменяется другим, то точки попадания, лежащие в их границе, относятся к нижележащему слою. Поправка 0,25 м в этом случае прибавляется только к последнему по глубине слою пней. Количество попаданий в слое равно сумме точек попадания, толщина слоя – разности между нижней и верхней границей слоя.



Таблица 5.

Данные зондирования торфяной залежи


№ точки	Глубина попадания на пень, м	Мощность залежи, м	№ точки	Глубина попадания на пень, м	Мощность залежи, м	№ точки	Глубина попадания на пень, м	Мощность залежи, м	№ точки	Глубина попадания на пень, м	Мощность залежи, м
Площадка № 1, пункт бурения №1											
1	0,2	-	26	-	3,15	51	-	3,2	76	-	3,15
2	0,15	-	27	0,35	-	52	0,2	-	77	-	3,15
3	-	3,2	28	-	3,15	53	-	3,2	78	-	3,15
4	-	3,2	29	-	3,20	54	1,25	-	79	-	3,15
5	0,3	-	30	-	3,20	55	0,3	-	80	-	3,15
6	0,65	-	31	0,45	-	56	0,15	-	81	0,45	-
7	-	3,2	32	0,3	-	57	0,7	-	82	0,7	-
8	-	3,2	33	-	3,2	58	1,1	-	83	-	3,2
9	-	3,2	34	-	3,2	59	-	3,2	84	-	3,2
10	0,75	-	35	0,5	-	60	-	3,2	85	1,45	-
11	2,1	-	36	-	3,2	61	-	3,2	86	2,0	-
12	-	3,2	37	-	3,2	62	-	3,2	87	-	3,2
13	-	3,2	38	-	3,2	63	-	3,2	88	-	3,2
14	0,7	-	39	-	3,2	64	-	1,3,2	89	-	3,2
15	-	3,2	40	-	3,2	65	-	3,2	90	-	3,2
16	0,3	-	41	0,2	-	66	-	3,2	91	2,15	-
17	(1,7)	3,2	42	-	3,2	67	0,2	-	92	-	3,15
18	-	3,2	43	0,6	-	68	-	3,15	93	-	3,15
19	-	3,2	44	0,65	-	69	-	3,15	94	-	3,2
20	0,7	-	45	-	3,2	70	-	3,15	95	-	3,2
21	2,1	-	46	-	3,2	71	-	3,15	96	-	3,2
22	-	3,2	47	-	3,2	72	-	3,15	97	-	3,2
23	-	3,2	48	-	3,2	73	1,95	-	98	0,6	-
24	-	3,2	49	-	3,2	74	1,35	-	99	-	3,2
25	-	3,2	50	-	3,2	75	-	3,15	100	-	3,2

Процент попадания на пень в слое вычисляют как отношение количество попадания к общему числу испытаний. Для верхнего слоя

пней число испытаний равно 100. В нижележащих слоях это уменьшают на количество попаданий в вышележащих слоях.

Таблица 6.

Данные по пнистости

Глубина, м	Строение залежи	Степень разложения, %	Распределение попаданий на пень по глубине и границы пнистых слоев	Количество попаданий в слое	Толщина слоя, м	Попадание на пень, %	Пнистость слоя, %
0,25		15	.. - 0,15	23	0,8	23	3,3
0,5		15	.....				
0,75		15	.....				
1,0		15	- 0,95				
1,25		40	- 1,1	9	1,3	5,2	0,1
1,5		45	.....				
1,75		50	- 2,4				
2,0		55					
2,25		45					
2,5		40					
2,75	40						
3,0	15						

Тип залежи – верховая, вид строения – магелланикум залежь

Пнистость (%) определяют по толщине слоя и проценту попадания на пень, используя график – номограмму для определения послышной пнистости торфяной залежи (рис. 7).

На номограмме по горизонтальной оси указана толщина слоя, по вертикальной – попадание (%) на пень в слое. На пересечении прямых линий толщины и попадания, указана пнистость слоя (%), которую следует читать в конце наклонных линий. Если точка пересечения попадает между линиями, то необходима интерполяция с точностью 0,1%.

Кроме послышной пнистости определяют пнистость на всю глубину залежи (среднешурфовое значение).

Пнистость залежи определяется как средневзвешенная величина по формуле

$$P_{\text{сст.}} = \frac{P_1 \times h_1 + P_2 \times h_2 + \dots + P_n \times h_n}{H}, \%$$

где  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$  – пнистость слоев;  $h_1, h_2, \dots, h_n$  – толщина слоев;  $H$  – средняя глубина залежи на площадке.

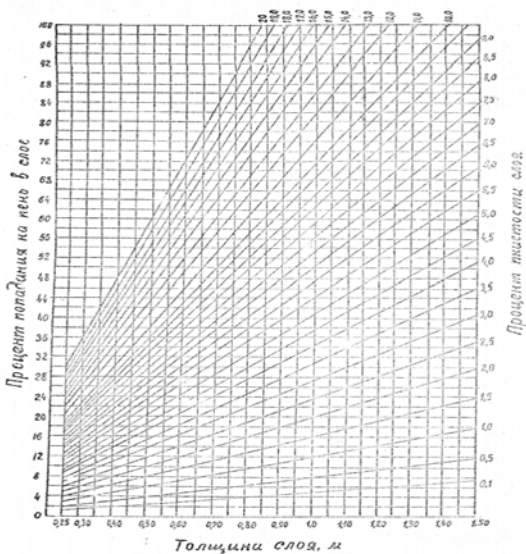


Рис. 7. Номограмма по определению послойной пнистости торфяной залежи

При характеристике пнистости дают общую оценку по схеме: до 0,5% - малая пнистость; 0,5-1% - средняя пнистость; 1-2% - выше средней; 2-3% - большая и > 3% - очень большая.

По расчетам значение пнистости залежи составило

$$P_{\text{ест.}} = \frac{3,3 \times 0,8 + 0,1 \times 1,3}{3,2} = 0,87 \% \text{ (средняя).}$$

Полученные данные используются при подготовке к эксплуатации торфяных месторождений.

#### Библиографический список:

1. Торфяные месторождения и их разведка (Руководство по лабораторно-практическим занятиям): учеб. пособие для вузов / С.Н. Тюремнов [и др.]; под ред. И.Ф. Ларгина. – М.: Неора, 1977. - 264 с.
2. Шадрин Н.И. Торфяные месторождения [Текст]: методические указания к лабораторным работам – Тверь: ТвГУ, 2012. -28 с.



УДК 378.046.4

## **ОПЫТ ОБУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИМУЛЯТОРОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СРЕДЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**Теличко В.Г.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*В работе рассматриваются практические аспекты разработки симуляторов проектной деятельности для целей обучения автоматизированному проектированию специалистов по направлению «Строительство» в системе дополнительного профессионального образования. Сформулирован подход к организации деятельности по внедрению симуляционного обучения в практику. Определены некоторые важные методические особенности функционирования режимов симуляционного обучения автоматизированному проектированию.*

В работе [1] сформулирован подход к организации деятельности по внедрению симуляционного обучения в практику подготовки компетентных специалистов в области автоматизированного проектирования зданий и сооружений на основе функционирования ЭИОС.

В структуре деятельности по материализации компонентов этой обучающей системы центральное место занимают программы-симуляторы проектирования [1, рис.2]. Их разработка основана на результатах анализа выполнения реальных проектных заданий организацией, создающей систему дополнительного профессионального обучения (ДПО). Система ДПО ориентирована на лиц с разным начальным уровнем профессиональной подготовки [2-4]. Представление о связи профессиональных компетенций и дополнительных профессиональных программ (ДПП), которые могут быть использованы в системе ДПО, приведены в работе [1], причем можно выделить следующие актуальные уровни базового образования:

профильное ВО – высшее образование по направлению «Строительство»;

профильное СПО – среднее образование по направлению «Строительство»;

непрофильное ВО – высшее техническое образование;

непрофильное СПО – среднее профессиональное образование;

неполное СО – неполное среднее образование;

неполное ОО – неполное основное образование.

Из этих данных следует очевидный вывод о том, что симуляторы для обучения строительному проектированию должны учитывать специфику знаний, умений и навыков, имеющих у претендентов на обучение. Такую дифференциацию можно связать с системой верификационных примеров конкретной САПР, которые имеются в составе каждого комплекса программ в количестве от нескольких десятков (SCAD Office, Лира-САПР) до нескольких сотен (SAP2000).

Эти системы примеров структурированы по ряду признаков, в том числе, и по сложности объектов проектирования, что и позволяет их использовать для разработки симуляторов в соответствии с начальным уровнем подготовки пользователя.

Учитывая специфику деятельности проектирования, предлагается содержательная интерпретация базовых понятий эффективности результатов обучения в форме, представленной на рис. 1.

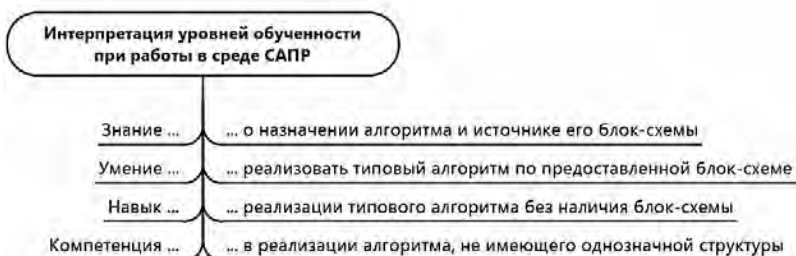


Рис. 1. Уровни обученности в симуляционном обучении

Эта форма отображает практическую направленность обучения и опирается, в том числе, на интерпретацию симуляционного обучения в качестве примера реализации обучения с подкреплением [5], с одной стороны, а с другой стороны – на многолетний опыт подготовки профессиональных проектировщиков из выпускников института горного дела и строительства (ранее строительного факультета) Тульского государственного университета, имеющих профильное высшее образование, в условиях различных проектных организаций г. Тулы [1].

Таким образом, в основу разработки симуляторов в области строительного проектирования мы кладем фундаментальное понятие об алгоритме функциональной деятельности в строго определённой предметной области.

Понятно, что подобные алгоритмы образуют некоторое множество, которое формируется из подмножеств, выделившихся в результате практической деятельности проектирования. Опыт результативного проектирования показывает, что его эффективность основана на понятии жизненного цикла проектирования, что, в свою очередь, подразумевает некоторую стадийность деятельности.

Чтобы выделить упомянутые выше стадии, можно ввести понятие деятельности – «моделирования», как деятельности по созданию модели проекта объекта средствами среды автоматизированного проектирования. Это, в свою очередь, позволяет ввести понятие алгоритма деятельности моделирования и определить жизненный цикл проектирования как итерационно-циклический процесс совершенствования предыдущей модели на базе оценки качества текущей модели [1].

