



Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет

ГОРНОЕ ДЕЛО: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

Сборник материалов
I Международной научно-практической конференции,

Белгород, 24–25 апреля 2025 года

2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»

**ГОРНОЕ ДЕЛО:
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЕ**

Сборник материалов
I Международной научно-практической конференции,
Белгород, 24–25 апреля 2025 года



Белгород 2025

УДК 622+556+504.06+378.14

ББК 33+26.88

Г 67

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом института наук о Земле
НИУ «БелГУ» (протокол № 1 от 07.05.2025)

Рецензенты:

Д.А. Зайцев, кандидат технических наук,
доцент кафедры прикладной геологии и горного дела НИУ «БелГУ»;

С.С. Серый, кандидат технических наук,
генеральный директор ОАО «ВИОГЕМ»

Г 67 Горное дело: новые технологии и образование : сборник материалов I Международной научно-практической конференции, Белгород, 24–25 апреля 2025 года / под ред. А.Г. Нарожней. – Белгород : ЦПП ИД БелГУ НИУ «БелГУ», 2025. – 164 с. – URL : <http://dspace.bsuedu.ru/handle/123456789/65455>. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-9571-3918-8

В сборнике материалов научной конференции рассматриваются вопросы современного развития горной науки и технических средств с применением цифровых технологий для решения комплекса задач осушения месторождений, обеспечения водными ресурсами промышленных объектов и регионов, геомеханического обеспечения безопасности ведения открытых и подземных горных работ и обогащения полезных ископаемых, а также внедрение в практику новых образовательных технологий для подготовки горных инженеров, геологов, экологов, специалистов в области охраны труда и промышленной безопасности.

Сборник рассчитан на широкий круг научных работников, специалистов-экологов, преподавателей высшего и среднего образования, аспирантов и всех интересующихся экологической проблематикой.

Минимальные системные требования

Yandex (20.12.1) или Google Chrome (87.0.4280.141) и т. п.
скорость подключения – не менее 5 Мб/с, Adobe Reader и т. п.

УДК 622+556+504.06+378.14

ББК 33+26.88

ISBN 978-5-9571-3918-8

© НИУ «БелГУ», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Горное дело и разработка месторождений твердых полезных ископаемых	6
Верейтин Н. А. Анализ изучения физико-технологических характеристик аллювиальных песков на участке возле с. Принцевка (Белгородская область).....	6
Власов Н. С. Инновационные технологии в буровзрывном деле: применение автоматизированных систем управления для повышения безопасности и эффективности горных работ	10
Голубничий Д. В. Анализ параметров переборов пород и руд при проходке выработок и слоевых заходов на руднике Яковлевского ГОК.....	15
Ермолович Е. А., Овчинников А. В., Гавриш В. О. Влияние компрессионной нагрузки на проницаемость рудного массива	20
Ермолович О. В. Влияние резинового порошка на величину относительной деформации усадки твердеющего закладочного массива	26
Зайцев Д. А., Донецкий С. В., Верейтин Н. А. Опыт участия в развитии сферы недропользования на территории Белгородской области	31
Квачев В. Н., Леонтьева Е. В. Современные требования к гидрогеологическому обеспечению горнодобывающих предприятий	36
Крючков И. С., Агарков И. Б., Стороженко Е. А. Расчет параметров БВР на основе показателей энергоемкости бурения	40
Кушнерчук В. В., Хаустов В. В. О развитии подземного дренажного комплекса АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева».....	44
Умрихина В. Ю. Динамические колебания блока кровли: анализ и моделирование.....	49
Экономические проблемы недропользования	53
Мининг С. С. Геологическая деятельность и недропользование в современных условиях	53
Геоэкология	58
Боровлев А. Э. К вопросу учета и нормирования выбросов многокомпонентной пыли металлургического производства.....	58

Васильев Н. А. Применение цифровых технологий в управлении лесными территориями для рекреационных целей на примере Прохоровского района Белгородской области	63
Голеусов П. В. Опыт создания карбоновых ферм на промышленных землях ЛГОК	70
Дитяткина Д. В. Роль и место городских парков в общественном пространстве города Белгорода.....	72
Донецкий С. В. Перспективы использования вскрышных и вмещающих пород в условиях изменения законодательства	78
Коломейцева Я. В. Оценка ландшафтного и биологического разнообразия Лапландского государственного биосферного заповедника как ключевой территории Русского севера.....	82
Палтышева Е. В. Кольское заполярье в туристическом пространстве Русского севера (на примере Мурманской области)	88
Скрипка А. А., Хаустов В. В. О причинах роста жёсткости воды на водозаборе «Чернь» АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева».....	92
Тараненко С. В. Анализ транспортной инфраструктуры города Белгорода и перспективы организации альтернативных веломаршрутов.....	97
Ткачев Е. В., Татаринцев Р. Ю. Анализ пожарной обстановки на землях лесного фонда на территории Белгородской области с 2018–2023 гг.	102
Эльман К. А. Специфика экологического мониторинга на действующих и закрытых участках горных работ.....	107
Мониторинг природных и природно-техногенных геосистем	111
Коржова Д. Г., Квачев В. Н., Леонтьева Е. В. Реконструкция и ретроспективный анализ системы мониторинга меловых подземных вод в северо-восточной части Донецко-Донского артезианского бассейна	111
Лепетюха Д. С., Храмцов Б. А., Лубенская О. А. Разработка программного обеспечения для расчета напряжений в массиве горных пород способом кольцевой щели.....	116
Нкунзимана Б., Хакешимана Ж. К. Типизация горно-геологических условий золоторудных месторождений Республики Бурунди.....	120

Полетаев А. О. Мониторинг процесса ренатурации растительного покрова на вскрышных породах горнорудных производств (на примере отвалов мелко-мергельных пород СГОК).....	125
Хакешимана Ж. К., Нкунзимана Б. Оценка горно-геологических условий месторождений никелевых руд в Республике Бурунди	132
Хуан Лихуа. Возможности космического зондирования для оценки изменений смешанных классов наземного покрова в зоне влияния железорудных карьеров Белгородской области	139
Флоран Б., Зайцев Д. А., Вереитин Н. А. Особенности распространения полезных ископаемых на территории Республики Конго (столица Браззавиль).....	144
Геоинформационные технологии и дистанционное зондирование в недропользовании	147
Бакланов Р. Р. К вопросу о способах уточнения геологической модели при проведении инженерно-геологических изысканий.....	147
Быхалов Э. Ю., Квачев В. Н., Леонтьева Е. В. Гидрогеологические особенности меловых подземных вод в северо-восточной части Донецко-Донского артезианского бассейна и их использование для целей водоснабжения	152
Образовательные технологии при подготовке горных инженеров	157
Игнатенко И. М., Полякова Т. А. Высшая инженерная школа НИУ «БелГУ».....	157
Щербинин Ю. В. Современные образовательные технологии при подготовке горных инженеров	160



ГОРНОЕ ДЕЛО И РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 553.623

АНАЛИЗ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПЕСКОВ НА УЧАСТКЕ ВОЗЛЕ С. ПРИНЦЕВКА (БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Вереитин Н. А.

Nikita.Verik@yandex.com

*Научный руководитель: Зайцев Д. А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Белгород, Россия*

В данной статье на основании проведенных полевых работ, лабораторного изучения и статистической обработки данных рассмотрены физико-технологические свойства аллювиальных песков, пригодных для использования в качестве строительных. Охарактеризованы модуль крупности, содержание пылевидных и глинистых частиц, а также принадлежность к определенному классу. Проведен анализ возможности использования сырья для строительных работ, распределение свойств по площади изучения и перспективность выемки данных запасов.

Ключевые слова: песок, модуль крупности, пылевидные и глинистые частицы, надпойменная терраса, продуктивная толща, глинистость пород, класс, группа песка.

В настоящее время добыча общераспространенных полезных ископаемых активно развивается в различных регионах России. Белгородская область имеет высокий потенциал в производственных и научно-технических отраслях, что позволяет самостоятельно вести разработку новых месторождений, использовать полученное сырье для изготовления строительных смесей, создания дорожного полотна и использования в качестве мелкого заполнителя при осуществлении закладочных работ в горнодобывающей промышленности. Для поддержания признанных ведущих позиций региона требуются опережающее развитие собственной минерально-сырьевой базы, поиск и изучение перспективных участков скопления полезных ископаемых.

Важным аспектом при возведении инженерных сооружений является соблюдение рационального природопользования и бережливого производства. В соответствии со статистическими данными стоимость заполнителя может варьироваться от 30 до 50 % и выше, от затрат на бетонные и капитальные конструкции. Отсюда появляется необходимость использования



доступных месторождений песков, использование которых уменьшат затраты на транспортировку и ускорят темпы строительства. Данные возможности могут быть обеспечены регионом, так как запасы распределены по всей территории, за исключением западных и части южных районов где их меньше, но возможность нахождения и на этих территориях не исключается [1].

На участке левого берега р. Оскол возле с. Принцевка Белгородской области, в рамках геологического изучения проявлений песка проведено бурение 7 разведочных скважин. В соответствии с требованиями ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» проанализированы рядовые пробы песка и получены следующие данные изменения модуля крупности (рис. 1) и содержания глинистых частиц (рис. 2) по скважинам для необводненной и обводненной частей геологического разреза.

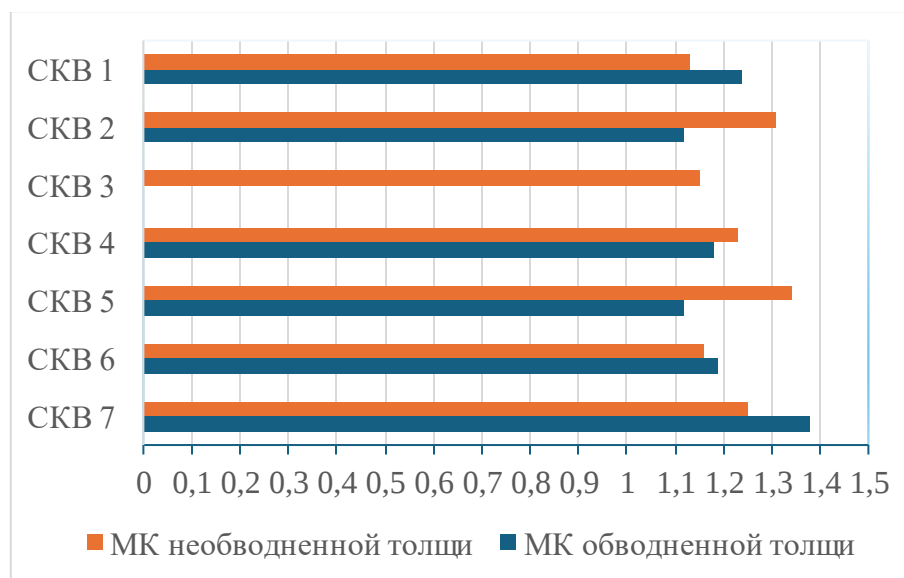


Рис. 1. Значения модуля крупности для необводненной и обводненной толщи по скважинам

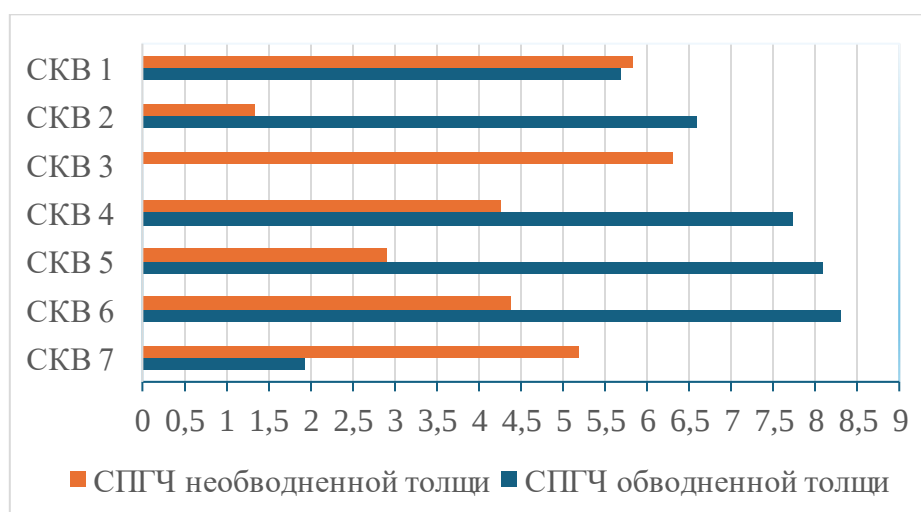


Рис. 2. Содержание пылевидных и глинистых частиц для необводненной и обводненной толщи по скважинам



В разрезе, изученные аллювиальные пески разделены на две части: необводненную и обводненную. Подстилается песчаная толща глинами и элливиальными мергелистыми отложениями. Выделение полезной толщи для потенциальной разработки в основном производится на основе модуля крупности и содержания пылевидных и глинистых частиц. Следует отметить неоднородную конфигурацию слоев полезной толщи. Данная особенность характерна для всего участка и вызвана зависимостью увеличения модуля крупности от уменьшения содержания глинистых частиц и наоборот. При этом важно учитывать уровень грунтовых вод, относительно которого отчетливо изменяются изучаемые показатели [2].

Пески полезной толщи отнесены ко второму классу качества из двух возможных, причем вся толща представлена очень мелким песком. Если рассмотреть разрез по одной из скважин, в которой в толще песка есть прослой глины 0,4 м, то содержание глинистых частиц возрастает в два раза под этим прослоем, хотя во всей толще данных частиц порядка 4 %. Также замечено, что в скважинах где грунтовые воды находятся на большей глубине глинистых частиц становится больше. Это связано с меньшим удельным весом глинистых частицы, из-за чего им легче удерживаться в водном растворе и не выпадать в осадок. Как следствие, в краевой восточной части участка, в северо-восточном направлении содержание глинистых частиц значительно уменьшается, а модуль крупности увеличивается (рис. 3 и рис. 4). Еще одним подтверждением изменения глинистости и модуля крупности можно считать постоянные прослои и линзы глин, определенные в процессе бурения, которые значительно изменяют содержание. Также увеличение и уменьшение значений замечено с распространением по площади участка. Объект находится на территории второй надпойменной террасы, из-за чего с продвижением на север полезная толща необводненных и обводненных песков увеличивается из-за возрастания гипсометрических отметок рельефа.

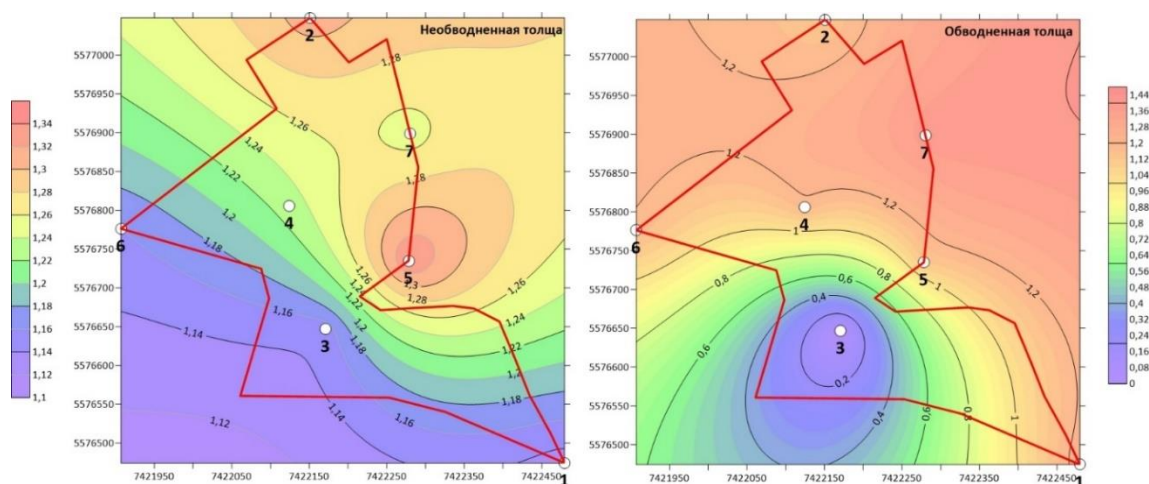


Рис. 3. Карты распределение модуля крупности

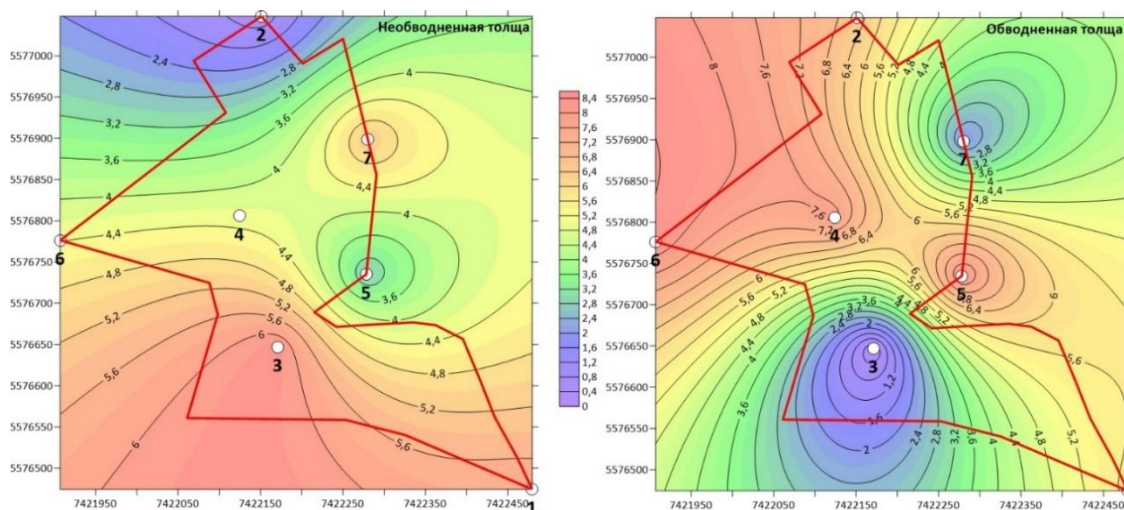


Рис. 4. Карты распределение содержания пылевидных и глинистых частиц

Тенденция к улучшению качества песка заметна и по ранее представленным картам, где модуль крупности и гипсометрические отметки рельефа возрастают, а содержание глинистых частиц уменьшается в северном направлении и северо-восточном [3, 4].