Представление о жизненном цикле проектирования в нашей интерпретации отображено на рис. 2.

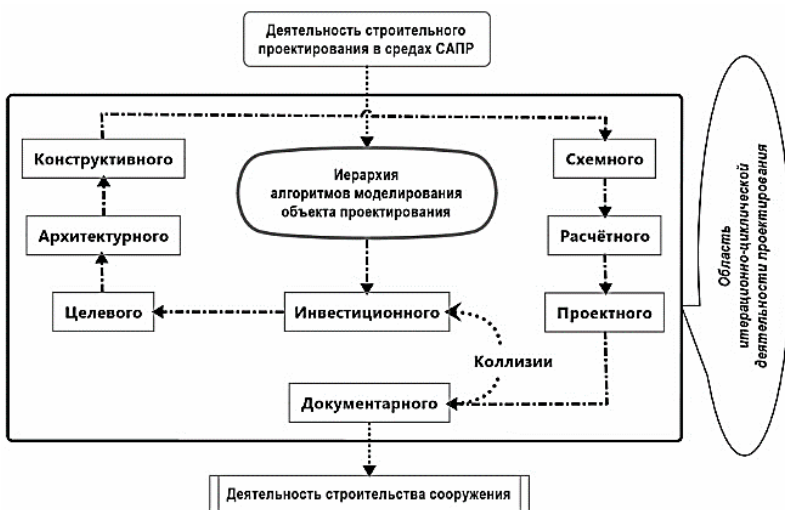


Рис. 2. Жизненный цикл строительного проектирования

Таким образом, мы располагаем тремя сформированными иерархическими структурами:

- категориями потенциальных обучающихся,
- алгоритмами моделирования объекта в среде САПР,



- верификационными примерами применения возможностей САПР (включая модели реально выполненных проектов обучающей проектной организацией).

Теперь задачу создания конкретного симулятора можно определить как задачу реализации моделирования конкретного верификационного примера по заранее созданному алгоритму деятельности моделирования, смысловое содержание которого определено в [1].

Далее обратимся к вопросу об однозначности алгоритмов моделирования объекта проектирования. Проблема заключается в том, что разработчики САПР реализуют технологии моделирования с точностью до конкретного действия, которые однозначно меняют информационное содержание рабочего экрана (ввод чисел, отрисовка графических объектов, выбор элементов списком и т.п.), но при этом предлагают пользователю различные последовательности подобных действий для получения одного и того же промежуточного результата. Например, применяемые единицы измерения можно задать вначале реализации алгоритма и затем менять их по мере необходимости, а можно не задавать их вообще, пользуясь единицами, которые программа предлагает по умолчанию. Тем не менее, анализ алгоритмов моделирования позволяет выделить последовательности обобщённых шагов (шагов так называемого «верхнего» уровня), которые для всех систем САПР одного и того же назначения (CAD, CAE, CAM) будут описывать один и тот же результат.

Именно подобный обобщённый алгоритм и может быть положен в основу разработки симулятора. Конечно, его детализация на уровне пользовательского интерфейса конкретных САПР будет отличаться. Однако реализация обобщённого алгоритма даже средствами одной САПР позволяет получить требуемый уровень обученности за счёт однозначной детализации деятельности обучающегося, которую обеспечивает симулятор.

Можно ли предусмотреть вариантность пути достижения результата, требуемого тем или иным шагом обобщённого алгоритма? Конечно можно, но автоматизировать разработку симулятора с такими свойствами в настоящее время достаточно эффективно не получается, поскольку предлагаемые для этих целей программные продукты ориентированы на однозначную последовательность действий пользователя.

Как уже отмечалось в [1], достижение обученности на уровне компетенции требует последовательного приобретения нижестоящих уровней в иерархии, представленной на рис. 1. Поэтому симуляционного обучение проводится в четыре стадии на базе одного и того же

задания и с контролем наличия собственно компетенции на другом задании того же класса сложности. Уровень сложности характеризуется общей длиной алгоритма, использованного для обучения, и числом неоднозначных решений, которых требуется принять обучающемуся в ходе выполнения контрольного задания.

Определим некоторые важные методические особенности функционирования режимов симуляционного обучения автоматизированному проектированию.

Прежде всего, необходимо отметить, что группа действий, детализирующих шаг обобщённого алгоритма, представляется специально вставленным кадром. На этом кадре визуализируется конкретная последовательность действий детализации. Уход с этого кадра выполняется кнопкой «Выход», которая присутствует только в двух режимах обучения: обучения и практики.

Добавим, что не имеет смысла полный алгоритм детализации, так как в этом случае пришлось бы описывать такие действия, как применение кнопок «ОК», «Вперёд», «Назад», «Справка» или действие размещения указателя мыши на требуемой опции меню. Хотя в некоторых методиках широко применяется визуализация пути курсора, что, по нашему мнению, является излишним.

1. Режим демонстрации алгоритма. Задача этого режим заключается в ознакомлении обучающегося с обобщённым алгоритмом и уровнями его детализации в форме кадров со схемой алгоритма и иерархически структурированным содержанием деятельности. Тем самым в этот режим формируется значение о самом алгоритме и среде его реализации. Содержание должно решать также задачу управления видеорядом демонстрации – остановка демонстрации, возврат к конкретному эпизоду, повторное прослушивание комментария к кадру. Для этого оно оформляется в виде дополнительного окна на рабочем экране, в котором и осуществляется управление демонстрацией действий, подлежащих освоению. Субъективно, демонстрация должна сопровождаться голосовым сопровождением. Голосовые комментарии должны быть ограничены по времени и весьма конкретны по содержанию. Озвучивание может быть исполнено как синтезированным голосом, так и записанный в формате аудиофайла голосом диктора. С точки зрения технологичности более предпочтительным является синтезированный голос.

Заслуживает внимание также анализ времени, затрачиваемого на демонстрацию как отдельных шагов, так и алгоритма в целом. Дело в том, что организаторы обучения должны объявлять сроки освоения того или иного курса в составе ДПП, а также сроки контрольных ме-

роприятий (режимы тестирования и контроля качества компетенций). Поскольку симуляционная технология существенно опирается на самостоятельную работу обучающегося по достижению конечного результата, вопросы временных затрат должны быть решены на основе экспериментального хронометрирования, пусть даже в виде средних величин.

2. Режим обучения. Этот режим является основой для выработки умения самостоятельно реализовать обобщённый алгоритм на примере типовой задачи моделирования.

Отличительной чертой режима является полная доступность к содержанию действий в составе алгоритма и системе поддержки принятия решений, включающей оценку конкретного действия (правильно/неправильно), кнопку доступа к развёрнутой управляющей текстовой и графической информации (нормативно-технические и нормативно-правовые документы, рекомендации экспертов, ссылки на типовые решения и т.п.) и голосовое сопровождение (необязательное, но доступное). Более подробно системе поддержки принятия решений сообщалось в [1].

Этот режим требует максимальных затрат времени обучающегося, составляющих до 70% всего запланированного периода учёбы.

3. Режим практики. При реализации алгоритма моделирования в этом режиме отключены все системы информационной поддержки обучающегося, кроме сообщения о неверно выбранном действии. Назначение этого режима – выработки навыка на базе приобретённого уровня умения в режиме обучения.

В этом режиме возможна оценка сформированного навыка в виде отчёта о множестве верных и ошибочных действий во время сеанса работы, при этом можно задать число попыток (3 и более) в случае неверно выбранного действия. Принимается за основу, что оценка в 80% правильных действий соответствует минимальному уровню выработанного навыка в моделировании заданного объекта.

4. Режим тестирования. Этот режим повышает требования к уровню приобретаемого навыка, для чего применяется следующая методика: за каждое правильно назначенное действие присуждает 1 балл, а за каждое неверное выполнение – 0 баллов.

При этом в случае неверно выбранного действия программа симулятора автоматически переходит к следующему действию детализированного обобщённого алгоритма моделирования.

Обучающийся должен набрать не менее 80 баллов из 100, что соответствует минимальной оценке уровня сформированного навыка.

Заметим, что повышение компетенции пользователя связано с выполнением более широкого круга заданий на моделирование объекта одного уровня сложности. Их выбор не представляет какой-либо сложности, так как имеется достаточно большое число верификационных примеров в различных САПР.

Ещё одним важным практическим вопросом является выбор программного обеспечения для создания симулятора. В работе [1] упоминались такие пакеты как Adobe Captivate и iSpring Suite, среди возможностей которых имеются средства для фиксации действий в среде любого программного обеспечения. Наш опыт показывает, что многие пакеты для создания презентаций, снабжённые инструментами взаимодействия с пользователем (например Power Point или Google Slides), вполне могут быть использованы для создания симуляторов для целей моделирования в проектной деятельности строительной отрасли.

#### **Библиографический список**

1. Злобин, С.Ф. Симуляционное обучение автоматизированному строительному проектированию в дополнительном профессиональном образовании / С.Ф. Злобин, В.Г. Теличко // *Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2020 [текст]: сб. тр. III междунар. науч.-техн. форума: в 10 т. – Т.9. – Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2020. – С. 16-22.*
2. *Методические рекомендации по реализации дополнительных профессиональных программ с использованием дистанционных образовательных технологий, электронного обучения и в сетевой форме: Приложение к письму Министерства образования и науки Российской Федерации от 21 апреля 2015 г. № 1013/06 «О направлении методических рекомендаций по реализации дополнительных профессиональных программ».*
3. *Распоряжение Минпросвещения РФ от 12 июля 2019 года № Р-16 «О внесении изменений в методические рекомендации о создании функционировании центров опережающей профессиональной подготовки, утверждённые распоряжением Министерства просвещения Российской Федерации от 28 февраля 2019 г. № Р-16».*
4. *Приказ Минобрнауки от 29 августа 2013 года «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам».*
5. *Саттон, Р. С. Обучение с подкреплением: Введение / Р.С. Саттон, Э.Дж. Барто. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 552 с.*



УДК 622.02

## ИЗУЧЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У ОБУЧАЮЩИХ

**Бородкин Н.Н., Белякова Е.В., Чернецова Е.А.**

*Тулский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассматриваются проблемы качественного обучения студентов в технических вузах. Рассматриваются геометро-графические дисциплины, используемые в высшей школе. Сделан акцент на необходимую базовую геометро-графическую подготовку, развития у студентов вузов пространственного развития и восприятия.*

*Ключевые слова: графическое обучение, информационная модель, производственная деятельность, программное приложение, процессный подход.*

В высшей школе переход на новые ФГОС и массовое введение бакалавриата потребовали пересмотра традиционной методики геометро-графической подготовки (ГП) студентов.