Дальнейшая добыча и расширение действующего карьера возможно в северном и восточном направлении в районе лесного массива «Овчинниковы сосны». Главным фактором разработки будут требуемые технологические свойства и область применения песка, так как сырье относится ко второму классу и очень мелкой группе песка. Наибольший интерес представляют необводненные пески с низкой глинистостью и более высоким модулем крупности. В северном направлении отметки рельефа увеличиваются, а полезная толща и уровень грунтовых вод находятся на одной глубине из-за чего сухих песков будет больше. Также решающим показателем будут особенности гидрогеологических условий и возможность использования новых земельных участков.

Список литературы

1. Аляева А.Р. Влияние крупности песка на эффект пластификации добавок // Молодой ученый. – 2023. – № 22 (469). – С. 73-76.
2. Дурдыева О. Основные методы обработки песка: технологические и экологические аспекты // Мировая наука. – 2024. – № 11(92). – С. 52-55.
3. Петин А.Н., Фурманова Т.Н., Петина М.А. Геоэкологические проблемы добычи общераспространенных полезных ископаемых в Белгородской области // Горный журнал. – 2015. – № 8. – С. 61-63.
4. Чернистова Е.С., Денисова, Ю.В., Сергеев, С.В. Статистический анализ качества песка при геологической разведке нового месторождения // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. – 2012. – № 2. – С. 37-40.



УДК 629.039.58

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В БУРОВЗРЫВНОМ ДЕЛЕ: ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ

Власов Н. С.

vlasov.nikita@icloud.com

*Научный руководитель: Тюпин В. Н., профессор кафедры прикладной
геологии и горного дела*

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет г. Белгород, Российская Федерация,
ООО «Яковлевский ГОК» п. Яковлево, Российская Федерация*

В статье рассматриваются инновационные технологии в буровзрывном деле, с акцентом на применение автоматизированных систем управления для повышения безопасности и эффективности горных работ. Описываются современные автоматизированные системы, такие как системы управления бурением, контроль взрывчатых веществ и дроновые технологии, а также их влияние на снижение рисков для работников и улучшение условий труда. Автоматизация процессов позволяет не только минимизировать травматизм и повысить производительность, но и снизить затраты на эксплуатацию оборудования. Приведены примеры успешного внедрения автоматизированных систем на горных предприятиях, подтверждающие их эффективность. В заключение подчеркивается необходимость дальнейшего развития автоматизации в горной отрасли для обеспечения устойчивости и безопасности.

Ключевые слова: инновационные технологии, автоматизированные системы управления (АСУ), буровзрывные работы, безопасность труда, эффективность горных работ.

Буровзрывные работы являются неотъемлемой частью горной отрасли, обеспечивая добычу полезных ископаемых и создание инфраструктуры. С увеличением требований к безопасности и эффективности, а также с ростом конкуренции на рынке, внедрение инновационных технологий становится необходимым. Одним из наиболее перспективных направлений является автоматизация процессов буровзрывных работ. Данная статья посвящена анализу современных автоматизированных систем, их влиянию на безопасность и эффективность работ, а также примерам успешного применения таких технологий на горных предприятиях.

Современные автоматизированные системы управления (АСУ) в буровзрывном деле представляют собой важный шаг вперед в области



технологий, обеспечивающих безопасность и эффективность горных работ. Эти системы включают в себя множество инновационных технологий, каждая из которых играет свою уникальную роль в оптимизации процессов и снижении рисков [1]. Рассмотрим подробнее основные компоненты таких систем.

1. Системы управления бурением.

Системы управления бурением являются ключевым элементом автоматизации процессов в буровзрывном деле. Они позволяют осуществлять контроль за процессом бурения в реальном времени, что дает возможность оперативно корректировать параметры, такие как скорость бурения, давление и угол наклона. Это не только повышает эффективность работы, но и способствует снижению износа оборудования и затрат на его обслуживание. Примеры таких систем включают Cat MineStar и Sandvik AutoMine, которые предлагают интегрированные решения для управления добычей и бурением. Эти системы используют передовые алгоритмы и сенсоры для анализа данных, что позволяет принять обоснованные решения и минимизировать время простоя.

2. Автоматизированные системы контроля взрывчатых веществ.

Безопасность при работе с взрывчатыми веществами – это критически важный аспект в горной отрасли. Автоматизированные системы контроля взрывчатых веществ обеспечивают безопасное хранение, транспортировку и использование этих материалов. Они могут включать системы дистанционного запуска взрывов, такие как Orica WebGen, которые позволяют инициировать взрывы без непосредственного присутствия человека в опасной зоне. Это значительно снижает риски для работников, так как они могут находиться на безопасном расстоянии во время проведения взрывных работ. Кроме того, такие системы обеспечивают точность и контроль за процессом взрыва, что в свою очередь улучшает результаты горных работ и снижает воздействие на окружающую среду.

3. Дроновые технологии.

Использование беспилотных летательных аппаратов (дронов) в буровзрывном деле открывает новые горизонты для мониторинга и анализа местности. Дроны могут быть оснащены камерами и различными датчиками для сбора данных о состоянии карьеров, а также для картографирования территории. Это позволяет оперативно получать информацию о выполнении работ, выявлять потенциальные проблемы и планировать дальнейшие действия. Например, дроны компании DJI активно используются для создания трехмерных моделей местности и анализа изменений в рельефе. Их использование не только повышает точность данных, но и сокращает время на выполнение обследований.



4. Системы мониторинга здоровья и безопасности работников.

Забота о здоровье и безопасности работников является приоритетом для горнодобывающих компаний. В этом контексте устройства, такие как носимые датчики, играют важную роль. Они отслеживают состояние здоровья работников (например, уровень сердечного ритма, температуру тела) и их местоположение в реальном времени. Это позволяет оперативно реагировать на потенциальные угрозы и предотвращать несчастные случаи. Примером такой технологии может служить система Wearable Technology от Hexagon Mining, которая предоставляет данные о состоянии работников и помогает руководству принимать меры по улучшению условий труда.

Автоматизация буровзрывных работ значительно снижает риски для работников, обеспечивая множество преимуществ. Одним из ключевых аспектов является удаление человека из опасной зоны: использование дистанционного управления и автоматических систем позволяет выполнять операции без непосредственного участия людей в небезопасных условиях, что существенно уменьшает вероятность травм и несчастных случаев. Кроме того, автоматизация способствует улучшению условий труда, так как сокращает физическую нагрузку на работников, что в свою очередь положительно сказывается на их здоровье и повышает производительность [3]. Современные системы мониторинга также играют важную роль, так как способны заранее предупреждать о потенциальных опасностях, таких как обрушения или превышение предельно допустимых значений по газам, что позволяет оперативно реагировать на угрозы.

Внедрение автоматизированных систем в буровзрывные работы приводит к значительным улучшениям в эффективности процессов. Увеличение производительности становится очевидным благодаря оптимизации процессов бурения и взрыва, что сокращает время выполнения работ. Например, внедрение системы Sandvik AutoMine на одном из карьеров привело к увеличению производительности на 20 %. Автоматизация также позволяет сократить затраты на рабочую силу и снизить расходы на эксплуатацию оборудования за счет повышения его эффективности. Кроме того, точные настройки и контроль за процессами способствуют улучшению качества добываемых ресурсов, что повышает конкурентоспособность предприятия. Таким образом, автоматизация не только создает более безопасные условия труда, но и значительно улучшает общие результаты работы в буровзрывной отрасли.

Примеры успешного применения автоматизированных систем

1. Orica в Австралии: Компания Orica, один из ведущих мировых поставщиков взрывных материалов и технологий, внедрила свою инновационную систему WebGen на нескольких карьерах в Австралии. Эта



система представляет собой беспроводное решение для управления взрывами, которое позволяет осуществлять дистанционное программирование и запуск взрывных работ [6]. Благодаря использованию WebGen, Orica смогла значительно повысить безопасность взрывных работ, так как система позволяет избегать непосредственного нахождения персонала в опасной зоне во время проведения взрывов. В результате этого внедрения было зафиксировано значительное снижение количества инцидентов и аварий на производственных площадках. Кроме того, автоматизация процессов управления взрывами обеспечила более точное и предсказуемое выполнение работ, что также способствовало повышению общей эффективности операций.

2. Sandvik в Швеции: Внедрение системы AutoMine на шахте Aitik, расположенной в Швеции, стало знаковым событием для компании Sandvik, которая специализируется на горнодобывающем оборудовании и технологиях. Система AutoMine представляет собой полностью автоматизированное решение для управления подземными и открытыми горными работами [5]. После внедрения этой системы на шахте Aitik была достигнута впечатляющая производительность – увеличение на 15 %. Это стало возможным благодаря оптимизации процессов добычи и уменьшению времени простоя оборудования. Кроме того, эксплуатационные расходы снизились на 10%, что стало результатом более эффективного использования ресурсов и снижения затрат на рабочую силу. Автоматизация позволила не только повысить производительность, но и улучшить условия труда работников, так как они могли сосредоточиться на более сложных задачах, требующих человеческого интеллекта.

3. Hexagon Mining в США: Компания Hexagon Mining внедрила носимые устройства для мониторинга здоровья работников на горных предприятиях в США, что стало важным шагом в повышении безопасности труда в данной отрасли. Эти устройства позволяют отслеживать жизненные показатели работников, такие как сердечный ритм и уровень стресса, а также уведомлять о потенциальных опасностях, таких как перегрев или переутомление [7]. В результате применения таких технологий было зафиксировано снижение количества несчастных случаев на 30 %. Это не только улучшило безопасность работников, но и повысило общую производительность предприятий, так как здоровые и безопасные условия труда способствуют снижению текучести кадров и увеличению морального духа сотрудников.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что инновационные технологии и автоматизированные системы управления играют ключевую роль в повышении безопасности и эффективности буровзрывных работ. Внедрение таких технологий не только снижает риски для работников, но и способствует



улучшению условий труда и повышению производительности. Примеры успешного применения автоматизации на горных предприятиях подтверждают ее эффективность и необходимость дальнейшего развития в этой области. В будущем можно ожидать появления новых технологий, которые еще больше повысят безопасность и эффективность горных работ, что сделает эту отрасль более устойчивой к вызовам времени.

Список литературы

1. Баранов В. В., Костюков А. А., Лапин А. Н. Автоматизация процессов буровзрывных работ на открытых горных разработках // Уголь Украины. – 2020. – № 2. – С. 45–50.
2. Лебедев В. А., Тихонов В. С., Сеницын А. Н. Инновационные технологии в буровзрывном деле: от традиционных методов к автоматизированным системам // Горное дело и геотехнологии. – 2021. – № 4(1). – С. 12–20.
3. Кузнецов А. И., Петрова Н. Е., Сидоров А. В. Применение современных технологий в управлении безопасностью горных работ // Безопасность труда в промышленности. – 2019. – № 6. – С. 34–39.
4. Григорьев Ю. В., Фролов А. Н., Шевченко И. И. Автоматизированные системы управления в горном деле: проблемы и перспективы // Научный вестник МГТУ ГА. – 2022. – № 3(25). – С. 58–65.
5. Sandvik Mining and Rock Technology. AutoMine®: The Future of Mining Automation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.home.sandvik/en/products/automated-mining/automine/>.
6. Orica. WebGen™: The World's First Wireless Detonator [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.orica.com/products-and-services/explosives/webgen-wireless-detonation-system>.
7. Hexagon Mining. Safety Solutions for the Mining Industry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hexagon.com/products/mining/safety-solutions>.



УДК 622

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕБОРОВ ПОРОД И РУД ПРИ ПРОХОДКЕ ВЫРАБОТОК И СЛОЕВЫХ ЗАХОДОК НА РУДНИКЕ ЯКОВЛЕВСКОГО ГОК

Голубничий Д. В.

1588491@bsuedu.ru

*Научный руководитель: Тюпин В. Н., д. т. н., профессор
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия*

Приведены фактические данные по средней и максимальной площади сечения выработок и очистных заходок на руднике ЯГОК в различных горно-геологических условиях. По фактической площади сечения определён средний и максимальный удельный объем переборов пород за проектным контуром выработок и заходок. Разработан ряд научно-технических задач направленных на снижение переборов пород и руд за проектным контуром выработок и заходок.

Ключевые слова: проходка выработок, слоевые заходки, площадь сечения выработок, переборы пород, физико-механические свойства, трещиноватость массива, задачи исследования.

Опыт ведения взрывных работ при проходке выработок и отбойке руды в слоевых заходках на руднике ЯГОК показал, что при существующих параметрах БВР, как правило, происходит превышение их сечения. То есть появляются определенные объемы переборов пород или руд и выработки принимают бочкообразную форму. Это обеспечивает снижение эффективности горных работ за счет повышения затрат на погрузку, транспортировку и складирование пород и руд, а также на дополнительное крепление выработок. Кроме того, используемые параметры БВР обеспечивают нарушение законтурного массива, что создает условия для снижения уровня безопасности горных работ.

Целью статьи является определение фактической площади сечения выработок и заходок на руднике ЯГОК и разработка научно-практических задач для снижения переборов пород и руд за проектным контуром.

Устойчивое состояние открытых поверхностей выработок и заходок зависит от физико-механических свойств пород, параметров трещиноватости массива и напряженного состояния законтурной части горных массивов [1-9]. Кроме того, устойчивое состояние обнаженных взрывом плоскостей массива зависит от параметров БВР при отбойке руды и породы [6-12], а также от сейсмического действия периодических взрывов в процессе проходки выработок, заходок [13, 14].



Физико-механические свойства пород и руд рудного поля ЯГОК влияющие на переборы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические параметры руд и пород руднокристаллического фундамента рудника Яковлевского ГОКа (по данным ОАО «ВИОГЕМ»)

Наименование пород и руд	Объемная масса, 10^3 , ρ , кг/м ³	Пористость n , %	Предел прочности на сжатие, МПа	Модуль упругости E , 10^{10} , Па	Коэф. Пуассона, ν
Руда мартит-железно-слюдковая, рыхлая	<u>2,73-3,90</u> 3,34	<u>8,32-29,9</u> 21,4	<u>0,62-1,70</u> 1,10	1,3	0,20
Руда железно-слудково-мартитовая, хлоритизированная	<u>3,31-3,67</u> 3,49	<u>24,4-26,7</u> 25,6	<u>6,35-6,39</u> 6,37	<u>1,9-4,5</u> 3,2	<u>0,17-0,24</u> 0,20
Руда железно-слудково-мартитовая, карбонатизированная, плотная	<u>3,15-3,63</u> 3,38	<u>25,9-29,4</u> 27,8	<u>15,81-23,53</u> 18,66	<u>3,10-3,92</u> 3,52	<u>0,25-0,30</u> 0,27
Руда хлорит-лимонит-мартитовая, сред-неблочная, плотная, гидрогематитмартитовая, тонкозернистая, крепкая	<u>2,73-3,84</u> 3,28	<u>3,08-29,5</u> 19,2	<u>7,80-41,80</u> 25,20	<u>1,64-3,00</u> 2,34	<u>0,20-0,27</u> 0,24
Сланцы хлорит-серицитовые, железистые	<u>2,88-3,12</u> 3,00	<u>10,0-28,5</u> 23,0	<u>19,9-50,20</u> 37,27	<u>2,80-2,95</u> 2,90	<u>0,15-0,30</u> 0,22
Железистые кварциты мартит-железнослюдковые	<u>3,13-3,55</u> 3,40	<u>9,0-18,2</u> 14,8	<u>55,49-121,3</u> 76,44	<u>6,0-14,1</u> 11,3	<u>0,21-0,28</u> 0,23

Анализ табл. 1 указывает на существенное изменение физико-механических параметров руд и пород: объемная масса изменяется с 2,73 до 3,90 кг/м³, предел прочности на сжатие от 0,62 до 121,3 МПа, модуль упругости с 13 до 113 ГПа.

Исследования параметров трещиноватости дают следующие данные: размер отдельности (среднее расстояние между трещинами всех систем) меняется от 0,01 до 1,0 м, количество систем трещин – 3-5.

Устойчивое состояние обнаженных плоскостей выработок и заходов также существенно зависит от параметров расположения, способа и очередности взрывания контурных шпуров [1, 3, 7, 8, 11, 12]. На рис. 1 представлен типичный паспорт БВР при проходке выработок на руднике ЯГОКа.

Для определения фактического объема переборов пород и руд на руднике проведены масштабные маркшейдерские замеры площади сечения выработок в шести разновидностях пород и руд. Результаты исследований представлены в табл. 2.



РП-П-4.9х4.5 - 36 -3.9

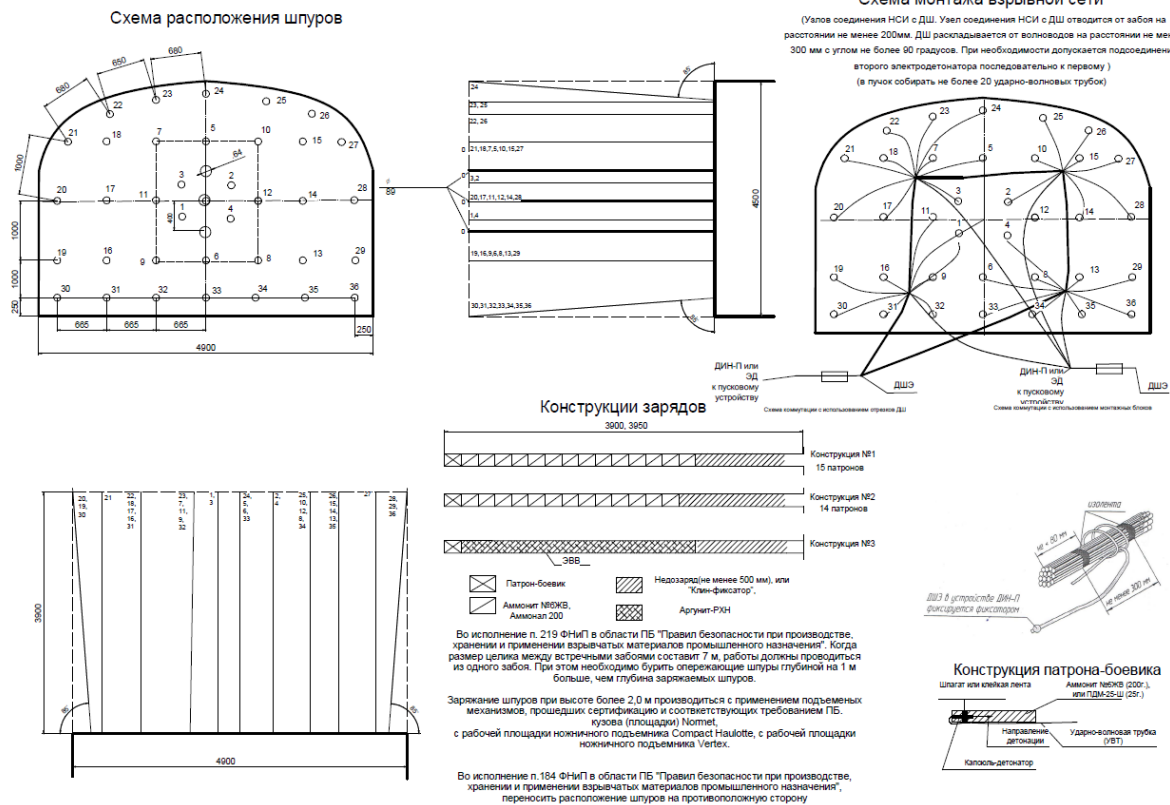


Рис. 1. Паспорт БВР при проходке выработок на руднике ЯГОКа

Таблица 2

Фактические площади сечения выработок и параметры переборов руд и пород рудника Яковлевского ГОК

Наименование пород и руд	$\frac{S_{\phi}}{L}; \frac{м^2}{м}$	$S_{max}, м^2$	$\frac{\Delta h}{\Delta h_{max}}; \frac{м}{м}$	$V_{пр}, М^3/м$
Руда мартит-железно-слюдовая, рыхлая	$\frac{23,4}{214}$	33,1	$\frac{0,475}{0,95}$	3,08
Руда железно-слюдово-мартитовая, хлоритизированная	$\frac{23,03}{98}$	30,0	$\frac{0,43}{0,86}$	3,43
Руда железно-слюдово-мартитовая, карбонатизированная, плотная	$\frac{21,99}{182}$	31,0	$\frac{0,30}{0,65}$	2,39
Руда хлорит-лимонит-мартитовая, среднеблочная, плотная, гидрогематит-мартитовая, тонкозернистая, крепкая	$\frac{22,2}{370}$	28,0	$\frac{0,325}{0,65}$	2,60
Сланцы хлорит-серицитовые, железистые	$\frac{22,7}{102}$	32,0	$\frac{0,39}{0,78}$	3,10
Железистые кварциты мартит-железнослюдовые	$\frac{22,7}{377}$	36,0	$\frac{0,34}{0,68}$	3,10



Примечания: S_ϕ – среднее фактическое сечение выработки; S_{max} – максимальное фактическое сечение выработки; L – суммарная длина выработок; Δh – средний перебор пород за проектным контуром выработки; Δh_{max} – максимальный перебор пород за проектным контуром выработки; $V_{пр}$ – удельный объем переборов пород, руд.