За последние десятилетия в методиках преподавания графических дисциплин произошли значительные изменения в связи с модернизацией системы высшего образования в целом. К дисциплинам графической подготовки в настоящее время относятся: «Инженерная графика», «Инженерная и компьютерная графика», «Компьютерная графика», «Начертательная геометрия», «Начертательная геометрия инженерная графика», «Начертательная геометрия и строительное черчение», «Графическое моделирование и рисование», «Прикладная компьютерная графика», «Прикладные компьютерные программы», «Введение в компьютерную графику», «Прикладные компьютерные программы», «Графические информационные системы в машиностроении». «Графические информационные системы» «Электронные модели изделий машиностроительного производства» «Информационная технология геометрического моделирования при выполнении курсовых проектов», «Компьютерное проектирование» и т.д. И это далеко не полный список названий.

Столь широкий спектр дисциплин направлен на подготовку практико-ориентированных работников к деятельности, связанной с внедрением, адаптацией, оптимизацией технологий и технологических процессов. Следует отметить, что в результате обучения по вышеперечисленным дисциплинам, как правило, формируются навыки пред-

ставления графической и текстовой конструкторской документации в соответствии с требованиями стандартов и навыки работы с тем или иным программным приложением, соответствующим определенному направлению подготовки.

В рамках данной статьи проведен краткий анализ терминологических понятий, имеющих отношение к дисциплинам графической подготовки или определяющих содержание дисциплины, название кафедры (подразделения ВУЗа).

Начертательная геометрия - инженерная дисциплина, представляющая двумерный геометрический аппарат и набор алгоритмов для исследования свойств геометрических объектов [1]. В нашей стране курс начертательной геометрии был введен впервые в 1810 году в Петербургском институте корпуса инженеров путей сообщения.

Компьютерная графика - это область деятельности, компьютеры в которой используются в качестве инструмента, как для создания изображений, так и для обработки, полученной из реального мира визуальной информация [7]

Информационная модель - это модель объекта, представляемая в виде информации, которая описывает существенные для данного рассмотрения параметры и переменные величины объекта, связи между ними, входы и выходы объекта и позволяет путем подачи на модель информации об изменениях входных величин моделировать возможные состояния объекта [8]. Информационная модель тесно связана с такими объектами предметной области компьютерной графики, как программные средства. Только с их помощью можно построить и отредактировать информационную модель изображения, а также получить по этой модели изображение в визуально воспринимаемом виде.

Программные средства это совокупность программных модулей, которая обеспечивает автоматизацию выполнения операций с данными, представлениями в формате той или иной информационной модели.

Графический редактор - программное средство, предназначенное для организации работы пользователя с целью изменения состава и значений параметров информационной модели изображения. [8].

Трёхмерная графика - раздел компьютерной графики, совокупность приемов и инструментов, предназначенных для изображения объёмных объектов [1].

Трёхмерное моделирование представляет собой большой комплекс методов и средств, предназначенных для создания информационной модели объекта, внесения в нее изменений и построения по ней как отдельных изображений, так и их последовательностей.

Автоматизации проектирования - это автоматическая автоматизированная подготовка проектно-конструкторской документации, по которой впоследствии может быть изготовлено и проверено на соответствие требованиям некоторое изделие. Подсистемы компьютерной графики могут выступать в качестве некоторого ядра, на основе которого строятся САПР - системы автоматизации проектирования. Наиболее известный пример такого подхода - это система AutoCAD [8]

Проведенный анализ показывает, что учебная дисциплина «Начертательная геометрия», преподавание которой ведется в технических вузах более 200 лет, в настоящее время оказывается более востребованной в своих графических приложениях.

Методику современной графической подготовки условно можно разделить на три направления: традиционное, традиционно-обновленное и опережающее. Это условное разделение выполнено в соответствии со способами формирования проектно-конструкторской документации.

Традиционная, или ручная, графика актуальна для архитекторов и является обязательным элементом эскизирования. Но исчез кульман, нет рейсшин, современные студенты не знают, что такое чертежная доска, поэтому качество графического исполнения чертежа ставится сомнение. Тем не менее методика выполнения чертежа в под карандаше жива, имеет много приверженцев и пока ее нельзя назвать устаревшей. Решение задач инженерной графики средствами компьютерной графики можно назвать инновационным решением, но в сущности, в этой традиционно-обновленной методике изменились только средства выполнения чертежа: кульман экран монитора, карандаш - компьютерная мышка. В настоящее время графическая подготовка в большинстве вузов базируется на применении графических редакторов. Создание трехмерных моделей является завершающим этапом работы

Роль и значимость, дисциплин графической подготовки в современном учебном процессе значительно растет и наиболее перспективна при опережающем подходе преподавания, суть которого заключается в использовании технологий информационного моделирования. Учебный процесс при этом изначально организован на построении трех мерных моделей и создании проектно-конструкторской документации по модели. Эта методика неразрывно связана с новейшими технологиями графического моделирования.

В производственной деятельности используется большое количество программных приложений, в связи с чем учебный процесс все более ориентирован их определенные виды. Обмен данными между этими приложениями [8] также является актуальной производственной

задачей. Процессный подход [7], реализуемый в рамках системы менеджмента качества, формирует новое мировоззрение в управленческой и проектной деятельности.

В качестве выводов можно отметить, что реализация со временных образовательных методик преподавания дисциплин графического цикла возможна лишь при совместной работе выпускающих кафедр и работодателей на основе объективных измерений производственных процессов. Технологии информационного моделирования являются одним из возможных факторов, вносящих существенный вклад в информатизацию образования [1]. Развитие системы общего образования предусматривает индивидуализацию, ориентацию на практические навыки и фундаментальные умения, расширение сферы дополнительного образования, а развитие системы профессионального образования - расширение участия работодателей на всех этапах образовательного процесса.

#### **Библиографический список**

1. Государственная программа РФ «Развитие образования» на 2013-2020 годы. Министерство образования и науки РФ [Электронный ресурс]. URL: [http://минобрнауки.рф/документы/2882/файл/1406/12.11.22.Госпрограмма-Развитие\\_образования\\_2013-2020.pdf](http://минобрнауки.рф/документы/2882/файл/1406/12.11.22.Госпрограмма-Развитие_образования_2013-2020.pdf).
2. ГОСТ 2.001-93 ГОСТ 2.125-88. Единая система конструкторской документации. Основные положения. М. Стандартинформ, 2007 345 с.
3. ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.
4. ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.
5. ГОСТ 2.301 - 2.307. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей.
6. ГОСТ Р 21.1101-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации (утв. и введен в действие Приказом Рос стандарта от 11.06.2013 N 156-ст).
7. ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
8. ГОСТ Р ИСО 10303-1-99. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы М.: Стандартинформ, 2000.





УДК 622.02

## МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ 3D-ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Бородкин Н.Н., Белякова Е.В., Чернецова Е.А., Назаров А.П.**  
*Тульский государственный университет, г.Тула, Россия*

*Рассматриваются проблемы качественного обучения студентов в технических ВУЗах. Приводится методика решения и создания геометрических объектов методами 3D моделирования. Обосновываются преимущества обновленной методики для самостоятельной работы студентов*

*Ключевые слова: геометро-графическая подготовка, геометрические объекты, моделирование, 3D-модели*

В современных условиях развитие системы инженерного образования требует подготовки специалистов технического профиля качественно нового уровня.

Успешное внедрение 3D-моделей в различные области техники обуславливает, в качестве требований к подготовке специалистов, одновременное владение достаточной теоретической базой геометрических познаний и практическими навыками в области применения новейших технологий компьютерного моделирования [2]. Указанные обстоятельства явились отправным моментом для пересмотра содержания обучения с целью поиска наиболее значимых, как в теоретическом, так и практическом плане учебных материалов, которые отвечали бы духу времени и соответствовали потребностям современного производства [3, 4].

В высшей школе переход на новые ФГОС потребовали пересмотра традиционной методики геометро-графической подготовки (ГГП) студентов [5,]. Это вызвано прежде всего сокращением времени, отводимого студентам на изучение интегрированной, единой дисциплины «Начертательная геометрия Инженерная графика», «Компьютерная графика», которую, в соответствии с везиением времени, более точно следовало бы назвать «геометрическое моделирование». Из-за сокращения учебной нагрузки по графическим дисциплинам и увеличения времени на самостоятельную работу невозможным стало изучение в прежнем объеме традиционного курса начертательной геометрии, а многими авторами целесообразность этого подвергается сомнению [1]. К тому же, при повсеместном использовании новых информационных

технологий возникает потребность в практической ориентированности современного обучения. Однако, при недостатке у обучаемых геометрической базы знаний, формирующей особое пространственное мышление, у будущего выпускника вряд ли сформируется требуемый потенциал для эффективной творческой деятельности при проектировании технических объектов в своей профессиональной области.

Из вышесказанного следует, что существует потребность в разработке инновационного курса ГПП для студентов технических направлений и специальностей, компенсирующего снижение часов, отведенных на теоретическую подготовку, за счет освоения практических приемов использования возможностей компьютерной графики при решении практико-ориентированных задач геометрического моделирования.

В то же время актуальным остается контроль качества индивидуальных заданий, выполняемых студентами самостоятельно с использованием компьютерных технологий. Это особенно актуально при дефиците у преподавателя учебного времени, выделяемого на дисциплину.

Сегодня самостоятельная работа студентов должна играть более значимую роль в процессе обучения. Предлагаемая методика организации самостоятельной работы студентов учитывает их индивидуальные способности и различные потребности в познавательной деятельности, что в условиях сокращения учебного времени, выделяемого на дисциплину, большого количества учащихся в группах, предполагаемой вариативности выполнения заданий и распространенного в студенческой среде плагиата является перспективной и рациональной.

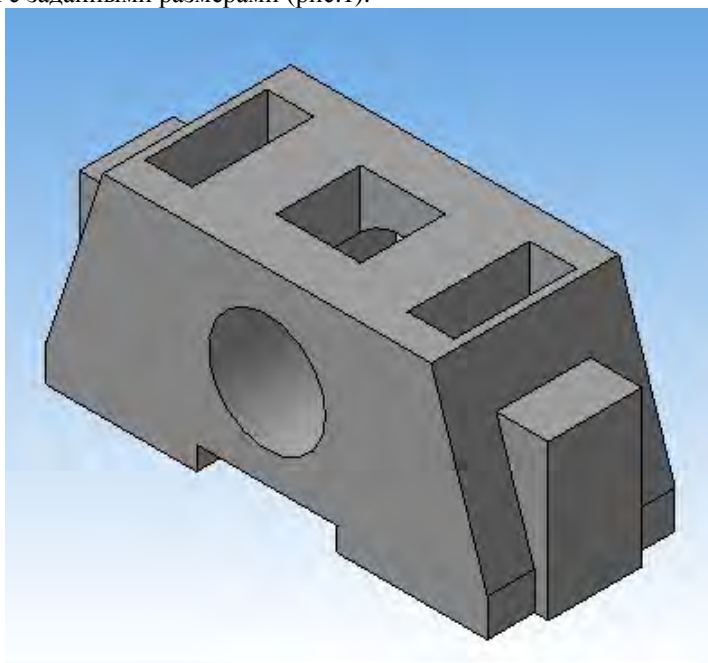
В последнее время наиболее перспективным продуктом в образовательном процессе при реализации ГПП студентов становится система трехмерного моделирования КОМПАС-3D, совершенный инструмент для геометрического моделирования. Именно на использование КОМПАС-3D ориентированы разрабатываемые авторами практические задания новой концепции, которые не отказываются полностью от методов начертательной геометрии, но изменяют постановку задачи и предполагают обновленный алгоритм ее решения благодаря применению новых инструментальных средств. Важно также отметить наличие в банке заданий геометрических задач различного уровня сложности, что позволяет учесть индивидуальную подготовленность обучаемых и рационально организовать самостоятельную работу студентов.

Помимо начального консультативного диалога студента с веду-

щим преподавателем (включая дистанционное общение) для контроля разработанных заданий на конечной стадии проверки используется параметрический контроль. Студент должен определить значение контрольного параметра модели и продемонстрировать на экране компьютера 3D- модель. Презентация студентом разработанной 3D-модели, а также ее контролируемых параметров, и будет свидетельствовать о правильном решении задачи.

На представленных ниже рисунках, приведены примеры, полученные в результате использования индивидуальных заданий для решения геометрических задач в среде КОМПАС.

Пример 1. Построенная по ортогональному чертежу модель детали с заданными размерами (рис.1).

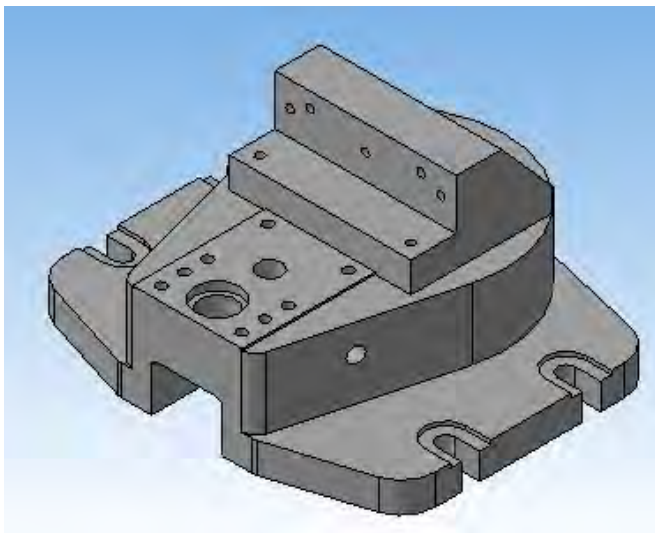


**Рис.1. Задача первого уровня сложности**

Пример 2. Построенная на основании ортогонального чертежа модель корпуса для использования в 3D модели сборочной единицы (рис. 2).

Приведенные примеры постановки учебных задач демонстрируют обновленные алгоритмы, основанные на синтезе геометрических

знаний и современного инструментария визуально-образного моделирования. Кроме того, предлагаемая методика позволяет индивидуализировать процесс обучения в соответствии с личностными возможностями, способствует активизации познавательной активности, а также облегчает процедуру контроля заданий, выполненных студентами.



**Рис. 2. Задача второго уровня сложности – создание корпуса**

Использование опробованной методики особенно перспективно при оптимизации процесса обучения в условиях дефицита временных ресурсов. У студентов одновременно развиваются компетенции в области геометрического моделирования, при этом совершенствуется инструментальная подготовка будущих технических специалистов; формируется их пространственное воображение, развивается творческое мышление, повышается компетентностный потенциал для будущих конкурентоспособных разработок в области проектно конструкторской и дизайнерской деятельности.

***Библиографический список:***

1. Горнов А.О., Усанова Е.В., Шаццло Л.А. Базовая геометро-графическая подготовка На основе 3D электронных моделей // *Геометрия и графика*. 2014 - Vol 2, Iss. 3 - С 46-52: DOI: 10.12737/6524.
2. Волошинов Д.В. Соломонов К.Н. Конструктивное геометрическое моделирование как перспектива преподавания графических дисциплин // *Геометрия и графика*. 2013. - Т. 1, № 2 (2). - С. 10-13. 3. Вольхин К.А., Астахова Т.А. Проблемы графической подготовки студентов технического университета // *Геометрия и графика*. - 2014. - Vol. 2,

Iss. 3. - С. 25-30. DOI: 10.12737/6522.

4. Гузнецов В.Н. Информационные технологии в графических дисциплинах технического университета // Геометрия и графика. - 2013. - Vol. 1, Iss. 3/4. - С. 26-28, DOI: 10.12737/2128.

5. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Крайнова М.Н. Позиции интегративности при технологизации предметной подготовки // Геометрия и графика. - 2014. - Vol. 2, Iss. 2. - С. 21-26. DOI: 10.12737/5586.



УДК 658.512: 574

## ИНТЕГРАЦИЯ ЭКОЛОГИИ В СИСТЕМУ ДИЗАЙН-ОБРАЗОВАНИЯ

**Кошелева А.А.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Рассмотрена проблема повышения экологической ответственности будущих дизайнеров, проектировщиков. Одним из путей решения поставленной задачи является интеграция экологии в систему дизайн-образования. Представлены итоги учебного проектирования в Тульском государственном университете на основе использования принципов экологического дизайна.*

*Ключевые слова: экология, проектирование, образование, дизайн*

Одним из актуальных направлений развития личности на основе системы социальных ценностей является формирование экологической культуры. Сегодня экологические проблемы стали глобальными, затронули все сферы жизни общества. Экологическое образование необходимо рассматривать как одно из важных направлений государственной политики [1].

Перед образовательными учреждениями стоит задача повышения экологической грамотности и ответственности студенчества. Важным является осознание студентом «меры свободы человека», границ его «прав по отношению к среде», формирование ценностных установок о взаимодействии человека и окружающего мира [2].

Интеграция экологии в систему образования в вузах должна происходить на всех уровнях: научно-исследовательском, научно-

методическом, учебном, организационном, социальном, поддерживаться воспитательной работой.

Выделяют содержательные компоненты экологического образования: информационно-познавательные, когнитивно-операционные, мотивационно-деятельностные, практико-ориентированные.

В учебных планах необходимо обеспечить единство данных аспектов экологического образования, увязать учебные дисциплины, полно использовать их потенциал.

Важная роль отводится практической деятельности, участию студентов в реальных мероприятиях по решению экологических проблем города, страны. Только таким образом формируется активная жизненная позиция, чувство сопричастности и ответственности.

Особая роль в формировании предметного мира играют архитекторы и дизайнеры. Дизайнеры представляют массовое искусство, создают новую среду, которая будет формировать новые поколения. Организуют жизненное пространство, новые формы, порой создавая инновационную сферу потребления, новейшие формы взаимодействия человека и среды.

Поэтому одним из актуальных направлений стал экологический дизайн. Выполнение проектов на основе экологического подхода способствует формированию экологического мировоззрения молодых проектировщиков [2]. Возрастает познавательный интерес к общим законам мироздания. Формируется самосознание, студенты приобщаются к социально-значимой деятельности.

Студенты ТулГУ, обучающиеся на напр. «Дизайн», широко используют принципы экологического дизайна при проектировании, решают актуальные экологические задачи.

При дизайн-проектировании промышленных изделий ставятся следующие задачи:

- выбор актуальной тематики проектов, решающих, в том числе, и экологические проблемы;
- применение экологически чистых материалов и покрытий; биоразлагаемых материалов;
- ориентация на альтернативные источники энергии; реализация принципа энергосбережения;
- вторичное использование материалов;
- возможности утилизации отходов;
- ориентация на безотходные производства;
- отказ от вещей одноразового пользования в пользу качественных изделий длительного пользования;
- возобновляемые ресурсы;

- природное, естественное формообразование;
- решение вопросов безопасности для человека;
- внедрение инновационных разработок в дизайн-проекты.

Проектирование экостранства осуществляется на основе принципов:

- целостности и единства человека и среды;
- экономии, разумной достаточности;
- уместности формы в функциональном, психологическом и других аспектах [2];

- семиотики и архетипичности элементов композиции, соответствия формы назначению в знаково-символическом контексте и др.

Используются различные приемы проектной практики:

- уменьшение материало- и энергоёмкости;
- безотходные технологии формообразования;
- повышение безопасности для окружающей среды, утилизация изделий после срока службы;
- регенируемые детали и узлы, отходы производства; упражнения по формообразованию вторичного сырья;
- природные материалы, текстуры,
- формы, вдохновлённые природой, обеспечивающие душевный комфорт пользования изделиями. Биоморфное формообразование благоприятно влияет на психологический настрой человека, восстанавливает связь и единение с природой [2].

Рукотворная среда сегодня характеризуется многомерностью, хаотичностью, многополярностью. Дизайнеры в результате своей деятельности имеют возможность целенаправленно преобразовывать ценностные и эстетические воззрения современников посредством образности, выразительности элементов предметного мира.

Перед проектировщиками ставится задача создание визуально-гармоничной среды, учета пластических особенностей окружения, силуэта, ритма, пропорций, наличия доминант, характера формирующих линий, плоскостей, цвета.

Поставленные задачи реализуются на этапе выполнения сквозных интегрированных проектов.

Студенткой каф. ГСАиД был выполнен проект генератора воды из окружающего воздуха. Атмосферный генератор производит воду, очищает, обеззараживает и реструктурирует ее. Функционирование осуществляется от солнечных батарей. Разработка решает актуальную задачу обеспечения водой регионы с дефицитом пресной воды. Предусмотрены дополнительные функции: выращивание декоративной зелени, релаксация и отдых посетителей парковых зон.

Современное общество отличает ритм жизни, в котором технологии стремительно преобразуют окружающий мир, зачастую вызывая возникновение множества экологических проблем.

В загрязнении атмосферы немалая роль принадлежит автомобильному транспорту. Его стремительный рост отразился на экологии нашей планеты.

Транспорт является одним из основных источников загрязнения воздуха в крупных городах. Очевидным решением существующей проблемы является проектирование транспорта на альтернативных видах топлива. Практически все мировые автогиганты выпускают или испытывают водородные автомобили и автобусы.