Длина исследованных заходок по руде составила 864 м, выработок по породе – 479 м. Проектное сечение в основном составляет 19,6 м².

Исходя из фактического и проектного сечения выработок в табл. 2 определён средний прихват пород за проектным сечением по формуле:

$$\Delta h = \frac{S_\phi - S_n}{2H_\phi}, \quad (1)$$

где S_ϕ – среднее фактическое сечение выработки; S_n – проектное сечение, 19,6 м²; H_B – высота выработки, заходки, $H_B = 4$ м.

Опыт ведения ВР при проходке выработок показал, что борта выработок принимают округлую или треугольную форму с максимальным прихватом массива на уровне оси выработки. Приравнивая площади прямоугольника и треугольника и решая это уравнение, получена формула для определения максимального прихвата пород, руд в виде:

$$\Delta h_{max} \approx 2 \Delta h. \quad (2)$$

Величина Δh_{max} соответствует радиусу зоны заколов.

Анализ табл. 2 указывает на то, что при отбойке руды фактическое сечение заходок составляет в среднем 22,66 м² (максимальное 30,5 м²), объем переборов руды 3,06 м³ на 1 м заходки (максимально 10,9 м³/м). При проходке выработок в породах фактическое сечение составило 22,7 м² (максимальное 34 м²) с перебором породы 3,1 м³ на 1 м заходки (максимально 14,4 м³/м). Это приводит к экономическим потерям и снижению уровня безопасности при проходке выработок и слоевых заходок.

В связи с изложенным, необходимо провести серию научно-практических исследований с целью снижения переборов пород и руд при проходке выработок и слоевых заходок на руднике Яковлевского ГОК:

– проанализировать современные методы и параметры БВР при контурном взрывании;

– изучить механизм взрывного деформирования трещиноватых горных пород, установить зоны действия взрыва при проходке выработок и слоевых заходок;



- разработать аналитическую формулу и рассчитать размеры зон заколов при проходке выработок, заходов на руднике ЯГОК в различных массивах горных пород;
- разработать технические решения с целью снижения переборов горных пород и руд при проходке выработок и слоевых заходов;
- провести промышленные испытания технических решений;
- рассчитать ожидаемый экономический эффект от использования новых технических решений.

Список литературы

1. Барон Л.И., Турчанинов М.А., Ключников А.В. Нарушения пород при контурном взрывании. – Л.: Наука, 1975. – 339 с.
2. Ключников А.В. Современный уровень развития, эффективного применения и задачи внедрения контурного взрывания на открытых и подземных работах // Совершенствование проектирования и производства контурного взрывания: Труды АН СССР. – Апатиты, 1984. – С. 8-13
3. Справочник взрывника / Б.Н. Кутузов, В.М. Скоробогатов, И.Е. Ерофеев и др. Под общей ред. Б.Н. Кутузова – М.: Недра, 1988. – 511 с.
4. Тектонические напряжения в земной коре и устойчивость горных выработок. / Авт. А.И. Турчанинов, Г.А. Марков, В.И. Иванов, А.А. Козырев. – Л.: Наука, 1978. – 255 с.
5. Кутузов Б.Н., Тюпин В.Н. Определение размеров зон деформирования трещиноватого массива взрывом заряда ВВ // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1983. – № 4. – С. 53-58.
6. Тюпин В. Н., Рубашкина Т. И. Инженерные формулы расчета размеров зон разрушения и деформирования трещиноватых массивов взрывом на карьерах Забайкалья // Горный журнал. – 2021. – № 7. – С. 40-44. – DOI: 10.17580/gzh.2021.07.06.
7. Миндели Э.О. Разрушение горных пород. – М.: Недра. – 1975. – 600 с.
8. Взрывные работы при разведке полезных ископаемых. С.А. Брылов, Л.Г. Гробчак, Г.Н. Бухаров и др. – М.: Недра, 1985. – 222 с.
9. Мосинец В.Н., Пашков А.Д., Латышев В.А. Разрушение горных пород. – М.: Недра, 1975. – 216 с.
10. Барон Л. И., Кантор В. Х. Техника и технология взрывных работ в США. – М.: Недра, 1989. – 376 с.
11. Патент RU 1575657. Способ контурного разрушения трещиноватых горных пород / В. Н. Тюпин. – №4602436/23-03, заявл. 03.11.1988.
12. Патент RU 2485438 . Способ контурного разрушения трещиноватых горных пород / В. Н. Тюпин, В. С. Святецкий, Н. А. Горковенко. – Заявка № 2011151925/03 от 19.12.2011; опубл. 20.06.2013. Бюл. № 17.
13. Тюпин В. Н. Упрощенный метод расчета параметров контурного взрывания в трещиноватых массивах горных пород // Сборник «Взрывное дело». – 2024. – № 142/99. – С. 36-51.
14. Тюпин В. Н. Взрывные и геомеханические процессы в трещиноватых напряженных горных массивах. – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ». – 2017. – 192 с.



ВЛИЯНИЕ КОМПРЕССИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ РУДНОГО МАССИВА

Ермолович Е. А., Овчинников А. В., Гавриш В. О.

gavrish@bsuedu.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия*

В статье рассмотрены результаты экспериментальных определений фильтрационной характеристики образцов рудного массива в приборе компрессионного сжатия. Проанализировано влияние величины давления на изменение коэффициента фильтрации массива. Установлено, что с увеличением давления средний коэффициент фильтрации рудного массива уменьшается на 79 % при достижении максимального давления.

Ключевые слова: коэффициент фильтрации; проницаемость массива; компрессионное сжатие

Для упрочнения неустойчивых зон массива горных пород применяется инъецирование в него веществ, которые после отвердевания и схватывания с породой значительно повышают её прочностные характеристики.

Технология упрочнения горных пород нагнетанием скрепляющих составов апробирована на шахтах Донбасса, Кузбасса, на рудниках ПО «Апатит», Кривбассруда, Урала, Норильского, Кольского и других месторождений. Технология инъекционного упрочнения широко применяется на горных предприятиях Германии, США, Великобритании, Франции, Японии, Чехии, Бельгии, на рудниках Канады, Индии, США, ЮАР и других стран [4].

В предварительный этап работ по упрочнению входит обязательная оценка проницаемости массива. Это необходимо для правильного выбора упрочняющего состава. Проницаемость как характеристика фильтрующей среды количественно выражается при формулировке закона фильтрации, который связывает скорость фильтрации (отношение расхода потока к площади его поперечного сечения) с градиентом напора [5].

Основной характеристикой водопроницаемости горных пород является коэффициент фильтрации, который служит исходным параметром для всех фильтрационных расчетов [6]. В данной работе определялся коэффициент фильтрации образцов массива из приконтурной зоны боков горизонтальной выработки, пройденной в рыхлой руде Яковлевского месторождения Белгородской области.

Образцы сложены рудой железно-слюдко-мартитовой, рыхлой без структурных связей, с пределом прочности при сжатии 1,0 МПа [7].



На Яковлевском месторождении доля рыхлых богатых железных руд данного типа составляет около 60 %.

Гранулометрический состав и содержание железа общего по фракциям приведены в таблице 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав руды и содержание железа общего по фракциям

Размер фракции, мм	Долевое содержание, %	Fe, общ. %
0 < 0,1	58,6	67,44
0,1 < 0,15	3,7	66,88
0,15 < 0,2	3,4	66,05
0,2 < 0,5	3,9	65,93
0,5 < 0,63	2,0	64,7
0,63 < 1	6,0	64,71
1 < 2,5	10,7	62,45
2,5 < 8	9,9	63,1
8 < 10	1,2	61,03
> 10	0,6	58,73

Методы определения водонепроницаемости можно разделить на две группы – полевые и лабораторные. К первой относятся методы налива: в шурфы, кольца, котлованы, на слой, в скважины; ко второй группе – методы, основанные на применении фильтрационных приборов различных типов и конструкций.

В основу данных исследований процесса фильтрации в образцах рудного массива принят экспериментальный метод определения в приборе компрессионного сжатия.

Фильтрационные исследования проведены на образцах с естественной влажностью 6 %.

Компрессионно-фильтрационный прибор предназначен для определения коэффициента фильтрации пылеватых и глинистых грунтов по ГОСТ 25584-2023 [1].

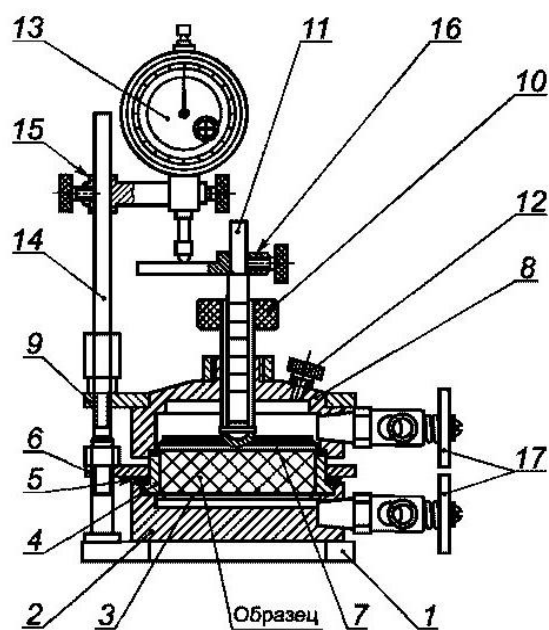
Необходимое оборудование: компрессионно-фильтрационный прибор ПКФ-01 (рис. 1); пресс, весы лабораторные, секундомер, термометр, фильтровальная бумага; журнал.

Сущность опыта состоит в определении скорости фильтрации воды через руду, предварительно уплотненную ступенью нагрузки, уже с измеренной и доведенной до нужной влажности в 6 %. Обычно испытания производят при нагрузках 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6 МПа.



После насыщения руды водой прикладывается первая ступень нагрузки и выдерживается до стабилизации уплотнения, при которой изменение показаний индикатора не превышает 0,01 мм за сутки.

После стабилизации уплотнения заданной ступенью нагрузки в пьезометрическую трубку наливается вода и устанавливается начальный напор, равный разности уровней в пьезометрах, с тем, чтобы вода начала фильтроваться из пьезометрической трубки в прибор и в приборе снизу вверх через слой руды. После открывается кран, соединяющий пьезометр с прибором, и отсчитывается время начала фильтрации воды.



- 1 – основание;
- 2 – поддон;
- 3 – штамп нижний;
- 4 – кольцо рабочее;
- 5 – прокладка;
- 6 – нижнее прижимное кольцо;
- 7 – штамп верхний;
- 8 – крышка;
- 9 – верхнее прижимное кольцо;
- 10 – арретир;
- 11 – шток;
- 12 – пробка;
- 13 – индикатор часового типа;
- 14 – стойка;
- 15 – держатель;
- 16 – упор; 17 – кран

Рис. 1. Прибор компрессионно-фильтрационный ПКФ-01

Замеряется число делений, на которые опустился уровень воды в пьезометре, через одинаковые промежутки времени и температуру воды с точностью до 0,5 °С. Отсчеты по пьезометру производятся в зависимости от скорости фильтрации. Промежутки времени отсчетов могут быть 5, 10, 15, 30 мин. 1 ч, при медленной фильтрации – два раза, в начале и в конце рабочего дня. Производится не менее шести отсчетов.

Определив коэффициент фильтрации при первой ступени нагрузки, опыт продолжается после стабилизации уплотнения грунта от второй, третьей и последующих ступенях нагрузки.

Коэффициент фильтрации грунта K_ϕ , м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре 10°С, вычисляется по формуле:

$$K_\phi = \left[\varphi \left(\frac{S}{h_0} \right) / T \right] \cdot \frac{f_{mp}}{F} \cdot \frac{l}{t} \cdot 864$$



где $\varphi(S/h_0)$ – значение функции падения уровня воды, определяемое по табл. 47 [2]; S – понижение уровня воды в пьезометрической трубке (см) за время T (сек); h_0 – начальный напор, см; T – средняя продолжительность фильтрации, сек.; f_{mp} – площадь сечения пьезометрической трубки, см² (составляет 1 см²); F – площадь поперечного сечения кольца прибора, см² (составляет 59,42 см²); l – длина пути фильтрации, равная толщине слоя породы в кольце (составляет 2,5 см) после стабилизации ее уплотнения от той или иной ступени нагрузки; $t = (0,7 + 0,03 t_\phi)$ – поправка для приведения значения коэффициента фильтрации к условиям фильтрации воды при температуре 10 °С, где t_ϕ – фактическая температура воды при опыте, °С; 864 – переводной коэффициент из см/с в м/сут.

Все наблюдения и вычисления, выполняемые в процессе опытов, заносятся в журнал. Всего рекомендуется делать не менее трех вычислений коэффициента фильтрации при различных напорах для каждой ступени нагрузки.

Данные испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Экспериментальные данные определения среднего коэффициента
фильтрации образцов рудного массива

Номер опыта	Параметры для расчета коэффициента фильтрации								Коэффициент фильтрации при $t=10^\circ\text{C}$, м/сут	Средний коэффициент фильтрации при $t=10^\circ\text{C}$, м/сут
	Влажность образца руды, %	Давление, МПа	Осевая деформация, мм	Продолжительно сть фильтрации, сек	Начальный напор, см	Понижение уровня воды, см	Значение функции падения уровня воды	Температура, °С		
	W	P	S _{деф}	T	h ₀	S	$\varphi\left(\frac{S}{h_0}\right)$	t _φ	K _φ	K _φ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	6	0	0	300	45,5	5	0,117	23,0	0,0103	0,0090
				367	40,5		0,128		0,0092	
				415	35,5		0,151		0,0096	
				514	30,5		0,174		0,0089	
				670	25,5		0,223		0,0088	
				891	20,5		0,274		0,0081	
				1232	15,5		0,385		0,0083	
2	6	0,1	0,98	449	45,5	5	0,117	23,0	0,0066	0,0062
				525	40,5		0,128		0,0062	
				605	35,5		0,151		0,0063	
				744	30,5		0,174		0,0059	
				911	25,5		0,223		0,0062	
				1128	20,5		0,274		0,0062	
				1549	15,5		0,385		0,0063	



Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	6	0,2	1,26	662	45,5	5	0,117	23,5	0,0044	0,0042
				735	40,5		0,128		0,0043	
				893	35,5		0,151		0,0042	
				1009	30,5		0,174		0,0043	
				1062	25,5		0,223		0,0052	
				2121	20,5		0,274		0,0032	
				2449	15,5		0,385		0,0039	
4	6	0,3	1,44	885	45,5	5	0,117	23,5	0,0032	0,0029
				1119	40,5		0,128		0,0028	
				1301	35,5		0,151		0,0029	
				1770	30,5		0,174		0,0024	
				2001	25,5		0,223		0,0027	
				2206	20,5		0,274		0,0031	
5	6	0,4	1,56	380	45,5	2	0,040	23,5	0,0026	0,0026
				456	43,5		0,051		0,0027	
				478	41,5		0,051		0,0026	
				516	39,5		0,051		0,0024	
				542	37,5		0,051		0,0023	
				544	35,5		0,062		0,0028	
6	6	0,5	1,65	468	45,5	2	0,040	23,5	0,0021	0,0022
				501	43,5		0,051		0,0025	
				571	41,5		0,051		0,0022	
				565	39,5		0,051		0,0022	
				592	37,5		0,051		0,0021	
				605	35,5		0,062		0,0021	
7	6	0,6	1,73	499	45,5	2	0,040	23,5	0,0020	0,0019
				568	43,5		0,051		0,0022	
				589	41,5		0,051		0,0021	
				649	39,5		0,051		0,0019	
				770	37,5		0,051		0,0016	
				851	35,5		0,062		0,0018	

На основе регрессионной математической модели была установлена зависимость изменения среднего коэффициента фильтрации образцов рудного массива от давления в устройстве компрессионного сжатия (рис. 2), которые хорошо аппроксимируется экспоненциальной функцией:

$$K_{\phi} = 0,007 e^{-2,57P}$$

где K_{ϕ} – средний коэффициент фильтрации, м/сут; P – давление в устройстве компрессионного сжатия, МПа.

Коэффициентом детерминации $R^2 = 0,95$.

Из полученных результатов экспериментальных исследований следует, что коэффициент фильтрации принимает значения от 0,0019 м/сут до 0,009 м/сут.

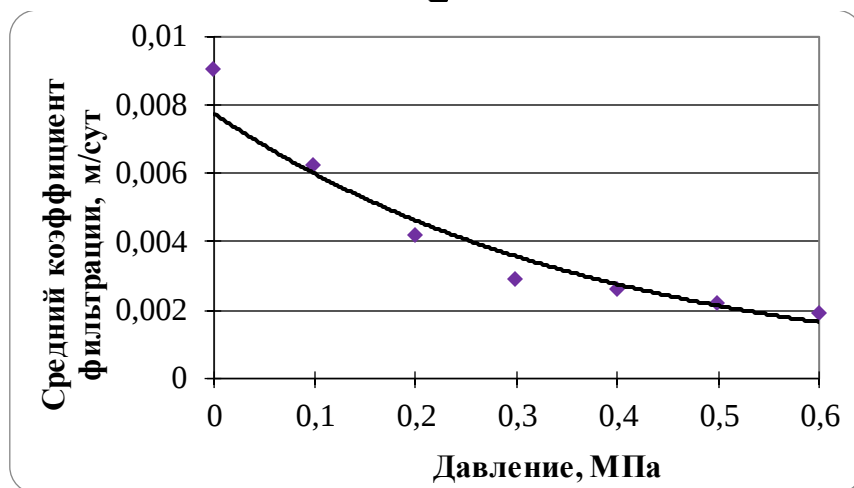


Рис. 2. График зависимости изменений среднего коэффициента фильтрации от давления в устройстве компрессионного сжатия

Анализ полученных данных показывает, что с увеличением давления средний коэффициент фильтрации рудного массива уменьшается на 79 % при достижении максимального давления 0,6 МПа.

Полученные в работе результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными других исследователей [3] по определению коэффициента фильтрации образцов пород с аналогичным гранулометрическим составом в компрессионно-фильтрационном приборе.

Список литературы

1. ГОСТ 25584-2023 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. – М.: Российский институт стандартизации. – 18 с.
2. Ермолович Е.А., Овчинников А.В., Лычагин Е.В. Механика грунтов и горных пород: физико-механические свойства. Практикум: учебное пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: Изд-во Юрайт, 2020. – 289 с.
3. Зинченко А.В., Анциферов С.В. Результаты лабораторных исследований образцов материала гидрозакладки // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: 17-я Межд. Конф. по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2022. – С. 566 – 574.
4. Клочко И. И., Малышева Н.Н. Осушение и стойкость горных выработок: учеб. пособие для обучающихся образоват. учреждений высш. проф. образования. – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ, 2022. – 126 с.
5. Кумеев С.С., Дорджиев А.Г., Сангаджиев М.М., Дорджиев А.А. Характеристика фильтрации жидкости в слабопроницаемых грунтах // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – С. 223–230.
6. Руководство по определению коэффициента фильтрации водоносных пород методом опытной откачки. – М: Энергоиздат. – 1981. – 127 с.
7. Стрелецкий А.В. Геомеханическое обоснование устойчивости горных выработок под защитным перекрытием (на примере Яковлевского рудника): автореф. на соиск. ученой степ. канд. тех. наук: 25.00.20 – геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика. – Санкт-Петербург, 2013. – 20 с.



ВЛИЯНИЕ РЕЗИНОВОГО ПОРОШКА НА ВЕЛИЧИНУ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ УСАДКИ ТВЕРДЕЮЩЕГО ЗАКЛАДОЧНОГО МАССИВА

Ермолович О. В.

1773910@bsuedu.ru

Научный руководитель: Ермолович Е. А., д. т. н., профессор
*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия*

В статье приводится анализ влияния добавки резинового порошка из отходов переработки отработанных автомобильных покрышек на изменение деформации усадки твердеющего закладочного массива. Установлено, что размещение в формируемом массиве одновременно с твердеющей смесью структурообразующих элементов в виде резинового порошка уменьшает относительную деформацию усадки до 41 %.

Ключевые слова: твердеющий закладочный массив; резиновый порошок; относительная деформация усадки

Использование закладки на горнодобывающих предприятиях обусловлено необходимостью обеспечения безопасного проведения добычных работ, защиты наземных сооружений, а также охраны окружающей среды. Для достижения этих целей выработанное пространство заполняется закладочным материалом, который, достигнув определенного состояния, должен выполнять функцию поддерживающих элементов.

Твердение закладочной смеси в отработанном пространстве вызывает уменьшение объема закладочного массива. В сочетании с неполным заполнением это вызывает оседание массива, что нарушает его целостность и создает пути для проникновения воды [10]. Недостаточная несущая способность закладочных массивов обусловлена отсутствием полноценного контакта с вышележащими породами по всей площади подработки [2]. Неполное заполнение пустот является ключевым фактором, способствующим сдвигению подработанных слоев [7].

Снижение относительной деформации усадки закладочного массива позволит эффективно использовать закладку для управления горным давлением и минимизировать негативное воздействие подземных работ на окружающую среду. В связи с этим, исследование влияния различных добавок, уменьшающих усадку искусственного массива и повышающих способность к выполнению возложенных на него функций приобретает особую важность.



Усадка закладочного массива – это уменьшение объёма затвердевшего закладочного массива по сравнению с объёмом поданной закладочной смеси. Процесс усадки происходит за счёт дренажа избыточной воды из закладки и выражается в процентах или долях единицы. Существующая на горных предприятиях технология закладочных работ характеризуется наличием в смесях значительного количества воды (450-550 л/м³) при расходе вяжущего 150-300 кг/м³ [1]. Такие смеси, применяемые для закладки выработанного пространства, обладают большой деформативной способностью. Под деформативностью бетона принято понимать изменение его формы и размеров под влиянием различных воздействий [5]. Высокое водосодержание смеси обуславливает значительную усадку закладочного массива (на 6-10 %) [1].

Устранение данной проблемы можно достичь, используя в качестве структурообразующих фаз в закладочном бетоне промышленные отходы, такие как переработанные автомобильные шины. Эти шины представляют собой одни из самых крупных и массовых резиноотходов, с ежегодным производством более 1,5 миллиарда единиц по всему миру, что приводит к значительному загрязнению окружающей среды [6].

Вопрос утилизации отработанных покрышек от карьерных автосамосвалов и другой пневмоколесной техники является особенно актуальным для горной промышленности. Обычно такие покрышки складываются на открытом воздухе, занимая большие площади. В некоторых случаях их размещают вместе с вмещающими породами или хвостами обогащения в отвалах. Иногда отработанные шины просто сжигают, что приводит к выбросу в атмосферу и почву значительного количества вредных и токсичных веществ [9]. Предприятия, которые сжигают отработанные шины легально, часто не имеют надлежащих ресурсов для обеспечения необходимых уровней очистки газовых выбросов [11].

При нагревании под солнцем или в кислой почве покрышки выделяют вредные вещества, тяжёлые металлы и канцерогены. Срок разложения покрышек превышает 130 лет. За три года шины способны загрязнить почву в радиусе свыше 50 метров. Покрышки выделяют бензапирен, фенолы, частицы каучука и смолы. Всё это увеличивает риски развития онкологических заболеваний, астмы, аллергических реакций [11].

В техническом кодексе ЕН 1992-2-1 [8] представлена инженерная методика расчета усадки бетона ε_{cs} по формуле:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cs,d} + \varepsilon_{cs,a},$$

где $\varepsilon_{cs,d}$ – часть усадки бетона, обусловленная испарением из него влаги; $\varepsilon_{cs,a}$ – часть усадки бетона, обусловленная процессами твердения бетона.



Однако по имеющимся данным [8] отклонения расчетных значений от фактических экспериментальных весьма существенны и не могут считаться удовлетворительными. Поэтому для достоверности прогнозирования свойств закладочного массива предпочтение отдали экспериментальному методу исследования.

В ходе эксперимента были изготовлены две серии модели закладочного массива, состоящего из вяжущего, заполнителя из отходов обогащения железистых кварцитов, суперпластификатора, воды. В первой серии (контрольной) резиновый порошок в закладочную смесь не добавляли. Во второй серии в смесь вводили от 0,4 до 1,4 % от массы смеси (3 до 10 % от массы вяжущего вещества) резиновый порошок со средним размером частиц 225 мкм.

Относительная деформация усадки определялась на образцах-призмах размером 40×40×160 мм, которые твердели 90 суток в нормальных условиях согласно ГОСТ 10180-2012 [3]. После суток твердения на торцевые поверхности всех образцов, предназначенных для определения усадки, наклеивались металлические пластины с помощью клея в соответствии с ГОСТ 24544-2020 [4].

Проведение испытаний проводили на устройстве по п. 4.1.2. в соответствии с ГОСТ 24544-2020. Усадка определялась индикатором часового типа ИЧ-0,1.

Относительную деформацию усадки определяли по формуле:

$$\Delta = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \cdot 100 \%,$$

где l_1 – первоначальная длина образца, мм; l_2 – длина после усадки, мм.

Данные испытаний приведены в таблице.

Экспериментальные данные определения относительной деформации усадки образцов закладочного массива

№ серии	Количество резинового порошка, % по массе	Относительная деформация усадки, %
1 (контрольная)	0	0,363
2 (с резиновым порошком)	0,422	0,350
	0,702	0,302
	1,00	0,250
	1,123	0,244
	1,264	0,230
	1,404	0,215



На основе регрессионной математической модели была установлена зависимость влияния промышленных отходов на изменения относительной деформации усадки закладочного массива. Исследования показали, что изменения характеристики усадки от содержания резинового порошка (рис. 1) хорошо аппроксимируется линейной функцией:

$$\Delta = -0,125C,$$

где C – содержание резинового порошка, % по массе. Коэффициентом детерминации $R^2 = 0,98$.

Анализ полученных данных показывает, что с увеличением содержания резинового порошка относительная деформация усадки закладочного массива уменьшается на 3,6-41 % при введении от 0,422 % до 1,4 % резинового порошка из отходов переработки автомобильных покрышек.

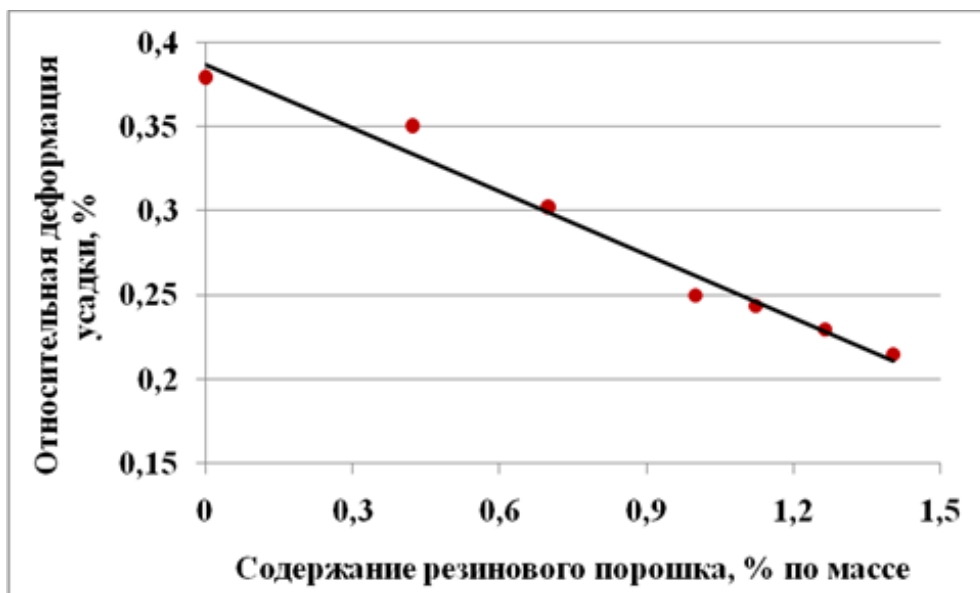


Рис. 1. График зависимости изменений относительной деформации усадки закладочного массива от содержания резинового порошка

Выполненные исследования позволяют с высокой вероятностью прогнозировать положительный эффект от размещения в формируемом массиве резинового порошка одновременно с твердеющей смесью для предотвращения опасных деформаций на подработанных территориях. Это является хорошим техническим решением для решения проблемы усадки закладочного массива.

Одновременно это будет способствовать утилизации отработанных автомобильных шин и улучшению экологической обстановки в районе осуществления горных работ за счет нейтрализации их высокой экологической опасности в составе закладочных композитов.



Список литературы

1. Абен Хайрулла Халидиллаулы Разработка технологии закладочных работ для отработки прибортовых и подкарьерных запасов: дисс. ...доктора философии. – Республика Казахстан Алмааты, 2018. – 106 с.
2. Аглюков Х.И. Управление геомеханическими процессами при разработке рудных месторождений технологией высокоплотной закладкой: автореф. дис. ...доктора техн. наук. – Екатеринбург, 2009. – 40 с.
3. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: Стандартинформ. – 2018. – 36 с.
4. ГОСТ 24544-2020 Бетоны. Методы определения деформации усадки и ползучести. – М.: Стандартинформ. – 2021. – 29 с.
5. Ермолович Е.А., Кирилов А.Н., Ермолович О.В. Способ минимизации деформации усадки закладочного массива // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2022. – Вып. 4. – С. 177–182.
6. Karakurt C. Microstructure properties of waste tire rubber composites: an overview // Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2015. – Volume 17. – P. 422-433. doi: 10.1007/s10163-014-0263-9
7. Копылов А.Б., Коряков А.Е. Геоэкологические последствия влияния подземных горных работ на прилегающие территории//Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Кемерово, 2009. – Том 2. – С. 139–146.
8. Котов С.Д. Деформация усадки бетона, модифицированного химическими и тонкодисперсными минеральными наполнителями // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – №7. – С. 11-21.
9. Тишков М.В. Утилизация резинокордовых материалов в закладку // ГИАБ. – 2006. – № 6. – С. 296-303.
10. Хайрутдинов М.М., Шаймярдянов И.К. Подземная геотехнология с закладкой выработанного пространства: недостатки, возможности совершенствования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 1. – С. 240–250.
11. Шулдякова, К.А. Воздействие автомобильных шин на окружающую среду и здоровье человека // Молодой ученый. – 2016. – № 20 (124). – С. 472–477. – URL: <https://moluch.ru/archive/124/34317/> (дата обращения: 08.04.2025).



ОПЫТ УЧАСТИЯ В РАЗВИТИИ СФЕРЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Зайцев Д. А., Донецкий С. В., Вереитин Н. А.

zaitsev_d@bsuedu.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия*

В статье рассмотрены основные направления становления и развития Центра прикладных исследований и геотехнологий НИУ «БелГУ», специализирующегося на комплексном изучении геологической среды, в том числе, в целях поиска новых месторождений твердых полезных ископаемых и подземных вод для укрепления минерально-сырьевой базы Белгородской области.

Ключевые слова: недропользование, месторождение, полезные ископаемые, запасы, разведка, эксперт, изучение, подземные воды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2025-0006м

Что такое недропользование? По своей сути под недропользованием принято понимать использование недр Земли для обеспечения хозяйственной деятельности человека.

Более развернутое определение термина «недропользование» можно представить следующим образом:

Недропользование – это деятельность, осуществляемая в целях геологического изучения недр, разведки и добычи полезных ископаемых и подземных вод, выполнения комплекса мер по охране недр, включая использование отходов горнодобывающего и связанных с ним перерабатывающих производств, а также в целях строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, образования особо охраняемых геологических объектов, имеющих научное, культурное, эстетическое, санитарно-оздоровительное и иное значение, сбора минералогических, палеонтологических и других геологических коллекционных материалов.

Как и любая деятельность «недропользование» живет по «своим» законам, основополагающим из которых является Закон «О недрах» от 21.02.1992 № 2395-1. Данный закон:

- регулирует отношения в области использования и охраны недр;
- устанавливает порядок осуществления государственного управления и регулирования в области использования и охраны недр;



- устанавливает порядок и особенности возникновения, осуществления и прекращения прав на участки недр;
- устанавливает правовое положение недропользователей.

На уровне федерального законодательства за органами местного самоуправления, т.е. за субъектом Российской Федерации, одним из которых является Белгородская область, признано право регулирования деятельности в сфере недропользования. В Белгородской области реализация данных функций возложена на Министерство природопользования. При этом конкретный перечень и объем полномочий определен в ст. 5 Закона о недрах, основными из которых хотелось бы выделить:

- разработка и реализация территориальных программ развития и использования минерально-сырьевой базы;
- распоряжение совместно с федеральными органами государственной власти государственным фондом недр на своих территориях;
- установление порядка пользования участками недр местного значения.

В тоже время законодательно разделены полномочия по видам полезных ископаемых: общераспространенные полезные ископаемые отнесены к полномочиям субъектов Российской Федерации, остальные – к федеральному центру. Перечень общераспространенных полезных ископаемых утвержден распоряжением Минприроды России и Правительства Белгородской области от 1 июня 2009 года № 23-р/3.

Таким образом, Министерство природопользования Белгородской области выполняет государственную экспертизу запасов полезных ископаемых и подземных вод, геологической информации о предоставляемых в пользование участках недр в части участков недр местного значения, а также запасов общераспространенных полезных ископаемых и запасов подземных вод, которые используются для целей питьевого водоснабжения или технического водоснабжения и объем добычи которых составляет не более 500 м³/сутки (за исключением запасов подземных вод на участках недр, представляемых для добычи подземных вод, которые используются для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения или технического водоснабжения и объем добычи которых составляет не более 100 м³/сутки).

В связи коренной сменой уклада России в 90-е годы XX века и дальнейшей трансформацией в начале 2000-х годов изменения коснулись и отечественной геологической отрасли. В результате реализации государственной сырьевой политики численность государственного сектора геологической службы России сократилась на 90%. На примере Белгородской области это проявилось в ликвидации основного областного геологоразведочного предприятия – ООО «Белгородгеология». Утрата специализированных



компетенций советской геологической школы привели к отсутствию как технической, так и кадровой возможности осуществлять геологоразведочные работы собственными силами Белгородской области в настоящее время.

На фоне сложившейся ситуации с 2020-х годов в строительном секторе экономики Белгородской области обозначился ряд проблем, связанных с месторождениями полезных ископаемых:

- неравномерность распространения действующих карьеров (только на территориях 50% муниципалитетов области имеются недропользователи, способные обеспечить потребность муниципалитета в песке, глине, меле);
- отсутствие качественных строительных песков (запасы строительных песков на изученных участках недр исчерпаны; оставшиеся запасы и перспективные участки находятся в водоохранных зонах рек, приграничных с зоной СВО районах или на землях сельскохозяйственного назначения;
- деградация системы восполнения минерально-сырьевой базы (утрата профессиональных компетенций в области геологоразведочных работ; отсутствие государственных программ поддержки геологического изучения недр по общераспространенным полезным ископаемым).

Отсутствие своевременного решения проблем в сфере областного недропользования наглядно проявилось в следующем:

- появлении несанкционированных карьеров (более 150 участков зафиксировано в 2024 году);
- нарушении плодородного слоя почвы (более 200 га нуждается в рекультивации);
- по факту незаконной добычи из недр составлено 236 административных протоколов по ч. 1 ст. 7.3 КоАП РФ.