Достаточно часто и студенты профиля «Промышленный дизайн» обращаются к теме проектирования экотранспорта.

Был разработан автомобиль на водородном топливе для патрулирования зеленых зон, парков, набережных (студ. Вишневская У., Рук. Кошелева А.А.). В разработанном экомобиле Amigo (рис. 1) хорошо сочетается внешняя красота и широкие функциональные возможности. Он комфортен как для водителя, так и для пассажира. Amigo имеет маленькие габариты, но при этом внутренние объемы схожи со стандартным двухместным автомобилем. Благодаря разработанной форме удалось добиться компактности и устойчивости.



**Рис. 1. Проект экомобиля для патрулирования зеленых зон.  
ТулГУ, студент Вишневская У., гр. 341401 п**

В настоящее время рынок электромобилей переходит в активную фазу. Минэкономразвития России подготовило программу «Высокоавтоматизированный электротранспорт в городах». Согласно программе, на развитие инфраструктуры электротранспорта планируется выделить 418 млрд. рублей. В частности, планируется установка 20 000 зарядных станций для электромобилей к 2024 году.



Предложен проект электрозаправочной станции с обслуживающим роботом (студ. Чекмазова Д., рук. Кошелева А.А.). Разработан дизайн робота, отличающийся сочетанием органического формообразования (в качестве вдохновения выступил скат) и продуманной эргономикой (рис. 2).

Развивается и сеть водородных заправок. Разработан студенческий проект объектов для заправки автомобилей, работающих на водородном топливе.

Еще одна важная тема затронута при разработке дизайн-проекта оборудования для утилизации нефтеразливов (студ. Павлычева М., рук. Кошелева А.А.). Оборудование «Эко-импульс» (рис. 3) включает дрон-распылитель сорбентов в очагах загрязнения, станцию для заполнения емкости сорбентами и зарядки беспилотного летательного аппарата.



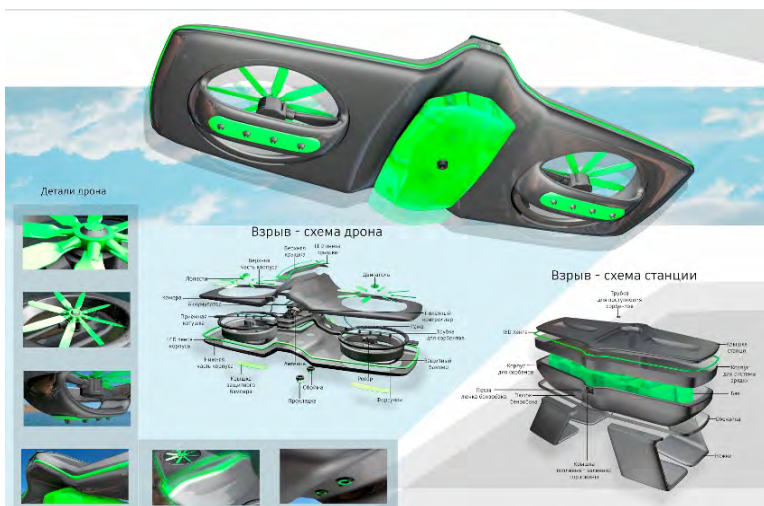
**Рис. 2.** Проект электрозаправочной станции с обслуживающим роботом, ТулГУ, студент Чекмазова Д.О., гр. 321471п

Вдохновением при формообразовании бикоптера послужил образ птицы. Она является символом свободы и преобразования. Таким образом, во время полета дрона окружающая среда после разлива будет преобразоваться в лучшую сторону: избавляться от загрязнений и становиться вновь свободной. Комплексы размещаются на нефтебазах в специально отведенном месте. Для осуществления зарядки дрона

была предложена существующая система WiBotic, основанная на принципе электромагнитной индукции.

Еще один актуальный студенческий проект - уличные тренажеры Асана - позволяют прорабатывать все группы мышц. Они используют интуитивно понятные органы управления, имеют интересную форму и современный вид, при этом преобразуют мускульную энергию в электрическую для подсветки площадки.

Был разработан дизайн-проект оборудования для спортивно-туристического веломаршрута г. Тулы, включающее станции велопарковки, парклеты, оборудование зон отдыха с велопарковкой, станции по ремонту велосипедов, питьевые фонтаны и другие объекты велоинфраструктуры.



**Рис. 3. Дизайн-проект оборудования для утилизации нефтеразливов. Студент Павлычева М., гр. 321481п**

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что в Туле разрабатывается проект по созданию спортивно-туристического веломаршрута «Лев Толстой», который соединит Тулу и Ясную Поляну 18-километровой трассой. В связи с этим встает вопрос о благоустройстве маршрута: создании уличной мебели и велооборудования.

Было решено вписать объекты в среду, создать синтез современных форм и традиционных материалов (дерево, металл).

В основу художественного образа зон отдыха легла идея извилистого велосипедного пути и ярусность. Малые архитектурные формы состоят из переплетенных элементов, создающих динамичный образ и символизирующих маршрут, движение. Акцентный оранжевый цвет подчеркивает это движение в объектах.

Анализ знаковых объектов Тулы – Тульского кремля, Исторического Музея, Ликерки-Лофт, кластера Октава – выявил преобладание красного кирпича в экстерьерах. Это послужило отправной точкой при выборе цветовой гаммы.

Интеграция экологии в образовательный процесс наполняет его гуманитарным смыслом, воспитывает ответственное отношение к природе, к преобразованию предметного мира. Студенты готовы к участию в проектах высокой социальной значимости.

**Библиографический список:**

1. Горленко М.В. Экологический дизайн – социокультурный феномен в решении экологизации проблем потребления общества//Актуальные исследования, № 31(58). 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apni.ru/article/2752-ekologicheskij-dizajn-sotsiokulturnij-fenomen>
2. Панкина М.В., Захарова С.В. Экологический дизайн как интегрирующее содержание профессиональной подготовки дизайнеров и специалистов в области экологического образования. //Фундаментальные исследования. – 2012. - № 6 (часть 2) – С.373-377.



УДК 504:378

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ**

**Холопова Л.А.**

*Юргинский технологический институт (филиал)  
Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Юрга, Россия*

*В статье речь идёт о взаимосвязи экологического образования с экономикой, в основе которой потребительское начало к окружающей среде. Экологическое образование должно быть построено на иных подходах и принципах, учитывая их будущий специалист должен занимать активную позицию.*

Уровень воздействия человека на окружающую среду зависит от технической вооружённости общества. Раньше она была крайне мала,

поэтому природа находилась в девственном состоянии. Промышленная революция и научно-технический прогресс создали и создают качественно новые взаимоотношения науки, техники и окружающей среды, колоссально увеличивают возможности и реальные масштабы воздействия общества на природу. Этим и занимается наука экология, которая выступает в новом качестве, а именно как социальная экология, изучающая экологические проблемы. Среди глобальных проблем можно выделить следующие:

- истребление лесного покрова;
- мировой океан перестаёт быть регулятором природных процессов;
- атмосфера во многих местах загрязнена до предельно допустимых размеров;
- частично нарушен озоновый слой, защищающий от губительного воздействия для всего живого космического излучения;
- загрязнение поверхности и обезображивание природного ландшафта [4].

Примеров тому достаточно. Хиросима, взрыв на реакторе «Три-майл-Айленд», Семипалатинск, Чернобыль, Фукусима. Одна из последних аварий, произошедшая именно там, в результате землетрясения, в марте 2011 года развенчала миф о безопасности атомной энергетики для стран, находящихся в сейсмически активной зоне. Это всё наносит вред и самому человеку, который становится заложником научных открытий. Достаточно вспомнить производство ГМ продукции. На выпуск этой продукции перешли некоторые предприятия химической промышленности, и на основе их возникла, например, на Западе, корпорация Monsanto. Сменив имидж, Monsanto из компании, загрязнявшей окружающую среду, превратилась в компанию, якобы заботящуюся о человечестве, и стала называться «Monsanto – Пища, Здоровье, Надежда». Конечно, это всё «внешние пределы» человеческого бытия. Но современный человек обременён и трудно преодолимыми «внутренними пределами». «Экономическая деятельность, успех, материальная выгода стали для него самоцелью. Всё стремление человека направлено на то, чтобы способствовать росту экономических систем, умножать капитал ради самого капитала, а природа выступает как средство достижения этого роста. Человеку трудно отказаться от цели материального благополучия, подняться выше «внутренних пределов», задуматься над последствиями своего отношения к окружающей среде. Отсюда проблема – «утраты ценностей». У человечества в целом и у отдельных национальных государств отсутствует способность осознать кризисность своего положения, выра-

ботать новую этическую концепцию, соответствующую современному уровню развития и, следуя ей, поставить перед собой политические, экономические, социальные цели. Именно недостаток политических, экономических, социальных институтов и механизмов, вызванных несовершенством поведения человека, его этических норм приводят к непоправимой расточительности не только природных ресурсов и безответственному отношению к окружающей среде, но и человеческих ресурсов в более широком смысле, ограничивая человеческую свободу, ослабляя чувство уверенности в своих силах.

Трагедия человечества состоит в том, что оно ещё не до конца осознало своё критическое положение и не в состоянии направить свои усилия на борьбу с ним. Человечеству суждено либо кардинально изменить свой курс, либо погибнуть вместе с планетой». Именно об этом говорится в докладе «Римского клуба» «Первая глобальная революция». Не согласиться с этим нельзя [2].

Что делать? Принятый в 1992 году Закон об охране окружающей природной среды устанавливает систему «всеобщего, комплексного и непрерывного экологического воспитания и образования, охватывающего весь процесс дошкольного, школьного воспитания и образования, профессиональную подготовку специалистов в средних и высших учебных заведениях, повышение их квалификации» [5]. Однако, как показывает практика, такого единого процесса нет. Есть отдельные мероприятия в рамках воспитательных программ в школе. Переход на систему сдачи ЕГЭ эту ситуацию не только не изменил, но и ухудшил. В настоящее время многие ВУЗы выпускают из своих стен различного рода специалистов-экологов, чего не было, скажем в 70-е годы 20 века. Но это в большинстве своём люди, имеющие естественнонаучное или техническое образование.