По-нашему мнению, сложившаяся к настоящему времени проблема поддержания и восполнения минерально-сырьевой базы Белгородской области может быть решена за счет оперативного вовлечения профильных научных подразделений Белгородского государственного национального исследовательского университета (НИУ «БелГУ»), способных успешно решать задачи в сфере регионального недропользования с привлечением квалифицированных специалистов и использованием технических средств дистанционного зондирования Земли, лазерного сканирования и применения беспилотных роботизированных систем.

В 2022 года на базе Института наук о Земле НИУ «БелГУ» в рамках стратегического проекта «Наука XXI века» государственной программы «Приоритет 2030» успешно реализован проект по созданию специализированного подразделения – Центра прикладных исследований и геотехнологий НИУ «БелГУ». Среди основных направлений деятельности



Центра следует отметить: участие в разработке решений по экологической реабилитации поверхностных водных объектов на территории Белгородской области, научные исследования гидрогеологического и геологического спектра для горнопромышленных предприятий, лабораторное изучение технологических и физико-механических свойств горных массивов, проведение работ по созданию роботизированных систем по оценке деформаций рельсового пути и контуров подземных горных выработок.

Активное привлечение выпускников Института наук о Земле и профессорско-преподавательского состава профильных кафедр предопределили выделение в структуре Центра прикладных исследований и геотехнологий НИУ «БелГУ» нового подразделения – Отдела геологии и горного проектирования. В первую очередь деятельность отдела направлена на реализацию стратегии «от поиска нового месторождения до сопровождения процесса ведения горных работ на нем». За последние два года выполнено материально-техническое оснащение отдела, позволяющее осуществлять широкий спектр как полевых (буровых, гидрогеологических, топографо-геодезических и гидрометрических), так и лабораторных работ, направленных на изучение свойств полезного ископаемого и вмещающих горных пород. Кроме того, для эффективной камеральной обработки полевых и лабораторных исследований для сотрудников сформированы эргономичные рабочие пространства, оборудованные высокопроизводительной компьютерной техникой, приобретены современные отечественные программные продукты (ГИС ГЕОМИКС, ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ, Платформа nanoCAD, УПРЗА «Эколог» с дополнительными модулями и другие).

В настоящее время специалисты отдела геологии и горного проектирования успешно решают следующие задачи:

- поиск новых перспективных участков для выявления месторождений полезных ископаемых;
- участие в разработке технико-экономического обоснования и бизнес-планов;
- подготовка комплекта документов для заявки на участие в аукционе на получение права пользования участком недр;
- разработка проектов геологического изучения недр, разведки и доразведки месторождений полезных ископаемых;
- проведение полевых работ (буровых, опытно-фильтрационных, топографо-геодезических и др.);
- выполнение лабораторных исследований;
- создание цифровых геологических моделей и цифровых моделей рельефа;



- подсчет и пересчет запасов полезных ископаемых и постановка их на государственный баланс;
- выполнение технических проектов на разработку месторождений и рекультивацию земель, нарушенных горными работами;
- маркшейдерское сопровождение ведения горных работ.

Развитие собственных профессиональных компетенций и современных подходов к решению сложных задач, формирование энергичного коллектива и уверенное освоение новой техники и оборудования позволили Отделу геологии и горного проектирования Центра прикладных исследований и геотехнологий НИУ «БелГУ» зарекомендовать себя в качестве надежного делового партнера. В начале 2024 года достигнута договоренность о сотрудничестве НИУ «БелГУ» и Министерства природопользования Белгородской области в сфере геологического изучения недр, развития и освоения минерально-сырьевой базы региона, в том числе в рамках программы «Приоритет 2030». К настоящему времени сформированы основные направления дальнейшего взаимодействия:

- участие в рабочих совещаниях по вопросу развития направлений по геологическому изучению недр на территории Белгородской области;
- организация работ по повышению квалификации государственных гражданских служащих Министерства природопользования Белгородской области;
- определение перспективных участков для геологического изучения недр в пределах определенных муниципальных образований исходя из потребности в общераспространенных полезных ископаемых;
- участие в государственных программах по геологическому изучению недр, разведке и подсчету запасов полезных ископаемых;
- привлечение специалистов для выполнения профильных экспертиз (геологической информации и материалов подсчетов запасов твердых полезных ископаемых и подземных вод, технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых, технических проектов строительства и эксплуатации подземных сооружений, технических проектов ликвидации и консервации горных выработок, буровых скважин и иных сооружений, связанных с использованием недрами, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами).

Успешная реализация обозначенных выше направлений будет способствовать не только расширению минерально-сырьевой базы Белгородской области и привлечению дополнительных инвестиций в строительную отрасль региона, но и повышению вовлеченности сотрудников НИУ «БелГУ» в решение задач реального сектора экономики Белгородской области.



СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Квачев В. Н., Леонтьева Е. В.

kvachev@bsuedu.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия*

Приведены современные требования к гидрогеологическому обеспечению горнодобывающих предприятий. Охарактеризован акцент обновившейся в 2021–2024 гг. нормативно-правовой базы Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, Министерства природных ресурсов и экологии РФ. Описаны созданные НИУ «БелГУ» базы данных, методические и технологические решения по совершенствованию гидрогеологического обеспечения горнодобывающих предприятий в соответствии с новыми требованиями с использованием современных геоинформационных технологий.

Ключевые слова: гидрогеологическое обеспечение горнодобывающих предприятий, базы данных, методические и технологические решения, автоматизация мониторинга, концептуальные гидрогеологические и геофильтрационные модели, геоинформационных технологии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2025-0006м

Современные требования к гидрогеологическому геоинформационному обеспечению горнодобывающих предприятий predetermined такими последними правовыми актами Российской Федерации как:

1. Постановление правительства РФ «Об утверждении правил осуществления государственного мониторинга состояния недр и мониторинга состояния недр на участках недр, представленных в пользование (вступило в силу с 1 сентября 2024 г);

2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов» (вступило в силу с 1 января 2021 г);

3. Приказ Минприроды РФ «Об утверждении порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора(изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод, в том числе дренажных, вод, их качества» (вступило в силу с 1 января 2021 г.) [1, 2, 3].



В данных правовых актах определены правила, нормы, порядок и требования к гидрогеологическому обеспечению горнодобывающих предприятий для решения таких задач как:

1) сбор, хранение, обработка (обобщение, систематизация) и анализ информации о состоянии недр и его изменениях на участке недр, предоставленном в пользование;

2) проведение оценки и прогнозирования изменений состояния недр под воздействием природных и (или) антропогенных факторов;

3) своевременное выявление и прогнозирование развития природных и техногенных процессов, влияющих на состояние недр на участке недр, предоставленном в пользование;

4) оценка эффективности реализации мероприятий по охране окружающей среды, охране недр и подземных водных объектов при осуществлении пользования недрами, а также по предотвращению или снижению негативного воздействия опасных геологических процессов;

5) охрана месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения и других факторов, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождений и (или) осложняющих их разработку;

6) исключение негативного воздействия на окружающую среду при размещении в пластах горных пород попутных вод, вод, использованных пользователями недр для собственных производственных и технологических нужд,

7) предотвращение размещения отходов производства и потребления на водосборных площадях подземных водных объектов и в местах залегания подземных вод, которые используются для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения или технического водоснабжения или резервирование которых осуществлено в качестве источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения и т.д.

Также регламентировано использование методов гидрогеологического моделирования фильтрации подземных вод в бортах карьеров и в зоне влияния дренажных устройств, гидротехнических сооружений, переноса загрязняющих веществ, одновременное измерение уровней подземных вод и учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод, в том числе дренажных, вод, их качества.

Таким образом, обновившаяся в 2021–2024 гг. нормативно-правовая база Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, Министерства природных ресурсов и экологии РФ увеличила акцент на аналитическую составляющую гидрогеологического обеспечения



горнодобывающих предприятий, привлечение к ним методов исследований, которые были ранее прерогативой специализированных институтов и предопределила автоматизацию гидрогеологического мониторинга.

НИУ «БелГУ» обладает обширным арсеналом наработок, позволяющих с использованием современных технологий международного уровня оперативно решать поставленные ведомствами задачи и может содействовать горнодобывающим предприятиям в их освоении.

В частности, разработаны и апробированы следующие базы данных, методические и технологические решения:

Структурированные реляционные базы данных:

- а) кадастры объектов использования подземных вод (разработаны в рамках госзадания FZWG-2025-0006);
- б) мониторинг подземных вод [4];
- в) источники воздействия на подземные воды [5].

Методические и технологические решения

- 1. Цифровизация гидрогеологических процессов в горнодобывающей промышленности [6];
- 2. Методология оперативной оценки и прогноза гидрогеологических условий на участках бортов карьеров с использованием современных компьютерных технологий [7];
- 3. Способы и методические аспекты автоматизации гидрогеологического мониторинга на горнодобывающих производствах [8];
- 4. Технологические аспекты создания концептуальных 3-D моделей гидрогеологических объектов и процессов [9].

Выводы:

1. Обновившаяся в 2021–2024 гг. нормативно-правовая база увеличила акцент на аналитическую составляющую гидрогеологического обеспечения горнодобывающих предприятий, привлечение к ним методов исследований, которые были ранее прерогативой специализированных институтов и предопределила автоматизацию гидрогеологического мониторинга.

2. НИУ «БелГУ» обладает обширным арсеналом наработок, позволяющих с использованием современных геоинформационных технологий международного уровня оперативно решать поставленные ведомствами задачи и может содействовать горнодобывающим предприятиям в их освоении.

Список литературы

- 1. Об утверждении правил осуществления государственного мониторинга состояния недр и мониторинга состояния недр на участках недр, представленном в пользование: Постановление правительства РФ от 29 ноября 2023 г. № 2029.



2. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов": приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13 ноября 2020 года № 439.

3. Об утверждении порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора(изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод, в том числе дренажных, вод, их качества: приказа Минприроды РФ от 09.11.2020 № 903

4. Леонтьева Е.В., Квачев В.Н. Мониторинг подземных вод // Свидетельство о регистрации БД № 2023624167 от 24.11.2023

5. Леонтьева Е.В. Источники воздействия на подземные воды // Свидетельство о регистрации БД № 2023624295 от 30.11.2023

6. Леонтьева Е.В., Квачев В.Н. Цифровизация гидрогеологических процессов в горнодобывающей промышленности // Горный журнал. – 2020. – № 10. –С. 95-100.

7. Леонтьева Е. В., Сапачёв Р. Ю., Квачев В. Н. Оперативная оценка и прогноз гидрогеологических условий на участках бортов карьеров с использованием современных компьютерных технологий // Горный журнал. – 2021. – № 8. – Режим доступа: <https://www.rudmet.ru/journal/2041/article/34218/>

8. Леонтьева Е. В., Квачев В. Н. Способы и методические аспекты автоматизации гидрогеологического мониторинга на горнодобывающих производствах // Горный журнал. – 2022. – №11. – Режим доступа: <https://www.rudmet.ru/journal/2163/article/35953/>

9. Леонтьева Е. В., Погорельцева Е. И., Квачев В. Н. Технологические аспекты создания концептуальных 3D-моделей гидрогеологических объектов и процессов на примере Стойленского ГОКа // Горный журнал. – 2024. – № 10. – Режим доступа: <https://www.rudmet.ru/journal/2352/article/38719/>



РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БВР НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ БУРЕНИЯ

Крючков И. С., Агарков И. Б., Стороженко Е. А.

kriuchkov_is@viogem-sp.ru

ОАО «В И О Г Е М», г. Белгород, Россия

В работе рассмотрен способ расчета энергоемкости бурения на основе характеристик, получаемых из телеметрических данных буровых станков. Методика включает отбраковку некорректных исходных данных, подбор индивидуальных калибровочных коэффициентов и уравнивание расчётных и фактических показателей. Полученные значения используются для построения модели крепости массива и могут применяться при проектировании БВР, включая расчет удельного расхода ВВ.

Ключевые слова: энергоемкость бурения, трудность бурения, буровзрывные работы, оптимизация БВР, телеметрия, прочность массива, блочная модель

В последние годы на горнодобывающих предприятиях активно внедряются автоматизированные системы, позволяющие отслеживать как местоположение карьерной техники, так и параметры её работы в режиме реального времени. Особую ценность представляют системы, устанавливаемые на буровые станки, которые фиксируют ключевые технологические характеристики процесса бурения – такие как скорость проходки, осевое давление, частоту вращения и другие. На основе этих данных формируется обобщенный показатель – энергоемкость бурения, отражающий суммарные энергетические затраты на проходку одного погонного метра скважины. Энергоемкость служит количественным выражением показателя трудности шарошечного и ударно-вращательного бурения, предложенного В.Н. Тюпиным в результате доработки и обобщения формул И.А. Тангаева [1-2]:

$$P_6 = f d_e \Phi = K * 10^{-3} \frac{P_{oc} n d_3^2}{v_6 d_d^2} + 10^{-3} \frac{M}{d_d^2} \quad (1),$$

$$P_6 = f d_e \Phi = \frac{K(P_{oc} n d_3^2 + A_{уд} n_1 d_3)}{10^3 v_6 d_d^2} + 10^{-3} \frac{M}{d_d^2} \quad (2),$$

где f – крепость пород по шкале М.М. Протоdjeяконова, d_e – размер отдельности, $\Phi = 120e^{-d_e}$ – показатель трещиноватости горного массива, K – коэффициент, который подбирается индивидуально для каждого бурового станка и месторождения эмпирическим путем, n – частота вращения бурового става, P_{oc} – осевое усилие, $A_{уд}$ – энергия удара, n_1 – частота ударов, d_3 – диаметр зубка, M – крутящий момент, d_d – диаметр долота.



В представленных формулах левая часть, включающая параметры f, d_e и Φ определяется на основе эмпирических данных, полученных при изучении массива скальных пород. Правая часть формулы, напротив, формируется на основе технических параметров бурения скважин.

Предполагается, что между этими частями должно соблюдаться равенство, которое достигается путём введения калибровочного коэффициента K , преимущественно отражающего эффективность работы бурового станка. При уравнивании обеих частей уравнения становится возможным определить расчетный показатель трудности бурения – то есть энергоемкость.

Процедура расчета энергоемкости включает следующие этапы:

1. Формирование базы данных телеметрии, полученной со станков;
2. Нормализация выборки значений (удаление нулевых, превышающих технические ограничения и т.п.) с применением t-критерия Стьюдента и приведение распределения к нормальному виду;
3. Расчет фактического показателя трудности бурения на основе эмпирических данных (f, d_e, Φ) в пределах единичного БВР-блока;
4. Уравнивание фактического и расчетного показателей буримости с использованием индивидуальных коэффициентов K ;
5. Вычисление расчетной прочности (крепости) породного массива, вскрытого скважинами, и формирование базы данных для построения объемной модели;
6. Построение блочной модели массива по расчетной крепости пород.

На основе данной методики в автоматическом режиме было обработано более 600 000 строк телеметрических данных, статистические параметры которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные до и после статистической обработки

Этап	n	$X_{\min}$	$X_{\max}$	μ	Me	σ	$v, \%$
До отбраковки	631480	0	6000	88,6	45,0	175,86	198
После	391993	22,8	58,2	40,5	40,2	9,1	23

Примечание: n – количество значений в выборке; $X_{\min}$ и $X_{\max}$ – минимальная и максимальная величина скорости в выборке, м/час; скорость бурения, м/час: μ – среднее значение; Me – медианное; σ – стандартное квадратичное отклонение; v – вариация.



На основании обработанной базы данных был выполнен подбор индивидуальных калибровочных коэффициентов, произведено уравнивание фактического и расчётного показателей трудности бурения, после чего рассчитана крепость горных пород f .

На разрезе (рис. 1) по блоку прослеживаются общие контуры распределения крепости массива. При этом модель крепости, построенная по показателю энергоемкости, демонстрирует большую вариативность, что связано с существенно более высоким объемом исходных данных, использованных при ее формировании. В верхней части разреза отчетливо выделяется линейная зона пониженной прочности, обусловленная ранее проведенными взрывными работами и повторным разрушением массива.

В результате обработки полного объема телеметрических данных была построена блочная модель по энергоемкости бурения. При необходимости ее значения могут быть пересчитаны в прочностные характеристики массива (рис. 2).

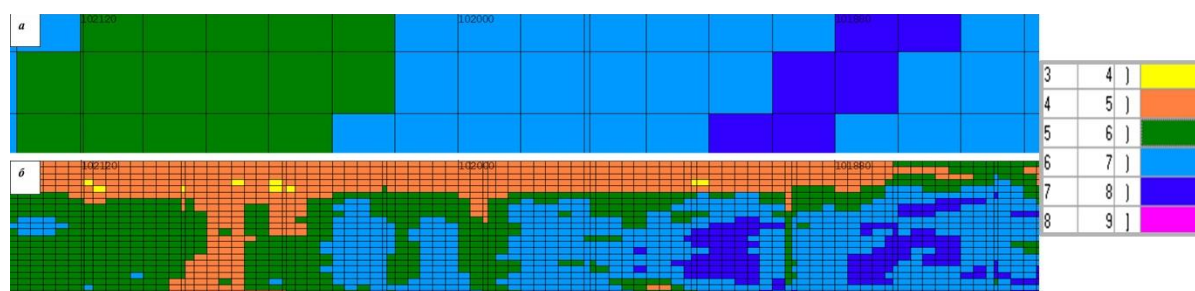


Рис. 1. Графическое сравнение фактического (а) и расчетного (б) показателя трудности бурения

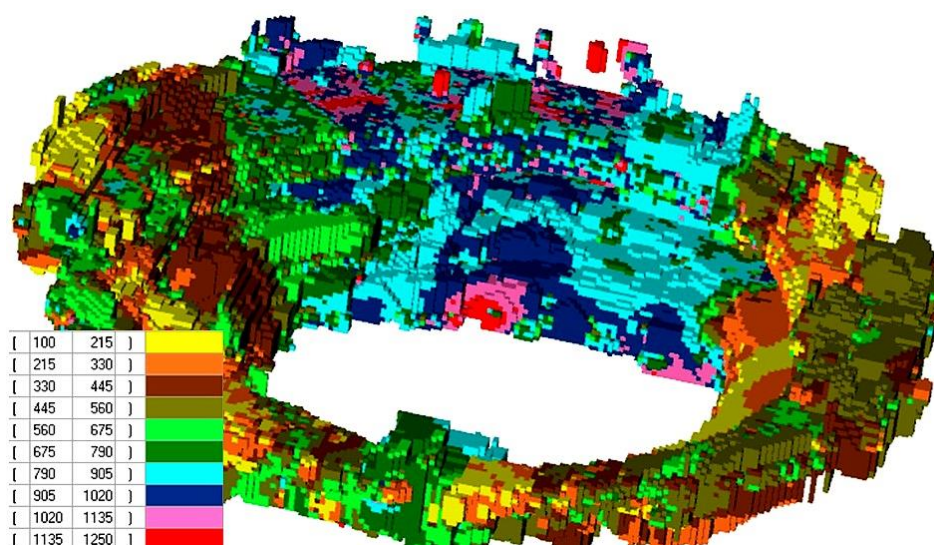


Рис. 2. Районирование карьерного поля по энергоемкости бурения



В разработанную математическую модель может быть интегрирован алгоритм расчёта удельного расхода взрывчатых веществ. На рисунке 3 представлена модель распределения этого параметра по опытному буровзрывному блоку. Применение предложенного алгоритма позволяет адаптировать заряд под реальные геомеханические свойства массива, что в отдельных случаях обеспечивает снижение расхода взрывчатки до 10 %.