По-прежнему существует противоречие: несоответствие между современными требованиями общества, предъявляемыми к экологической культуре специалиста, и состоянием экологического образования в вузах. Экологическое образование сегодня, основанное на аналитических знаниях о природе, способствует потребительскому отношению к ней. «Обратившись к государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования по специальности 013100 – экология и 013400 – природопользование, мы увидим, что основу дисциплин, преподаваемых в экологических вузах, составляют дисциплины биологического характера, такие, как учение о гидросфере, экология растений и др. Они, без сомнения, необходимы. Но как же быть с теми, которые определяют характер будущей работы специалиста. К ним относятся «Правовые основы природопользования и охраны

окружающей среды», «Экологическая экспертиза», «Экологический мониторинг», на которые отводится меньше часов, чем, например, на философию, историю[3]. И если уж говорить о междисциплинарных связях, то не последнюю роль здесь должны играть дисциплины экономического характера, который позволяли бы видеть и разбираться в экономических проблемах и вызовах. Помимо этого, специалист высшей школы должен обладать общей культурой, культурой познания мира и себя, чтобы видеть и понимать, что человек – это часть природы, а поэтому делать всё возможное для её сохранения. Не последнюю роль здесь должны играть практические занятия и практики будущих специалистов не только на производстве, но и вне его, например, волонтерская.

Много внимания этим вопросам уделяется в Алтайском государственном аграрном университете. Там по инициативе студентов было создано молодёжное экологическое агентство «Планета», которое проводит большую просветительскую работу по экологическим проблемам среди школьников, студентов и общества в целом [1].

Таким образом, выделяя основные направления проблемы экологического образования в вузах, в том числе и связанных с горной промышленностью, нужно больше внимания уделять практической направленности и развитию способов мышления, в основе которых не только рациональное начало, но и духовное, а предметы должны этому соответствовать. «Обучение, – как верно отмечено в докладе «Первая глобальная революция», – не должно «сводиться только к приобретению и применению неких методов, приёмов, навыков, установок, обеспечивающих лишь пассивную адаптацию человека к изменению окружающей среды. Системы должны динамично перестраиваться в соответствии с теми или иными проблемами и трудностями в развитии человечества» [4].

#### **Библиографический список:**

1. В.П. Колпакова. Роль общественных молодёжных организаций в формировании здорового образа жизни студенческой молодёжи.– «Дети, молодёжь и окружающая среда: здоровье, образование, экология: материалы Международной научно-практической конференции 5–9 июля 2012 г. – Барнаул: АлтГПА, 2012.— 314 с. – С. 111–113.

2. [russiandcoundi.ru/inter/?id\\_4=283#top](http://russiandcoundi.ru/inter/?id_4=283#top)

3. <http://www.ekoguild.ru/dok/2008ekoedu.dok>

4. [www.val-s.narod.ru/rome4.htm](http://www.val-s.narod.ru/rome4.htm)

5. [www/ dissercat. Com/ cotent/ ekologicheskoe- obrazovanie- kak sredstvo-rasvitiya- ekologicheskogo soznaniya-lichnosti-studen](http://www.dissercat.com/cotent/ekologicheskoe-obrazovanie-kak-sredstvo-rasvitiya-ekologicheskogo-soznaniya-lichnosti-studen)



УДК 004:378

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

**Вялкова Н.С.**

*Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

*Представленные методические материалы возможно использовать для внедрения актуальных цифровых технологий в образовательный процесс.*

*Ключевые слова: цифровые отраслевые технологии, универсальные «сквозные» цифровые технологии, образовательный процесс, цифровизация.*

Знания и навыки, применяемые в сфере информационных и «сквозных» технологий, востребованных на рынке труда, необходимы в будущей профессиональной деятельности выпускника в рамках направления подготовки «Строительство».

Особую актуальность вопросы, изучаемые в курсе «Энергоэффективная тепловая защита зданий» имеют в свете реализации разработанной в Российской Федерации Энергетической стратегии на период до 2035 года.

Все большая цифровизация всех отраслей экономики, в том числе и строительства, диктует необходимость подготовки кадров умеющих оперировать информационными и «сквозными» технологиями. Дальнейшее развитие строительной отрасли в рамках перехода к концепции применения BIM-технологий требует от будущих специалистов компетенций в области аналитики и больших данных, симуляции, информационного моделирования тепловых режимов зданий, новых производственных технологий.

**Цифровые компетенции.**

Студенты будут знать процессы формирования теплового режима здания, методологию нормирования параметров теплового режима, принципы выбора комплекса средств по обеспечению теплового режима в помещениях различного назначения, основные направления и перспективы развития эффективной тепловой защиты зданий в системах nanoCad BIM и Renga BIM.

Студенты будут уметь обоснованно выбирать параметры теплового режима в помещениях и другие исходные данные для проектирования и расчета систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий, источников теплоснабжения, определять характеристики элементов ограждений, выбирать схемные решения с

применением специализированного программного обеспечения ТеплоOV, Уронор\_HSE.

Студенты будут владеть методами обеспечения теплового режима помещений, конструирования ограждающих конструкций с использованием специализированного программного обеспечения ТеплоOV, Уронор\_HSE, участвовать во внедрении результатов исследований и практических разработок с помощью совместной работы в Google Docs, Microsoft Office, навыком организации дискуссии и обсуждения в Яндекс Телемост, Webinar Meetings.

Узкоспециализированные цифровые отраслевые технологии: использование профессиональных статистических пакетов nanoCad BIM, Renga BIM, ТеплоOV, Уронор\_HSE.

Универсальные «сквозные» цифровые технологии: анализ больших данных (Big Data) в области эффективной тепловой защиты зданий, Яндекс Телемост, Webinar Meetings, iMind, Google Docs, и Microsoft Excel, Statistica, современные базы данных, включающие строительные нормы РФ, своды правил, национальные стандарты. В основу алгоритма расчета заложены методики расчета рекомендуемые при проектировании безнапорных водопропускных сооружений.

Типы данных: текстовые, числовые, графические.

Цель кейса: приобретение глубоких знаний по выбору конструктивных энергоэффективных решений для создания оптимальной тепловой защиты зданий, а также усвоение теоретических и практических основ проектирования, процессов различного назначения, связанных с этапами расчета конструкций наружных ограждений, с использованием специализированного программного обеспечения, участвовать во внедрении результатов исследований и практических разработок с помощью совместной работы в Google Docs, Microsoft Office, навыком организации дискуссии и обсуждения в Яндекс Телемост, Webinar Meetings.

Задачи кейса: научить магистранта современным методам проектирования, в том числе с использованием САПР, обеспечивающими получение эффективных проектных разработок, отвечающих требованиям перспективного развития отрасли, научить основным принципам информационного моделирования, навыкам анализа больших данных (Big Data).

Описание кейса: на основе современных баз данных, включающих строительные нормы РФ, своды правил, национальные стандарты, используя числовые и графические материалы изучить влажностный режим наружного ограждения; на примере специализированного программного обеспечения проверить на отсутствие конденсации водяно-



го пара на внутренней поверхности глади наружной стены и наружного угла, проанализировать вероятность возникновения зоны конденсации водяного пара в толще ограждения и разработать рекомендации по ее устранению.

Задания.

1. Сбор необходимых данных для заданного района застройки и заданной конструкции наружного ограждения с использованием современных баз данных, включающих строительные нормы РФ, своды правил, национальные стандарты.

2. Анализ данных (Big Data) в области эффективной тепловой защиты зданий.

3. Расчет теплового режима наружных ограждений с применением программного обеспечения ТеплоOV.

4. Построение стационарного температурного поля в наружном ограждении для зимних условий в системах nanoCad BIM или Renga BIM.

5. Расчет влажностного режима наружного ограждения (стены) с применением Microsoft Excel.

6. Построение зоны возможной конденсации водяного пара в ее толще в системах nanoCad BIM или Renga BIM.

7. Обработка результатов с использованием Statistica.

8. Внедрение результатов исследований и практических разработок с помощью совместной работы в Google Docs, Microsoft Office, дискуссии и обсуждения в Яндекс Телемост, Webinar Meetings.

Условия выполнения кейса: каждый магистрант разрабатывает индивидуальное задание и защищает его в виде презентации. Подготовка задания проходит последовательно, по мере изучения лекционного материала по данной дисциплине. Защита проводится в конце семестра на специально отведенном занятии как логическое завершение курса. Предусмотрена оценка знаний с помощью интерактивных заданий Wordwall - викторина «Игровое шоу».

#### **Библиографический список:**

1. Государственная программа РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на 2021–2023 годы».

2. Информационные технологии в строительстве: учебное пособие / составитель В. А. Шнайдер. — Омск : СибАДИ, 2019. — 110 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149537>.

3. Численные методы в информационных системах: учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, М. А. Ивановский [и др.]. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 135 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/64618.html>.

4.Акимов, П. А. Строительная информатика: учебное пособие. / Акимов П.А., Кайтуков Т.Б., Мозгалева М.Л., Сидоров В.Н. - Москва: Издательство АСВ, 2018. - 432 с. - ISBN 978-5-4323-0066-9. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300669.html>.



## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

### ГЕОТЕХНОЛОГИИ И ГЕОТЕХНИКА

<b>Яблонев А.Л., Щербакова Д.М.</b> Исследование интенсивности всасывания торфяной фрезерной крошки соплом с помощью мундштука.....	5
<b>Мисников О.С., Фомин К.В., Купорова А.В.</b> Принципиальная схема стилочной машины для технологии добычи гидрофобно-модифицированного кускового торфа.....	11
<b>Воронина И.Ю.</b> Определение областей применения подводных тоннелей произвольного поперечного сечения.....	17
<b>Кологривко А.А., Кузьмич В.А.</b> Устойчивость дамб расслохранилища Петриковского рудоуправления.....	23
<b>Цыбуленко П. В., Вершиловский В.А.</b> Оценка влагопоглощаемости уплотнённого торфяного грунта.....	30
<b>Мартынов А.А., Маркин В.А., Плотникова Ю.А., Майбенко Н.И.</b> К вопросу учета теплового фактора при проектировании вентиляции выемочных участков глубоких горизонтов угольных шахт.....	33
<b>Алексеева С.Ю., Лаптева С.Б., Мокроусова И.В.</b> Исследование кинетики водопоглощения торфа в зависимости от начального влагосодержания и степени дисперсности.....	40
<b>Kologrivko, A. A., Kuzmich, V. A., Tsimafeyeva, Yu. V.</b> Analysis of consequences and effects of geomechanical processes on displacement of points of surveying support networks at potash plants.....	45
<b>Портнова А. В.</b> Строительство рудоспусков с применением буровзрывной технологии проходки и оценка влияния БВР на окружающий грунтовый массив и соседние выработки.....	49
<b>Басалай Г.А.</b> Динамическая модель привода бермовых фрез и отрезных коронок проходческого комбайна с соосными роторами.....	54
<b>Майоров Е.Д., Ленковец О.М.</b> Развитие горного дела в условиях цифровизации.....	59
<b>Пылаев И. А., Ерофеева Н. В.</b> Краткая методика определения сопротивления движению карьерного автосамосвала.....	63
<b>Гридневский А.В.</b> Историко-геологические предпосылки опасных инженерно-геологических процессов на территории города Ростова-на-Дону.....	66

	Стр.
<b>Музанг А. Касонг, Прокопов А.Ю.</b> Особенности инженерно-геологических и гидрогеологических условий г. Киншаса (ДР Конго) и борьба с опасными геологическими процессами.....	71
<b>Прокопов А. Ю., Еганян Г.В., Кузнецов В.О.</b> Несущая способность одиночных вертикально нагруженных шпунтовых свай.....	79
<b>Фомин К.В., Крылов К.С., Морозихин Н.Н.</b> Анализ напряженно-деформированного состояния режущего элемента машины глубокого фрезерования МТП-42.....	85
<b>Фомин К.В., Морозихин Н.Н.</b> Динамическая модель экспериментальной установки для изучения процессов фрезерования торфяной залежи.....	91
<b>Должиков П.Н., Талалаева В.М., Легостаев С.О.</b> Анализ причин деформирования зданий на гидроактивизированных подработанных территориях.....	96
<b>Пухова О.В.</b> Исследование подвижности гуминовых веществ торфа при получении торфяных удобрений в результате физикохимического воздействия.....	101
<b>Анциферов С.В., Деев П.В., Трещева О.В.,</b> Разработка математической модели взаимодействия обделок тоннелей, сооружаемых с применением защитного экрана из труб, с массивом грунта.....	109
<b>Зубченко С.А., Домнин П.А., Ленковец О.М.</b> Цифровизация и применение современных технологий при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых	116
<b>Саммаль А.С., Деев П.В., Копылов А.Б., Старых М.В.</b> Математическое моделирование напряженно – деформированного состояния целиков между параллельными выработками, сооружаемыми под слоем пород с другими деформационными характеристиками.....	122
<b>Маркин И.В.</b> Особенности проектирования и расчета анкерной крепи при ремонте и восстановлении горных выработок.....	127
<b>Анциферов С.В., Кудрявцев М.А., Дворянкин В.Г.</b> Разработка программного обеспечения визуализации зон неупругих деформаций грунта вокруг выработки, пройденной вблизи склона.....	132
<b>Кириенко Ю.А.</b> Охрана крепи сопряжения шахтного ствола, пройденного в солях.....	142

	Стр.
<b>Анциферов С.В., Феклин А.А., Залесский К.Е., Зинченко А.В.,</b> Компьютерное моделирование напряженного состояния обделок двух параллельных тоннелей, сооруженных с применением предварительного укрепления грунта вблизи склона.....	146
<b>Горячев В.И., Яблонев А.Л., Щербакова Д.М.</b> Конструкторско-технологическое обоснование производства тепличного грунта и гумусового концентрата механическим обезвоживанием торфяного сырья.....	156
<b>Абдулина Е. Т., Бондаренко И.С.</b> Методика прогнозирования деформаций и смещений земной поверхности в процессе добычи полезных ископаемых.....	162
<b>Аль-Екаби Хаки Хади Аббуд, Прокопов А.Ю.</b> Анализ методов обеспечения устойчивости склонов, применяемых в республике Ирак.....	170
<b>Столбикова Г.Е., Черткова Е.Ю., Купорова А.В.</b> Исследование мероприятий по сохранению качества и количества торфа при хранении.....	181
<b>Яконовская Т.Б.</b> Эволюция понятия «рациональные технологии разработки месторождений» в торфодобывающей отрасли.....	188
<b>Бельская Г.В., Кляусова Ю.В., Малькевич Н.Г.</b> Некоторые технологические особенности получения биогаза.....	192
<b>Голембо О.Д.</b> Концепция безлюдной технологии сооружения вертикальных выработок способом бурения.....	198
<b>Паринов Д.С., Давыденко А.П.</b> Анализ способов экспериментальной оценки напряженно- деформированного состояния бетонной крепи горных выработок.....	202
<b>Горбатова Е.А., Колесатова О.С.</b> Анализ факторов, влияющих на устойчивость бортов карьеров.....	207
<b>Апарин А.Г., Сидоренко А.А.</b> Обеспечение своевременной подготовки выемочных столбов при интенсивной подземной угледобыче.....	213
<b>Дара Колесатова О.С., Нураева Ю.А.</b> Организация маркшейдерских наблюдений за устойчивостью откосов разреза Тюльганского месторождения .....	217
<b>Дарабаев Д.Д., Медведева К.Е.</b> Исследование точности сбойки в горных выработках между двумя шахтами.....	221
<b>Поликарпова Н.Н.</b> Изучение торфа и нефти с применением IT технологии.....	226

<b>Яцыняк С.Д., Ермолович Е.А., Сеница И.В., Пономаренко К.Б.</b> Усовершенствование технологии бурения разгрузочной щели при оценке НДС породного массива.....	233
---	-----

## **СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**

<b>Прокопов А.Ю., Чжан Юань</b> Особенности проектирования и возведения фундаментов уникальных зданий с заглубленной подземной частью в КНР.....	239
<b>Прохорова А.В., Сычева Т.Н., Прохоров П.Д.</b> Варианты моделирования коррозионных процессов для железобетонных конструкций.....	246
<b>Чигинская И.А., Теличко В.Г., Чигинский Д.С.</b> К решению связанной задачи термомеханического изгиба конструкций из изотропных разносопротивляющихся материалов методом конечных элементов.....	251
<b>Прокопов А.Ю., Акопян В.Ф., Акопян А.Ф., Бергер И.А.</b> Специфика работы железобетонных винтовых свай периодического сечения при воздействии горизонтальной нагрузки.....	255
<b>Теличко В.Г., Куриен Н.С.</b> Прогрессирующее разрушение железобетонного каркаса здания от аварийного взрывного воздействия.....	263
<b>Жур В.Н., Невмывака Т.П.</b> Технологии строительства зданий на просадочных грунтах на примере Ростовской области.....	270
<b>Гордеев М.Н., Делягин М.Ю.</b> Оптимизация типовой анкерно-угловой опоры 110 кв с помощью российского программного комплекса STARK ES.....	275
<b>Кречко Н.А., Евсеева Е.А.</b> Модификация дорожного цементогрунта.....	281
<b>Кастырина А.А., Чигинский Д.С.</b> ВМ-технологии при проектировании как инструмент обеспечения надежности.....	284
<b>Кузнецова В.О.</b> Учет влияния кинетики водородосодержащей среды на напряжённо- деформированное состояние цилиндрической оболочки из титанового сплава.....	289
<b>Барковская С.В., Хрунов Е.Е.</b> Влияние мелкого заполнителя и поверхностно-активных веществ на свойства мелкозернистого бетона.....	297
<b>Барковская С.В., Терехова Л.О.</b> Определение эффективности использования боя стекла в составе композиционного гипсового вяжущего.....	301

	Стр.
<b>Трещев А.А. Савичев В.А.</b> Математическая модель НДС толстостенной бесконечной цилиндрической трубы, выполненной из композитного материала.....	306
<b>Хрипович А.А., Благовещенская Т.С.</b> Использование RDF-топлива при производстве цемента.....	314
<b>Абдукадиров Ф.Б., Мирисаев А.У., Саттаров З.М.</b> Влияние строения и структурной топологии целлюлозосодержащих строительных материалов на их огнезащитные характеристики.....	320
<b>Ванян М.Р., Теличко В.Г.</b> Моделирование снеговых нагрузок, приложенных к покрытиям с уникальной архитектурной формой.....	325
<b>Жуманова С.Г., Рахимбабаева М.Ш., Саттаров З.М.</b> <b>Мухамедгалиев Б.А.</b> Синтез и исследование механизма огнезащиты полимерных материалов.....	329
<b>Муродов Б.З., Саттаров З.М.</b> Некоторые возможности производства реагентов для буровых растворов на основе отходов и вторичных ресурсов.....	334
<b>Муродов Б.З., Мухамедов Н.А., Саттаров З.М.</b> Эффективные добавки нового поколения из техногенных отходов для модификации цементных композиции.....	339
<b>Makhmanov D.M., Abduvaliev A.A., Khakimov A.M.</b> Development efficient additive on base local resource.....	342
<b>Мухамедов Н.А., Муродов Б.З.</b> Добавки нового поколения на основе техногенных отходов для повышение прикладных свойств цементных композиции.....	347
<b>Мухамедов Н.А., Хасанова О.Т., Саттаров З.М.</b> Повышение огне- и жаропрочности бетонных конструкции добавками нового поколения на основе техногенных отходов.....	352
<b>Абдукадиров Ф.Б., Жалолов У.Х.</b> Синтез и исследование свойств новых антипиренов на основе отходов.....	356
<b>Абдувалиев А.А., Махманов Д.М., Жуманова С.Г.</b> Новый формат присадок, с улучшенными свойствами.....	360
<b>Матвеева В.И.</b> Использование металлургических шлаков в различных отраслях промышленности.....	3651
<b>Меженцев А.А.</b> Получение наночастиц гидроксида магния и исследование возможности использования его в качестве антиперена.....	372
<b>Гранков И.Н., Копылов А.Б.</b> Коррозия металлических конструкций.....	375

<b>Чеботарев П.Н., Ветрянщиков И.А.</b> Перспективы развития автоматизации строительных машин.....	380
<b>Дюкова Д.О., Копылов А.Б.</b> Технология на базе искусственного интеллекта. Генеративный дизайн.....	384
<b>Головин К.А., Кудряшов М.А., Хасьянов В.А.</b> Гидроструйная цементация и искусственные грунтобетонные пространственные структуры.....	387

**ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ,  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ**

<b>Исаев А.С, Корнилов И.В.,</b> Выбор нейросетевого алгоритма для прогноза суточного графика электрической нагрузки.....	392
<b>Жданов В.Г., Логачева Е.А., Ярош В.А., Ивашина А.В.</b> Применение инфракрасной диагностики для испытания устройств электроснабжения электротехнической лабораторией.....	399
<b>Жданов В.Г., Логачева Е.А., Ярош В.А., Ивашина А.В.</b> Совершенствование деятельности электротехнической лаборатории для испытания устройств электроснабжения.....	405
<b>Логачева Е.А., Ярош В.А., Жданов В.Г., Ассонфак Ассонго, Белоусов В.Е.</b> Опыт применения тепловизионного диагностирования в системе электроснабжения новороссийска.....	409
<b>Логачева Е.А., Жданов В.Г., Ярош В.А., Мохамед М.О., Рефаат А.М., Ивашина А.В.</b> Использование термической сушки и обеззараживания семян сельскохозяйственных культур СВЧ энергией в зерноскладе.....	414
<b>Ярош В.А., Логачева Е.А., Жданов В.Г., Ивашина А.В., Ассонфак Ассонго П. Р.</b> Использование геoinформационных систем для решения расчетно-аналитических задач в электроэнергетике.....	417
<b>Ярош В.А., Логачева Е.А., В.Жданов В.Г., Ивашина А.В., Кирхели Хосейн</b> Системы электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения.....	422
<b>Гусева А.М., Иванов А.А., Чуб М.Е.</b> К вопросу модернизации котельного оборудования в современных условиях.....	426
<b>Курбатов Н.П., Яблонев А.Л., Щербакова Д.М.</b> Сопоставление роста цен на предоставление услуг централизованного теплоснабжения и ГВС.....	429