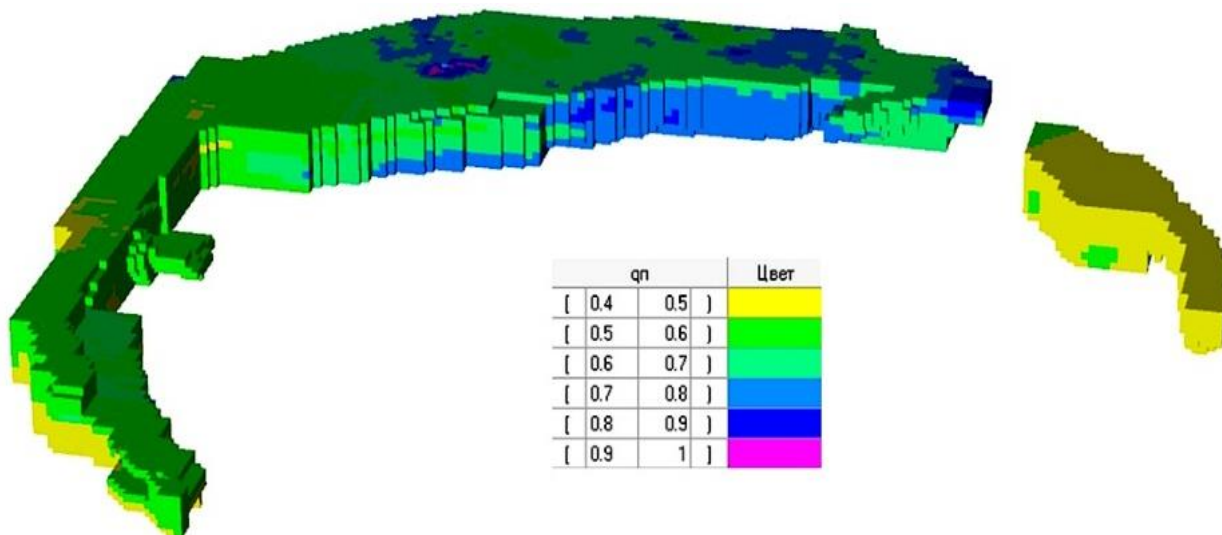


Рис. 3. Блочная модель с удельным расходом ВВ по опытному блоку

Список литературы

1. Тангаев И.А. Энергоемкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986. – 231 с.
2. Тюпин В.Н. Установление скорости шарошечного и ударно-вращательного бурения скважин с использованием закона сохранения энергии // ГИАБ. – 2020. – № 6. – С. 76-84.



УДК 556.3:622

О РАЗВИТИИ ПОДЗЕМНОГО ДРЕНАЖНОГО КОМПЛЕКСА АО «МИХАЙЛОВСКИЙ ГОК ИМ. А.В. ВАРИЧЕВА»

Кушнерчук В. В.¹, Хаустов В. В.²

kuschnier4uk@yandex.ru

¹ АО «Михайловский ГОК им. А. В. Варичева», Железногорск, Россия,

² Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия

Приведен анализ функционирования подземного дренажного комплекса карьера ПАО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева», дренаж которого осуществляется комбинированно-поверхностным и подземным способом. Выявлено, что в процессе постоянного развития фронта горных работ и углубления карьера часть подземных горных выработок подземного дренажного комплекса оказалась в зоне подработки и подлежит плановому погашению. Разработаны и проанализированы различные варианты развития подземного дренажного комплекса для компенсационного воспроизводства дренажных горных выработок.

Ключевые слова: месторождение, подземные воды, подземный дренажный комплекс, подработка, погашение, развитие дренажного комплекса.

Дренаж карьера ПАО «Михайловский ГОК им. А. В. Варичева» осуществляется комбинированно-поверхностным и подземным способом. Так, сбор дождевых и паводковых вод осуществляется с помощью прибортовых дренажных канав, безнапорные водоносные горизонты надкелловейского гидродинамического комплекса дренируются бортами карьера и гидрографической сетью. Водоносные же горизонты подкелловейского напорного комплекса осушаются комбинированно системой насосных установок в карьере, для чего создана сеть подземных выработок и пробуренных из них восстающих дренажных скважин на все водоносные горизонты и дренажные узлы (подземный дренажный комплекс – далее ПДрК) [1, 2, 5].

Система подземных горных выработок ПДрК и пробуренных из них восстающих дренажных скважин включает 2 вертикальных ствола, один наклонный ствол, штольню «Южный штрек № 5», водосбросные штреки, комплексы выработок водоотлива, камерные и вертикальные выработки различного назначения, расположенные на горизонтах -20 м и -100 м.

Заглубленный карьерный водоотлив предусмотрен также на горизонте -225 м, чтобы обеспечить осушение Центрального карьера до проектной абс. отм. -180 м, а также позволит использовать его при заглублении карьера до



абс. отм. -225 м, и, в дальнейшем, для совместной его работы с открытым водоотливом (рис. 1) [1]. Горные работы, обеспечивающие требуемую выемку запасов, предполагают расширение карьера в Северо-западном направлении; объединение Северного, Южного и Центрального карьеров с последующим углублением объединенного карьера [1, 4]. При этом в зоне подработки уже к 2025 году оказалось порядка 3 км подземных горных выработок ПДрК (рис. 2).

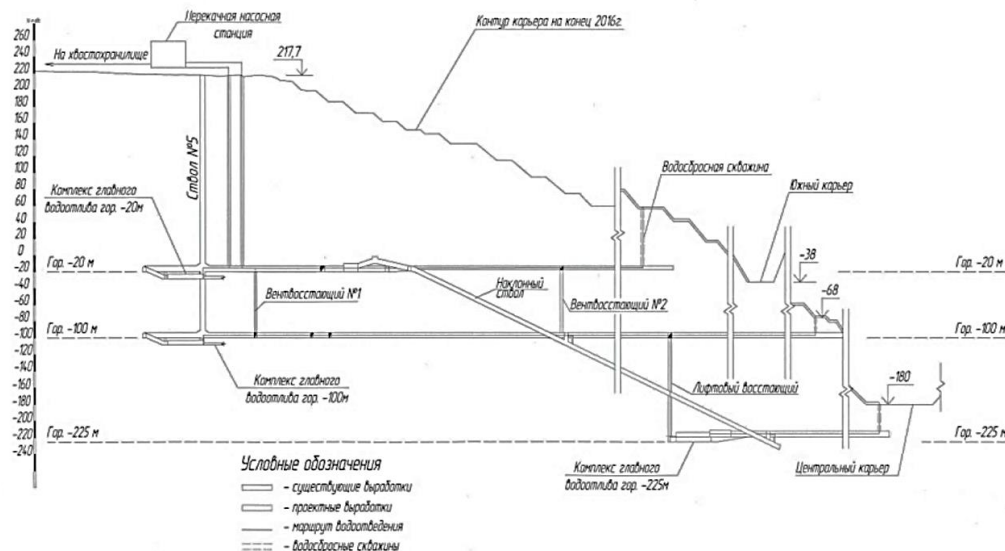


Рис. 1. Схема водоотведения карьера Михайловского ГОКа

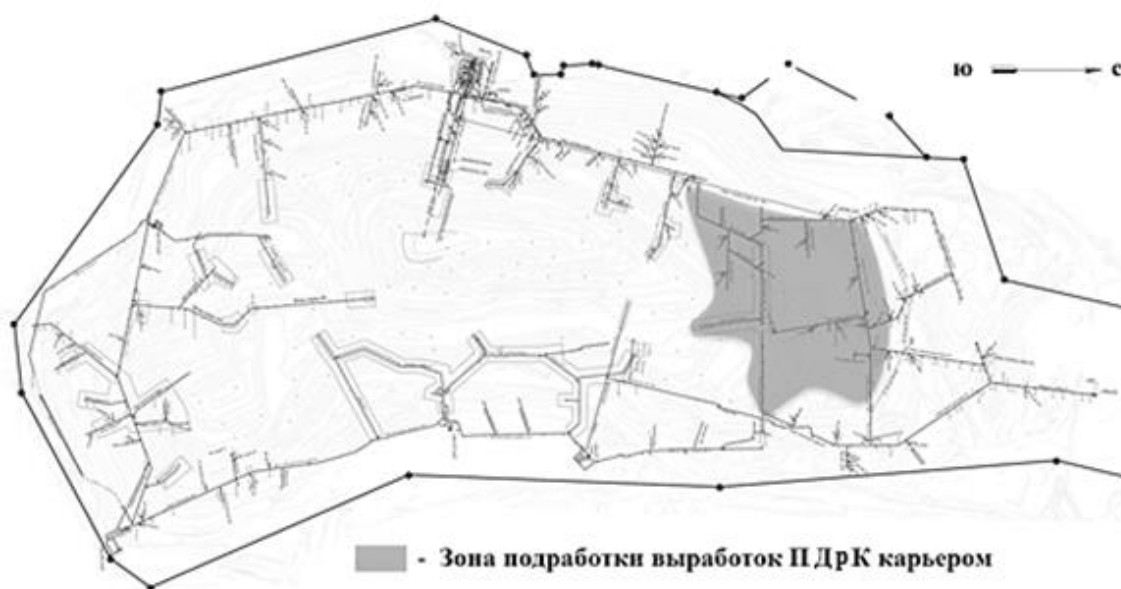


Рис. 2. Схема подземных горных выработок ПДрК с выделенной зоной подработки карьером МГОКа (по состоянию на 2024 год)

Погашение этих выработок исключает в дальнейшем эффективный дренаж северо-западного борта карьера, что может повлечь за собой осложнения производства открытых горных работ.



Объем горных выработок, подлежащих погашению - 6415 п.м. до 2032 г., что, безусловно, ухудшит эффективность дренажных процессов в целом и потребует компенсационного воспроизводства ПДрК, особенно по северо-западному крылу последнего [3]. В этой связи разработана следующие варианты развития подземного дренажного комплекса.

Вариант № 1. Проходка обходных выработок по горизонту -20 м.

Предусматривается проходка следующих горных выработок: Западный «бис» штрек, Северный «бис» и сбойка Западный-Северный «бис» штреков гор. -20 м и Северный штрек № 2 «бис» гор. - 20 м. Проходка указанных выработок позволит сохранить существующую схему водоотведения и выход к стволу №6. В тоже время, в месте расположения магистрали обходной выработки присутствуют сложные горно-геологические условия: из 1290 м выработок необходимо пройти около 950 м в неустойчивых породах.

Преимущества варианта в небольшой протяженности выработок для проходки; возможности ведения работ по проходке двумя встречными забоями; в возможности частичного или полного отказа от выработок на горизонте -100 м.

Недостатки варианта заключаются в отсутствии горно-геологической информации по физико-механическим свойствам пород по магистрали обходной выработки на горизонте -20 м, в результате чего на текущий момент невозможно определение способа специальной проходки; в существенной трудоемкости специального способа проходки и значительное увеличение сроков проходки горных выработок; в значительном увеличении горно-капитальных затрат на проходку горных выработок специальным способом; в перспективе реконструкции (расширения) выработок северного крыла шахты из-за необходимости увеличения сечения водоотливной канавки; не решается проблема подработки открытыми горными работами части горных выработок по горизонту -20 м по мере развития горных работ в карьере.

Вариант № 2. Проходка выработок с горизонта –100 м.

Проходка выработки по горизонту -100 м, протяженностью 2660 пог. м и бремсберга с уклоном в 43 градуса до сбояки с горизонтом -20 м, протяженностью 127 п. м.

Преимущества данного варианта заключаются в проходке горных выработок в зоне устойчивых кристаллических скальных пород (проходческие работы по крепким породам не требуют применения специальных способов проходки и производятся обычным способом и не требуют дополнительных затрат).

Недостатки варианта заключаются в большой протяженности горных выработок и трудоемкости строительства (сроки проходки оценочно составят



примерно 8-10 лет, что сдерживает развитие открытых горных работ в карьере в течение значительного времени и не решает своей главной задачи – осушение карьера); в необходимости устройства трех вентиляционных восстающих на горизонт -20 м общей протяженностью 260 п.м, для осуществления вентиляции на период проходческих работ; в невозможности выполнения работ встречными забоями в связи с необходимостью строительства на северном фланге проходки бремсберга с уклоном 43° до сбойки с горизонтом -20 м, а также невозможность осуществления дальнейшей электровозной откатки по данным выработкам.

Вариант № 3. Проходка выработок от ствола №6 с горизонта -10 м на юго-запад.

Проходка выработок от ствола № 6 с горизонта -10 м на юго-запад для сбойки с участком Северо-западного штрека № 2 (ПК38), протяженностью около 2000 п.м и переброса воды всего северного крыла шахты к стволу № 6.

Преимущества данного варианта видятся в проходке выработок по крепким породам без применения специального способа проходки и поэтому отсутствию затрат на выполнение проходки специальным способом.

Недостатки же приведенного варианта кроются в большой протяженности выработок и трудоемкости строительства (срок проходки оценочно составят 5-7 лет); длительный срок ввода в эксплуатацию ПДрК по этому варианту сдерживает развитие открытых горных работ в карьере в течение значительного времени и не решает своей главной задачи – осушение карьера, что негативно скажется на развитии открытых горных работ; большой стоимости оборудования и его обслуживания; в необходимости выполнения дополнительного объема горно-капитальных работ (околоствольный двор ствола №6, камера центрального водоотлива с водосборниками, депо-зарядная, камера ремонта оборудования и пр.).

Анализ приведенных вариантов выявил, что вариант № 1 проходки обходных выработок по горизонту -20 м, по сравнению с вариантами 2 и 3, представляет собой наиболее оптимальное и технологически приемлемое решение вопроса развития ПДрК карьера Михайловского ГОКа, для обеспечения водоотведения с северного крыла шахты и выхода к стволу №6. Данный вариант обладает рядом безусловных достоинств как, относительно небольшая протяженность выработок, отсутствие необходимости выполнения дополнительных объемов работ по строительству и реконструкции объектов шахтного хозяйства, присутствующих в альтернативных вариантах. Существенным и решающим недостатком последних является длительный срок ввода в эксплуатацию дренажного комплекса, сдерживающим развитие открытых горных работ в карьере в течение значительного времени, что не



решает своей главной задачи – осушение карьера. Также немаловажно, что вариант № 1 обеспечен проектной документацией (варианты же 2 и 3 должны пройти этап обоснования инвестиций в рамках конкурсной процедуры проектирования и экспертизы, что отодвигает начало их реализации минимум на 2 года), а также имеет полное инженерное обеспечение и инфраструктуру.

Тем не менее, как представляется, для окончательного выбора варианта развития ПДрК Михайловского ГОКа, необходимо проведение более глубокого дополнительного комплексного обследования проблемного западного борта карьера.

Список литературы

1. Козуб А.В., Исмагилов Р.И., Бадтиев Б.П., Кушнерчук В.В., Вольхин О.Б. Опыт освоения и осушения месторождения в сложных гидрогеологических условиях // Горная Промышленность. – 2019. – №5 (147). – С. 12-14.
2. Кушнерчук В.В., Хаустов В.В., Тюпин В.Н., Семенова Л.А., Карнюшкин А.И. О проблеме эксплуатации восстающих дренажных скважин при осушении Михайловского месторождения (Курская магнитная аномалия) // Маркшейдерия и недропользование. – 2024. – № 3. – С. 80-88.
3. Кушнерчук В.В., Хаустов В.В., Ермолович Е.А., Семенова Л.А., Симонян В.В. Влияние подработки горных выработок подземного дренажного комплекса на процессы осушения карьера Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева (Курская магнитная аномалия) // Маркшейдерия и недропользование. – 2024. – № 4. – С. 47-55.
4. Пономаренко Ю.В. Способ осушения бортов глубоких карьеров с помощью систем комбинированных дренажных устройств // Горный журнал. – 2014. – № 7. – С. 52-54.
5. Трубецкой К.Н., Волков Ю.И., Изотов А.А., Пономаренко Ю.В. Осушение глубокозалегающих месторождений полезных ископаемых системами восстающих дренажных скважин – технология будущего» / Неделя горняка – 2006: сб. материалов. – Белгород: ВИОГЕМ, 2006. – С. 175-184.



УДК 622

ДИНАМИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ БЛОКА КРОВЛИ: АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Умрихина В. Ю.

sgp1612@yandex.ru, gdb@kuzstu.ru

Научный руководитель: Буялич Геннадий Даниилович, д. т. н., проф.,
*Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия*

В статье рассматривается процесс хрупкого разрушения пород, вопросы частот и форм собственных колебаний, а также моделирование динамических явлений при вторичных осадках кровли в очистных забоях угольных шахт.

Ключевые слова: Кровля, динамические колебания блока кровли, реакция крепи, динамические проявления горного давления, обрушение

При отработке угольных пластов в сложных горно-геологических условиях с труднообрушаемыми кровлями нередко происходит процесс хрупкого разрушения пород, который может сопровождаться динамическими проявлениями горного давления.

Многие угольные предприятия в России работают в условиях труднообрушаемых кровель. По некоторым данным, в России около 100 таких предприятий, из них примерно половина – работают в условиях удароопасных пластов. Работа в таких условиях относится к особо сложным, что ведет к ряду проблем, таких как зависание основной кровли на больших площадях с последующим хрупким обрушением вышележащих пород, а также динамическое воздействие внешней нагрузки на металлоконструкцию крепи. Перечисленные проблемы нередко приводят к поломкам металлоконструкций механизированной крепи, внезапному выбросу метана, а также к аварийным ситуациям на предприятиях, что порой требует нестандартных подходов для их решения. В связи с этим анализ динамических проявлений горного давления при выполнении работ в подземной очистной выработке относится к числу наиболее важных проблем [1–5], что подтверждается в исследованиях различных авторов [6–10]. В данных исследованиях были определены основные подходы динамических колебаний кровли методом конечных элементов.

Первым шагом в работах [11–17] была предпринята попытка описать процесс динамического воздействия блока кровли на крепь сразу после



хрупкого разрушения пород математически с применением неоднородного дифференциального уравнения четвертого порядка, после чего были выполнены расчеты и получены формы и амплитуды динамического колебания блока кровли при различных параметрах и размерах нависающих блоков, физико-механических свойствах, а также реакции крепи.

Вторым шагом было описание состояние непосредственной кровли при вторичных осадках методом конечных элементов и построение модели, решение которой выполнялось в два этапа.

На первом этапе рассчитывалась схема модели перед хрупким разрушением непосредственной кровли при распределённой нагрузке крепи. Полученные деформированное и напряженное состояния модели непосредственной кровли в момент перед хрупким разрушением представлены на рис. 1.

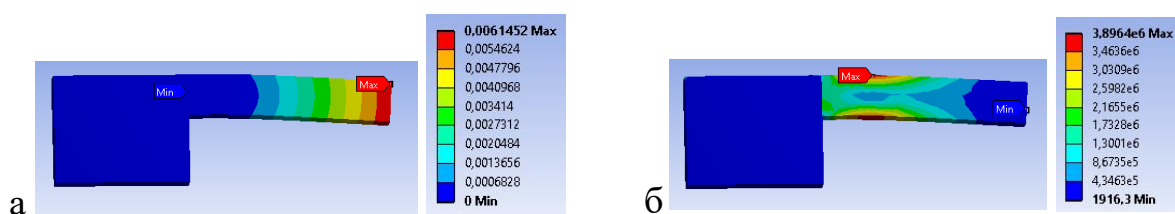


Рис. 1. а) деформированное состояние непосредственной кровли,
б) напряженное состояние перед хрупким разрушением

Для расчета второго этапа, полученные данные смещений блока кровли на первом этапе были приняты исходными данными, и левая сторона правой консольной балки непосредственной кровли была жестко не закреплена. Полученные результаты деформированного и напряженного состояния модели непосредственной кровли после её хрупкого разрушения на втором этапе представлены на рис. 2.



Рис. 2. а) деформированное состояние в момент после хрупкого разрушения,
б) напряженное состояние в момент после хрупкого разрушения

Процесс деформирования и напряжения в максимальной точке изображены на рисунке 3, из которого видно, что на крепь очистной выработки со стороны кровли действует сила, которая носит колебательный характер.

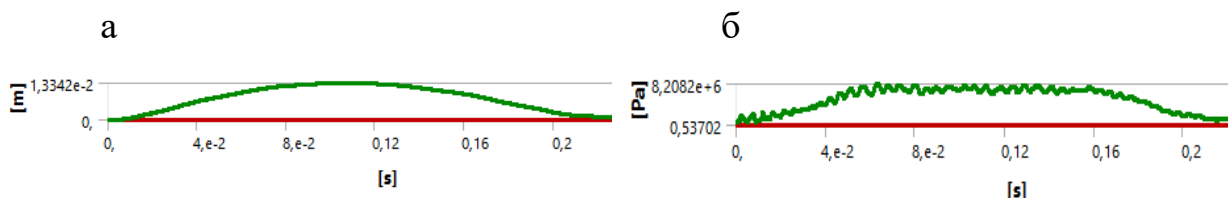


Рис. 3. а) Фрагмент процесса деформирования в точке max ,
б) процесс изменения напряжения в точке max

На основании данных полученных в результате математического расчета и метода конечных элементов можно сделать вывод, что дальнейший анализ колебания блока кровли, в зависимости от различных силовых и геометрических параметров крепи, а также физико-механических свойств и размеров блока кровли позволит выявить характер колебаний с целью уменьшения динамического воздействия на крепь, а также повышения надёжности и работоспособности крепи, способствующей повышению безопасности в угольных шахтах.

Полученные результаты могут быть использованы как в научных исследованиях, так и для применения в практической деятельности на горных предприятиях, что подчеркивает их значимость и актуальность в современном горном деле.

Список литературы

1. Буялич, Г. Д. Оценка характера взаимодействия крепи с труднообрушаемой кровлей // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых: сб. науч. тр. – Кемерово, 1995. – № 9. – С. 35–37.
2. Буялич, Г.Д. Экспериментально-теоретическая оценка и обоснование параметров механизированных крепей для сложных горно-геологических условий пологих угольных пластов: автореферат дис. ... док-р техн. наук: 05.05.06 / Г.Д. Буялич. – Кемерово, 2004. – 32 с.
3. Буялич, Г.Д. Исследование работы предохранительного клапана ЭКП в период резких осадок кровли / Г. Д. Буялич, Ю. М. Леконцев, Б. А. Александров // Механизация горных работ: межвуз. сб. науч. тр. – Кемерово, 1978. – Вып. 2. – С. 49–55.
4. Буялич, Г. Д. О модели динамического взаимодействия крепи с кровлей / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, К. Г. Буялич, М. В. Казанцев, В. М. Римова // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2012: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 1–2 нояб. 2012 г. В 2-х т. Т. 1. – Кемерово, 2012. – С. 149–153.
5. Буялич, Г. Д. Механизм взаимодействия механизированных крепей с кровлями угольных пластов / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, В. И. Шейкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – Отд. вып. 3: Горное машиностроение. – С. 122–125.
6. Пак, Г. А. Шаг обрушения основной кровли и прогноз газовыделения на шахтах Карагандинского бассейна / Г. А. Пак, В. Н. Долгоносков // Уголь. – 2015. – № 4. – С. 76–79.



7. Коровкин, Ю. А. Механизированные крепи очистных забоев / Под ред. Ю. Л. Худина. – М: Недра, 1990. – 413 с.
8. Фофанов, А. А. К вопросу о частотах колебаний пород основной кровли при вторичных обрушениях / А. А. Фофанов, В. В. Дырдин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 3. – С. 9–12.
9. Иванов, Д. В. Введение в Ansys Workbench / Д. В. Иванов, А. В. Доль // Учеб.-метод. пособие для студентов естественно-научных дисциплин. – Саратов: Амирит, 2016. – 56 с.
10. Буялич, Г. Д. Математическая модель процесса динамического обрушения кровли / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, К. Г. Буялич, М. В. Казанцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № S7. – С. 233–237.
11. Буялич, Г. Д. Математическое моделирование динамических явлений при обрушении кровли / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Перспективные направления развития отечественных информационных технологий: материалы II межрегиональной научно-практической конференции. – Севастополь, 2016. – С. 73–74.
12. Буялич, Г. Д. Определение характера и величины воздействия колебаний кровли на крепь / Г. Д. Буялич, В. Ю. Умрихина // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сб. тр. V Междунар. науч.-практ. конф., Юрга, 21–23 мая 2015 г. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2015. – С. 441–444.
13. Буялич, Г. Д. Моделирование динамических колебаний блока кровли / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Инновации в технологиях и образовании: сб. ст. VII Между-нар. науч.-практ. конф., Белово, 28–29 марта 2014 г. в 4 ч. Ч. 1. – Белово, Велико Тырново: Изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, изд-во ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия, 2014. – С. 115–119.
14. Буялич, Г. Д. О форме динамических колебаний блока кровли при реакции крепи в виде сосредоточенной силы / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф., Прокопьевск, 4–5 марта. 2014 г. – Прокопьевск: изд-во филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, 2014. – С. 133–134.
15. Calculation of fluctuations in secondary roof collapses / Buyalich G. D., Buyalich K. G., Umrikhina V. Y. // MINER'S WEEK – 2015: Reports of the XXIII international scientific symposium. – 2015. – С. 520–525.
16. Буялич, Г. Д. О динамических колебаниях блока кровли при реакции крепи в виде распределенной нагрузки / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: сб. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 7–10 окт. 2014 г. [Электронный ресурс] – Кемерово: СО РАН, КемНЦ СО РАН, ИУ СО РАН, Кузбас. гос. техн. ун-т, ООО КВК «Экспо-Сибирь», 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска. – С. 108–110.
17. Буялич, Г. Д. Численное моделирование динамических колебаний кровли при ее обрушении / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Актуальные проблемы современного машиностроения: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Юрга, 11–12 дек. 2014 г. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2014. – С. 199–202.



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 338.26

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Мининг С. С.

mining@bsuedu.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия*

Рассмотрены факторы, определяющие кардинальным образом оптимальное недропользование. Предлагаются возможные пути совершенствования законодательной базы в сфере добычи твердых полезных ископаемых. Констатируется необходимость усиления роли государства в повышении конкурентоспособности предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Ключевые слова: оптимальное недропользование, стоимостная оценка запасов полезных ископаемых, дифференциация ставок платежей за пользование недрами, горная рента.

Представляется, что будущее геологии и рационального недропользования должно базироваться на трех основных постулатах:

- низкой ставке рефинансирования, характеризующей общее благосостояние страны;
- разумной налоговой системе, в которой регулирующие функции превалируют над фискальными;
- жесткой антикоррупционной политике.

К сожалению, эти три «кита» в нашей стране являются недостаточно эффективными. Усилить их можно лишь путем совершенствования законодательной базы.

Важнейшим, наряду с первым, является второй фактор, а именно совершенствование налоговой системы недропользования с целью стимулирования рационального использования и охраны недр на базе корректной геолого-экономической оценки запасов полезных ископаемых.

Логика подсказывает, что прежде чем что-то продавать, необходимо владеть инструментами определения стоимости объекта продажи. Поэтому стратегической задачей на настоящем этапе является разработка универсальных методов стоимостной оценки запасов полезных ископаемых.

В основу стоимостной оценки запасов полезных ископаемых должна быть положена горная рента. Главной причиной отказа от стоимостной оценки



запасов месторождений полезных ископаемых по горной ренте в настоящее время являются не технические сложности расчетов, а отсутствие должной политической воли. При этом громадные суммы горной ренты изымаются у горных предприятий металлургами, а затем банками, а основная часть горной ренты, принадлежащая всему населению страны, аккумулируется в активах миллиардеров.

Технические сложности определения горной ренты – того же порядка, что и расчета кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых. Эти показатели взаимосвязаны, поэтому горная рента может и должна рассчитываться в составе ТЭО кондиций. В свою очередь это будет стимулировать правильность и своевременность пересчета эксплуатационных кондиций.

Первоначально горная рента принадлежит собственнику недр, т. е. государству. Часть ее используется для воспроизводства минерально-сырьевой базы – выполнения поисковых и геологоразведочных работ. Особенностью является то, что покрытие затрат на разведку новых месторождений возможно лишь за счет действующих горных предприятий, эксплуатирующих уже разведанные месторождения. Поэтому не представляется возможной конкретизация затрат на разведку при исчислении горной ренты данного месторождения. Затраты на поиски и разведку далеко не всегда приводят к положительным результатам, т. е. могут быть «бросовыми», хотя они и являются объективно необходимыми, учитывая специфику разведочного процесса. Все это приводит к необходимости финансирования геологоразведочных работ из части получаемой горной ренты по средним показателям.

Дифференциация ставок платежей за пользование недрами возможна по уровню горной ренты конкретных эксплуатируемых месторождений и группам месторождений по сложности геологического строения и степени их изученности. Исключение составляет учет затрат на эксплуатационную разведку и поиски и разведку, выполняемые недропользователем. Эти затраты учитываются в общих затратах конкретного проекта и в оценке горной ренты данного месторождения.

Минерально-сырьевая политика РФ должна признавать необходимость перспективных НИР с широкими областями применения в целях укрепления минерально-сырьевой безопасности страны. В качестве таковых предлагаются следующие научно-исследовательские проекты:

1. Разработка методики стоимостной оценки запасов рудоминерального сырья.
2. Разработка методики определения стартовых платежей при передаче участков недр в пользование.



3. Разработка комплекса мер по совершенствованию налогообложения недропользования.

Выполнение указанных проектов явится частью той информационной и нормативно-правовой базы, которая должна обеспечивать принятие экономически целесообразных технических решений.

Изложенное позволяет сформулировать следующие основные выводы:

1. С учетом сырьевой направленности российской экономики оптимальное недропользование в условиях нестабильной экономики приобретает первостепенную роль.

2. Оптимизация кондиций на запасы твердых полезных ископаемых и эксплуатационных потерь должны осуществляться по единым критериям.

3. Целесообразен расчет многовариантных динамических кондиций для подсчета запасов для различных затратно-ценовых условий по максимуму ЧДД.

4. Одной из важнейших задач государства в нынешних нестабильных условиях является повышение конкурентоспособности сырьевого сектора, решение которой, несомненно, приведет к новому повышению стоимости запасов полезных ископаемых.

5. Необходимо активизировать усилия по разработке методики определения дифференцированных ставок платежей за пользование недрами, в основу которой должна быть положена горная рента.

6. Оптимальное недропользование непосредственно связано с безопасностью горных работ. Поэтому упразднение Государственного горного надзора и разделение надзорных функций между двумя разными ведомствами (Ростехнадзор и Росприроднадзор) представляется серьезной ошибкой.

7. Крайне необходим официальный регламент, определяющий оптимальную стратегию недропользования.

8. Как закономерным итогом целесообразным видится возникновение Государственного комитета по геологии и недропользованию.

В связи с вышеизложенным следует констатировать необходимость срочного пересмотра инструктивно-методических руководств, регламентирующих порядок минерального природопользования в увязке требований горного производства, контролирующих организаций и налоговых служб.

В настоящее время геологи похожи на солдат регулярной армии, внезапно застигнутых прочным миром. Конечно же, никакого мира нет и в помине, борьба за минеральные ресурсы велась со времени существования греческой цивилизации и ведется сейчас (о чем свидетельствует ближневосточный и украинский кризис).



В целом нынешний век в связи с возрастающими потребностями в минеральном сырье можно назвать эпохой борьбы за участки недр с повышенным уровнем горной ренты.

Вопросы минерально-сырьевой безопасности России сейчас стоят особенно остро в связи с негативными процессами, происходящими в экономике страны и в воспроизводстве минерально-сырьевой базы. Несмотря на то, что Россия богата полезными ископаемыми, низкая рентабельность их добычи и транспортировки делает их неконкурентными на международных рынках. Некоторые виды минерального сырья конкурентны либо по причине своих стратегических свойств (никель и платиноиды, алмазы, Zr и некоторые другие) либо за счет геологоразведочного и горнопромышленного задела, созданного при существовании Советского Союза, низкого уровня оплаты труда и критической техногенной нагрузки на экологическую среду.

Несмотря на многие положительные стороны, рыночная экономика не способна регулировать предпринимательскую и инвестиционную деятельность, а также экономические и социальные процессы в интересах всего общества и каждого человека в отдельности (так называемые «провалы рынка»). Частный бизнес не заинтересован вкладывать капитал в такие отрасли, которые не приносят достаточно высокой прибыли (академическая наука, геологоразведка, экология и др.).

В настоящее время добывающие компании, осуществляющие ГРР в соответствии с действующими лицензионными соглашениями, заинтересованы, прежде всего, в получении прибыли, а не в восстановлении МСБ. Разведочные работы в основном ведутся ими на лицензионных участках, работы на нераспределенном фонде недр не осуществляются.

По поводу экспорта минерального сырья необходимо заметить следующее. Рост объемов экспорта стратегических видов сырья обуславливает увеличение зависимости экономики страны от конъюнктуры мирового рынка, особенно нефти и газа. К тому же скоро и экспортировать будет нечего. Ведь останавливая геологоразведочные работы, мы в самой ближайшей перспективе столкнемся с угрозой отсутствия сырья не только для экспортных целей, но и для внутреннего потребления. А это повлечет за собой остановку добывающих и перерабатывающих предприятий, в большинстве своем градообразующих. Уже сейчас российская промышленность испытывает дефицит титанового, марганцевого, хромового и других видов сырья. Немаловажен и тот факт, что хотя по запасам многих видов минеральных ресурсов Россия и занимает ведущие места в мире (Cu-3, Pb-3, Zn-1, Sn – 2, W-3, Ni – 2, Hg -3, Sb- 4, Mo – 3), но по качественным характеристикам, горно-геологическим и другим условиям разработки наши



месторождения значительно уступают зарубежным. Нельзя забывать и о том, что наши потери в процессе добычи едва ли не самые высокие в мире, показатели извлечения полезных компонентов низки, а экологические последствия угрожающие.

К сожалению, в России в настоящее время слабо осуществляется среднесрочное и долгосрочное планирование и прогнозирование, преобладает краткосрочное, связанное с бюджетным планированием. И все это имеет место, несмотря на то, что в нашей стране имеются давние традиции именно долгосрочного планирования.

Важны и вопросы кадровой политики, поскольку человеческий капитал наиболее ценный ресурс, гораздо более важный, чем природные ресурсы или накопленные богатства.

Поэтому огромное значение имеют отбор, подготовка, постоянное обучение кадров. Большинству программ обучения недостает самого главного – соответствия современным требованиям. Если в прошлом веке геологи механически документировали геологические условия, вели буровые журналы, руководили опробованием и производили подсчет по бортовому содержанию, то теперь они должны обосновывать программы разведочных и подготовительных работ с учетом рентабельности и степени риска. К тому же их роль и принятие решений зачастую базируются на многих негеологических факторах, таких как технология добычи полезных ископаемых, экономика, политика, влияние горных работ на жизнь общества и др. В связи с этим для геолога необходимо постоянное расширение кругозора своих знаний.

К сожалению, сейчас превалирует мнение о том, что повышение квалификации – это издержки, а не капиталовложения, и это повышение только мешает людям сосредоточиться на настоящей работе. При этом бухгалтерская наука ничего не говорит о том, как учитывать стоимость человеческого капитала, а налоговое законодательство не стимулирует, если вообще допускает капитализацию расходов на повышение квалификации и подготовку кадров.



ГЕОЭКОЛОГИЯ

К ВОПРОСУ УЧЕТА И НОРМИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ПЫЛИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Боровлев А. Э.

borovlev@bsuedu.ru

*ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет», Белгород, Россия*

В статье приводятся результаты оценки необходимости отдельного нормирования компонентов выбросов пыли металлургического производства ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ» и количественного определения величин их удельных технологических выбросов.

Ключевые слова: пыль металлургического производства, нормирование выбросов, оценочный критерий, удельные технологические выбросы.

С начала эксплуатации горнорудных и металлургических предприятий выбросы в воздушный бассейн Белгородской области составили более 2 млн т [1]. Большинство источников выбросов указанных предприятий в соответствии с критериями [2] относятся к объектам, оказывающим негативное воздействие на окружающую среду (объекты НВОС) I категории. В числе приоритетных загрязнителей – многокомпонентная пыль металлургического производства. Сложность нормирования выбросов указанной пыли заключается в том, что её химический состав колеблется в широких пределах и имеет значительные различия вследствие специфики технологических процессов.