	Стр.
<b>Иванов А.А., Гусева А.М.</b> Возможности и перспективы использования местных видов топлива на теплоэлектростанциях города Твери.....	432
<b>Солодков С.А.</b> Расчет газового периодического отопления.....	437
<b>Сальников Б.Ф., Халилова А.И.</b> Методика увязки трубопроводов водоотводящих сетей по высоте при проектировании продольного профиля.....	442
<b>Сальников Б.Ф., Евгранов Д. А.</b> Обоснование конструкций применения разделительных камер на сетях перед аккумулирующими дождевыми резервуарами.....	444
<b>Корнеева Н.Н., Хорошилова А.Д.</b> Влияние качества воды природных источников на работу систем.....	446
<b>Логачёва В.М., Коровин Н.А.</b> Обоснование электрометрического прогнозирования аномальных зон для обеспечения экологически безопасной отработки угольных массивов.....	453
<b>Ковалев Р.А., Ракша А.И.</b> Индивидуальный вихревой кондиционер как средство индивидуальной защиты горнорабочих.....	459
<b>Белоусов Р.О., Ковалев Р.А.</b> Программная оболочка «Гидравлический расчет безнапорных труб и каналов».....	461
<b>Зеленухо Е.В.</b> Использование соломы рапса в энергетических целях.....	465
<b><u>ГЕОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ</u></b>	
<b>Двизова А.Е., Бельская Г.В.</b> Управление водными ресурсами республики Беларусь в условиях глобального потепления климата.....	470
<b>Лаптёнок С.А., Кологривко А.А., Хорева С.А., Кляусова Ю.В., Родькин О.И., Лазар И.В.</b> Сравнение результатов корреляционного анализа и расчета уровней конкордации при оценке воздействия на состояние здоровья населения некоторых геоэкологических факторов.....	475
<b>Вакунин Е.И., Коряков А.Е.</b> Проведение мониторинговых исследований загрязнения атмосферы в районе рекультивированного полигона ТБО.....	483

	Стр.
<b>Вакунин Е.И., Коряков А.Е.</b> Мониторинг эмиссии метана из тела рекультивированного полигона твердых бытовых отходов.....	488
<b>Абдувалиев А.А., Наджмутдинова Н.А., Жуманова С.Г.</b> Оптимизация свойств ионитов для очистки промышленных сточных вод методом МатЛаб.....	492
<b>Скуратович И.В.</b> Аспекты минимизации образования и воздействия сточных вод промышленных предприятий на окружающую среду.....	497
<b>Лаптёнок С.А., Кологривко А.А., Хорева С.А., Кляусова Ю.В., Синкевич Ю.Д., Родькин О.И.,</b> Дискретное пространственное моделирование динамики заболеваемости социально значимыми нозологиями.....	500
<b>Хрипович А.А., Благовещенская Т.С.</b> Применение методики оценки жизненного цикла продукции и экодизайна для управления воздействиями на окружающую среду.....	505
<b>Старцева А.А.</b> Способы очистки содесодержащих стоков нефтеперерабатывающего завода от сероводорода и методы его утилизации.....	508
<b>Панарин В.М., Маслова А.А., Трещев Д.В.</b> Система автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.....	515
<b>Панарин В.М., Маслова А.А.</b> Система экологического мониторинга, моделирования и прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха промышленно развитых территорий.....	522
<b>Козырь Д.А., Заблоцкая Е.В.</b> Снижение загрязнения атмосферного воздуха на Снежняном машиностроительном заводе.....	529
<b>Панарин В.М., Рылеева Е. М., Сергеева Е.В.</b> Исследование загрязнения поверхностных водных объектов Тульской области сточными водами промышленных предприятий.....	534
<b>Зияева М.А., Мавлянова М.Э., Абдурахимов А.А.Нажмутдинова Н.А.</b> Разработка новых адсорбентов для очистки сточных вод нефтегазовой промышленности.....	542
<b>Панарин В.М., Рылеева Е. М., Сергеева Е.В.</b> Экологический мониторинг природных вод Тульской области на примере реки Упа.....	545
<b>Гулько С.Е., Гомаль И.И.</b> Каталог участков земной поверхности, подвергающихся техногенному влиянию действующих и ликвидированных шахт Торезско-снежнянского района ДНР.....	553

	Стр.
<b>Жур В.Н., Михайлюков Д.Ю.</b> Применение антропогенных грунтов в земляном строительстве.....	560
<b>Адоньев Н.А., Прокопов А.Ю.</b> Анализ состояния проблемы берегоукрепления на примере черноморского побережья Кавказа.....	565
<b>Бурдова М.Г., Митракова К. А.</b> Коагулянты взамен биологической очистке сточных вод на ОСК «Косая гора».....	569
<b>Abduvaliev A.A., Najmutdinova N.A., Mukhamedgaliev B.A</b> Synthesis and characterization of new ionits for decision of the problems peelings sewage.....	575
<b>Хадарцев А.А., Волков А.В.</b> Прогноз динамики заболеваемости Covid-19 в контексте влияния окружающей среды на здоровье человека и состояние общества.....	580
<b>Хадарцев А.А., Волков А.В.</b> Сопряжение динамики военно-политических исков с тенденциями изменения климата.....	591
<b>Ракша А.И., Ковалев Р.А.</b> Условия охраны труда горнорабочих и средства индивидуальной защиты.....	601
<b>Киреева А.С., Ковалев Р.А.</b> Влияние антропогенного воздействия на качество вод бассейнов рек Оки и Дона Тульской области.....	602
<b>Ковалев Р.А., Селиверстов Г.В., Киреева А.С.</b> Возможности и достоинства технологии обработки в аппаратах с перекрещивающимися магнитными полями применительно к утилизации биоотходов животноводческих комплексов.....	609
<b><u>КАДАСТР, ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ</u></b>	
<b>Rakhimbabaeva M.Sh., Kamalova D.M.</b> Some of the problems a complex of measures for improving the cadastre valuation of agricultural lands.....	616
<b>Венглинская О.А., Устинова Е.А.</b> Формирование лесомелиоративных полос и их кадастровый учёт.....	621
<b>Тесаков Н.Е.</b> Особенности государственной кадастровой оценки земельных участков, расположенных в границах зон с особыми условиями использования территорий.....	627
<b>Егорова Т.А., Кургузова А.Д.</b> Дифференциация реестровых ошибок, содержащихся в ЕГРН.....	631

<b>Дикова Е.Г., Мазурова А.А.</b> Анализ тенденций цифровой трансформации кадастрового производства.....	634
<b>Лукашина А.А., Король В.В.</b> Постановка индивидуального жилого дома на государственный кадастровый учет в рамках программы «дачная амнистия».....	638
<b>Даильнева Н.А., Король В.В., Копылов А.Б.</b> Определение среднего расчетного размера земельной доли и установление ее фактического размера в хозяйстве с учетом дифференцированного среднего размера земельной доли в хозяйстве...	642
<b>Цыганова А.А. Ионас Е.Л.</b> Правовой режим заповедников в РБ.....	647
<b>Рожков В.Ф., Соколова С.С.</b> Реинжиниринг производственных процессов строительной организации.....	651
<b>Яконовская Т.Б.</b> Макроэкономическая прогнозная модель развития торфяной отрасли...	658
<b>Соколова С.С., Рожков В.Ф.</b> Моделирование бизнеса строительной организации.....	663
<b>Чекулаев В.В., Царенкова И.И., Матюшкин Н.Р.</b> Районирование территории мо Тула по фактору карство-суффозионных процессов.....	671
<b>Костенко Ю.А., Артемов Н. Г.</b> Комплексная оценка социально-экономического развития Тульской области.....	680
<b>Колесатова О.С., Нураева Ю.А.</b> Организация маркшейдерских наблюдений за устойчивостью откосов разреза Тюльганского месторождения.....	688
<b>Басова И.А., Иватанова Н.П., Селиванкин Н.В.</b> Остаточное загрязнение почвы радионуклидами как фактор оценки жизнеобеспеченности земель сельскохозяйственного назначения.....	693
<b>Басова И.А., Иватанова Н.П., Копылов А.Б.</b> К вопросу о мобилизационной стратегии в природопользовании.....	699

## **ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

<b>Копенкина Л.В.</b> Образовательный и научный потенциал торфяного музея: история и современный опыт.....	706
<b>Мокроусова И.В, Лаптева С.Б, Алексеева С.Ю.</b> Летняя учебная геологическая практика со студентами специальности «Горное дело».....	711

	<b>Стр.</b>
<b>Теличко В.Г.</b> Опыт обучения строительному проектированию с использованием симуляторов деятельности в среде современных систем автоматизированного проектирования.....	718
<b>Бородкин Н.Н., Белякова Е.В., Чернецова Е.А.</b> Изучение графических дисциплин как основа формирования пространственных компетенций у обучающихся.....	725
<b>Бородкин Н.Н., Белякова Е.В., Чернецова Е.А., Назаров А.П.</b> Методика использования графической подготовки студентов на основе 3D-геометрического моделирования.....	729
<b>Кошелева А.А.</b> Интеграция экологии в систему дизайн-образования .....	733
<b>Холопова Л.А.</b> Экологическое образование и экономические вызовы.....	739
<b>Вялкова Н.С.</b> Использование цифровых технологий в учебном процессе.....	741

---

---

**Научное издание**

18 я Международная конференция по проблемам горной промышленности,  
строительства и энергетики

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭНЕРГЕТИКИ**

**Материалы конференции**

**Компьютерное редактирование и верстка Копылов А.Б.**

Изд.лиц. ЛР №020300 от 12.02.97. Подписано в печать 24.10.22.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 37,5. Уч.-изд. л. 32,24. Тираж 100 экз. Заказ

Тульский государственный университет.

300600, г. Тула, просп. Ленина, 92.

Отпечатано в Издательстве

Тульского государственного университета.

300600, г. Тула, просп. Ленина, 95