Оценку необходимости отдельного нормирования компонентов выбросов пыли металлургического производства рекомендуется проводить на основе расчета оценочного критерия R_i приложения 4 Методического пособия [4] по формуле (1):

$$R_i = \frac{X_i \cdot K_i \cdot \text{ПДК}_{\text{по SiO}_2}}{\Gamma H_i}, \quad (1)$$

где X_i – содержание i -го вещества в суммарном выбросе твердых веществ от данного источника, доли; K_i – стехиометрический коэффициент, учитывающий соотношение молекулярных масс нормируемого и фактически присутствующего в выбросе вещества, определяется по формуле (2) [4]:

$$K_i = \frac{n \cdot M_c}{m \cdot M_i}, \quad (2)$$



где M_c – молекулярная (атомная) масса вещества, г/моль; M_i – молекулярная (атомная) масса i -го компонента, г/моль; n и m – количество молекул (атомов) в уравнениях пересчета химических формул; $ГН_i$ – гигиенический норматив (ОБУВ или ПДК) содержания компонента в атмосферном воздухе, мг/м³; ПДК по SiO_2 – ПДК_{с.с.} неорганической пыли с нормированным содержанием диоксида кремния, по одному из кодов – 2907, 2908, 2909, мг/м³.

В зависимости от полученного значения коэффициента R_i (табл. 1) принимается решение о необходимости учета соответствующего компонента.

Таблица 1

Оценка необходимости учета и нормирования компонентов пыли [4]

Значение коэффициента R_i	Компоненты 1 и 2 классов опасности	Компоненты, не относящиеся к 1 и 2 классу опасности
$R_i < 0,1$	Нормирование суммарно с SiO_2	Нормирование суммарно с SiO_2
$0,1 \leq R_i < 1$	Учет и нормирование производятся отдельно	
$R_i \geq 1$		Учет и нормирование производятся отдельно

Оценка необходимости отдельного нормирования выбросов компонентной металлургической пыли дуговых сталеплавильных печей производства труб выполнена в рамках разработки нормативов допустимых выбросов для ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ» (объект НВОС I категории). Расчет оценочного критерия R_i выполнен на основе результатов количественного химического анализа пыли металлургической, улавливаемой газоочистными фильтрами. По результатам анализа содержание диоксида кремния в указанной пыли составляет 4,5 %, и следовательно, для рассматриваемой многокомпонентной пыли присваивается код 2909 (пыль неорганическая: до 20 % SiO_2). С учетом полученных расчетных величин коэффициента R_i (табл. 2) в составе рассматриваемой металлургической пыли следует учитывать и нормировать только оксиды марганца и хрома.

Однако, с учетом того, что в настоящее время согласно методике [5] для действующих объектов НВОС I категории подлежат нормированию вещества 1 и 2 класса опасности, включенные в Перечень загрязняющих веществ [6], то в конечном итоге, из представленных в таблице 2 семи компонентов металлургической пыли, необходимо нормировать только четыре, а именно: марганец (IV) оксид, медь оксид (в пересчете на медь), никель оксид (в пересчете на никель), хром (VI) оксид.



Оценка необходимости отдельного нормирования
компонентов пыли металлургической

Химичес. элемент (атомная масса)	Массовая доля, %	Наименование вещества на которое установлен ГН (молекулярная масса вещества)	Класс опасности	ПДК _i , мг/м ³	K _i	R _i	Отдельное нормирование
Mn (54,94)	3,786	Марганец и его соединения в пересчете на Марганца (IV) оксид (86,94)	2	0,001	1,582	5,990	Да
Ni (58,7)	0,035	Никель оксид в пересчете на никель (58,7)	2	0,001	1,000	0,035	Нет
Cu (63,55)	0,108	Медь оксид в пересчете на медь (63,55)	2	0,002	1,000	0,054	Нет
Fe (55,85)	22,13	Железо триоксид в пересчете на железо (55,85)	3	0,04	1,000	0,553	Нет
Mg (24,305)	5,31	Магний оксид (40,305)	3	0,05	1,658	0,106	Нет
Zn (65,39)	1,366	Цинк оксид в пересчете на цинк	3	0,05	1,000	0,027	Нет
Cr (52,0)	0,429	Хрома (IV) оксид (100)	1	0,0015	1,923	0,550	Да

Расчет оценочного критерия R_i для указанных 4-х веществ 1 и 2 класса опасности, а также их выбросов в атмосферу и удельных технологических выбросов (УТВ), представляется возможным проводить только на основе результатов количественного химического анализа пыли металлургической, улавливаемой газоочистными фильтрами.

Так согласно результатов прямых инструментальных замеров концентрации указанных компонентов в выбросах дуговых сталеплавильных печей оказались меньше нижнего предела обнаружения, установленного в применяемой методике [3]. При этом нижний предел обнаружения также меньше величины равной 0,5 ГН_{р.з.}. Поэтому в этом случае, согласно п. 29 Порядка проведения инвентаризации [7], выбросы указанных веществ должны быть приняты равными нулю.

Результаты количественного определения нормируемых компонентов пыли металлургической и их УТВ с учетом выпуска продукции на ООО «Бел-энергомаш-БЗЭМ» в объеме 2500 т труб/год приведены в таблице 3.



Таблица 3

**УТВ нормируемых компонентов пыли металлургической
ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ»**

Код	Наименование ЗВ	Массовая доля в уловленной пыли, X, %	Выбросы ЗВ		УТВ, кг/единицу продукции
			г/с	т/год	
0143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	5,991	0,01699	0,11917	0,048
0146	Медь оксид (в пересчете на медь)	0,108	0,00031	0,00215	0,0009
0164	Никель оксид (в пересчете на никель)	0,035	0,0001	0,00070	0,0003
0203	Хром (в пересчете на хрома (VI) оксид)	0,825	0,00234	0,01641	0,007
2909	Пыль неорганическая: до 20% SiO ₂	93,041	0,26386	1,85076	0,74

Таким образом оценку необходимости отдельного нормирования компонентов выбросов пыли металлургического производства целесообразно проводить на основе расчета оценочного критерия R_i приложения 4 Методического пособия [4] только для веществ, относящихся к 3 и 4 классу опасности. При этом расчет оценочного критерия R_i , а также величин выбросов компонентов металлургической пыли и их УТВ, рекомендуется проводить на основе результатов количественного химического анализа пыли металлургической, улавливаемой газоочистными установками.

Список литературы

1. Боровлев А.Э. Проблемные вопросы оценки риска здоровью населения Белгородской области на основе сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха // Управление городом: Теория и практика. – 2020. – № 4(38). – С. 53-56.
2. Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий: утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 № 2398 [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.04.2025).
3. М-01В/2011. Методика измерения массовой концентрации металлов в выбросах загрязняющих веществ в атмосферу и в воздухе рабочей зоны промышленных предприятий [Электронный ресурс]. – URL: <https://ohranatruda.ru> (дата обращения 20.04.2025).
4. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (Дополненное и переработанное). – СПб: НИИ Атмосфера, 2012. – 222 с.
5. Методика разработки (расчета) и установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух: утв. Приказом Минприроды РФ от



11 августа 2020 г. №581 [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.04.2025).

6. Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды: утв. Распоряжением Правительства РФ от 20.10.2023. № 2909-р [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.04.2025).

7. Порядок проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки: утв. Приказом Минприроды РФ от 19.11.2021 № 871 [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.04.2025).



УДК 630*181.351

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ЛЕСНЫМИ ТЕРРИТОРИЯМИ ДЛЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ПРОХОРОВСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Васильев Н. А.

svetlana.mila139@yandex.ru

*Научный руководитель: Сазонова Н.В., к. г. н., доцент
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

Цифровизация лесного хозяйства становится все более важной темой в свете глобальных экологических изменений, увеличения темпов вырубки лесов и необходимости устойчивого управления природными ресурсами. В условиях кризиса, вызванного изменением климата, экономическими трудностями и социальными вызовами, внедрение цифровых технологий может стать ключевым фактором для повышения эффективности лесного хозяйства, а также необходимостью оптимизации процессов управления лесами, повышения прозрачности и ответственности в использовании лесных ресурсов, а также внедрения инновационных подходов к охране окружающей среды. Цель исследования заключается в поиске и анализ возможностей, которые предоставляет цифровизация в качестве инструмента для решения актуальных проблем лесного хозяйства и рекреации, оценить её влияние на обеспечение устойчивого управления лесными ресурсами, а также выявить потенциальные преимущества и риски, связанные с внедрением современных цифровых технологий в эту сферу.

Ключевые слова: лесное хозяйство, цифровизация, рекреация, ЛесЕГАИС, экология, рекреационные ресурсы, охрана окружающей среды, аэрокосмические снимки.

Введение

В современном мире цифровизация управленческих процессов стала неотъемлемой частью развития экономики и общества. Особое значение она приобретает в лесном хозяйстве, где эффективное управление ресурсами, контроль и прогнозирование необходимы для обеспечения как устойчивого развития этой сферы экономики, так и сохранения биоразнообразия.

В последние десятилетия цифровизация стала ключевым фактором трансформации многих отраслей, включая лесное хозяйство и рекреацию. Она открывает новые возможности для повышения эффективности, устойчивого управления ресурсами и улучшения экологической ситуации. Внедрение цифровых технологий позволяет оперативно реагировать на изменения в



окружающей среде, оптимизировать процессы лесозаготовки, переработки и транспортировки древесины, а также улучшить мониторинг состояния лесов и охрану окружающей среды.

Цифровизация процессов управления национальной экономикой в последние годы становится приоритетной задачей развития не только экономики, но и общества в целом. Лесной сектор экономики традиционно, помимо лесопромышленного комплекса, включает в себя и лесное хозяйство, для которого цифровизация в области управления ресурсами, контроль и прогнозирование крайне важны для устойчивого развития отрасли [1].

Исходя из этого существуют некоторые проблемы в развитии цифровизации лесного хозяйства на территории Российской Федерации, вот некоторые из них:

- разрозненность использования цифровых решений. Это связано с низким уровнем технического обеспечения в разных субъектах РФ;
- зависимость от финансовых возможностей и наличия инвестиций. Покупку дорогостоящих роботов может позволить себе только передовое производство;
- качество собираемой информации. Данные на всей цепочке производства генерирует человек, поэтому существует высокая вероятность ошибок и неточностей;
- отсутствие спутниковой связи. Во многих районах страны это затрудняет указание точных координат загрузки лесовоза;
- сбои в системах. Они могут парализовать работу отрасли, вызвать задержку реализации сделок и рост убытков;

По данным Федерального агентства лесного хозяйства, в 2025 году планируется сформировать федеральную государственную информационную систему лесного комплекса, которая объединит все отдельные информационные системы и станет основой для предоставления государственных услуг в лесной отрасли.

Принятая год назад Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года констатировала, что «проблемы сохранения и использования лесов становятся все более многообразными и сложными. Изменяются стандарты управления лесами, которые должны отвечать возросшим международным, социальным, экологическим и экономическим требованиям. Увеличиваются усиленные последствиями изменения климата угрозы гибели лесов от пожаров, вредных организмов и других неблагоприятных факторов, риски утраты лесами биологического разнообразия [5]. Поэтому одними из пунктов стратегии развития лесного хозяйства являются – повышение научно-технического, технологического и



кадрового потенциала лесного хозяйства, а также технологическое обновление и модернизация материально-технической базы использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, лесопромышленных производств с использованием наилучших доступных технологий.

Основная часть

Прохоровский район образован в июле 1928 года, представляет собой часть территории Белгородской области и является ее самоуправляемой административно-территориальной единицей. Он расположен на севере Белгородской области. С запада граничит с Ивнянским районом, с юга – с Яковлевским и Корочанским районами, с востока – с Губкинским районом Белгородской области, а с севера – с Курской областью. Площадь территории составляет 1378,7 кв. км, из них 86,4 % – сельхозугодья, 7,2 % – леса и кустарники, 0,5 % – вода, 5,8 % – прочие земли (рис. 1).

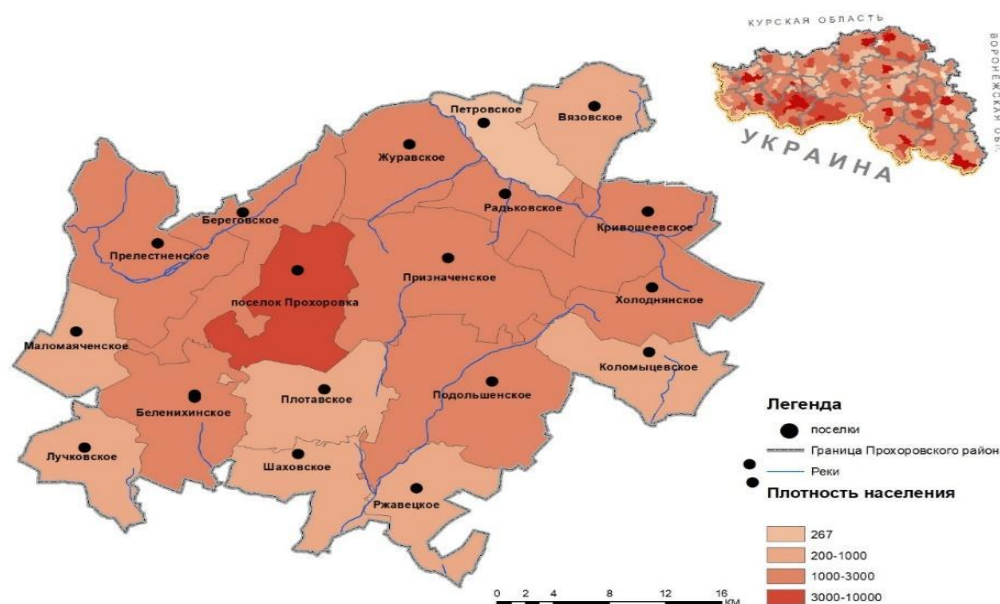


Рис. 1. Карта Прохоровского района с границами и плотностью населения

Лесной комплекс России в области внедрения цифровых технологий отстает от большинства других отраслей и комплексов промышленности России, и от цифровизации международных лесных компаний. По мнению международного института McKinsey, передовые международные лесные компании постепенно переходят к технологичной модели управления «точному лесному хозяйству» (Precision forestry), который отличается высокой степенью автоматизации [1].

В Прохоровском районе преобладают лесные массивы, характерные для лесостепной зоны Центрального Черноземья. Лесистость территории составляет примерно 7 %. На рисунке 2 представлен перечень памятников



природы регионального значения Белгородской области Прохоровского района [3].

Среди наиболее крупных лесных массивов можно выделить:

- охотничий заказник «Прохоровский» площадью 1250 га;
- урочище «Щёлоковская дача» площадью 295 га;
- урочище «Сторожевое», входящее в состав музея-заповедника «Прохоровское поле», площадью 273 га;
- урочище «Большое Сорное» площадью 47 гектаров, где произрастают редкие и исчезающие виды растений.

Прохоровское лесничество			
1.	Урочище «Большое Сорное» Решение исполнительного комитета областного совета народных депутатов от 30.08.91 г. №267 «О создании сети ООПТ»; Федеральный закон от 14.03.1995 г. №33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях»	31,0	Прохоровское лесничество, кв.17
2.	Урочище «Таратайкина роща» Решение исполнительного комитета областного совета народных депутатов от 30.08.91 г. №267 «О создании сети ООПТ»; Федеральный закон от 14.03.1995 г. №33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях»	35,4	Прохоровское лесничество, кв.31
3.	«Зеленые насаждения» Решение исполнительного комитета областного совета народных депутатов от 30.08.91 г. №267 «О создании сети ООПТ»; Федеральный закон от 14.03.1995 г. №33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях»	1007,3	Прохоровское лесничество, кв.54 (2-11,13, 20-23), 55 (1-7, 9-24), 60, 61 (4-23), 62 (3, 5, 7-9, 12-14, 17, 21, 22), 63, 64 (2-4, 6-18), 65, 66,70, 71, 72 (3-6), 74, 75, 83- 87, 89, 90 (1-9, 11), 98, 99, 100 (1, 2, 4-8), 101 (1-6), 102, 103 (1-4), 111 (1-4), 112 (1, 2), 127
Итого по лесничеству:		1073,7	

Рис. 2. Перечень памятников природы регионального значения Белгородской области Прохоровского района

В лесах преобладают лиственные породы деревьев: ольха, лещина, дуб, берёза, клён, осина, бересклет, липа. На песчаных участках также можно встретить хвойные породы, в частности сосну.

В лесах района обитает множество видов животных, что делает их важными для сохранения биологического разнообразия региона. Лесные массивы играют ключевую роль в поддержании экологического баланса и сохранении природных ландшафтов. Общая площадь лесного фонда района составляет 4621 гектар. Лесные ресурсы требуют бережного отношения и рационального использования для сохранения их ценности и функциональности.

С учетом всего вышесказанного можно представить основные направления цифровизации лесного хозяйства Прохоровского района.



Основные направления цифровизации включают в себя разные компоненты из различных сфер промышленности и экономики.

К основным направлениям цифровизации лесного хозяйства относятся:

- мониторинг и управление лесными ресурсами. В целях обеспечения эффективного управления лесными ресурсами предлагается использовать современные технологии, такие как спутниковые снимки и дроны для мониторинга состояния лесов, выявления незаконных вырубок и пожаров. Это позволит оперативно принимать меры и минимизировать ущерб (системы глобального позиционирования (GPS) для отслеживания маршрутов лесозаготовок. Геоинформационные системы (ГИС) для анализа изменений в лесном покрове);

- интеграция данных и искусственный интеллект. Для более точного анализа данных и прогнозирования различных угроз предлагается использовать алгоритмы машинного обучения. Это позволит принимать более обоснованные решения (модели машинного обучения для предсказания распространения болезней деревьев. Системы раннего предупреждения о лесных пожарах);

- автоматизация и роботизация. Для повышения эффективности и снижения затрат предлагается использовать роботов и автоматизированные системы для выполнения рутинных задач, таких как посадка деревьев, уход за лесом и уборка мусора (роботы для посадки деревьев, автоматизированные системы для уборки мусора и ухода за лесными тропами);

- экологический мониторинг и управление углеродным балансом. Для контроля уровня углекислого газа, выделения кислорода и других экологических показателей предлагается использовать датчики и технологии. Это поможет управлять углеродным балансом и сохранять экосистемы (датчики для мониторинга уровня углекислого газа и выделения кислорода, системы управления углеродным балансом);

- информатизация лесного хозяйства. Основным направлением развития информатизации в лесном хозяйстве должно стать создание единой автоматизированной информационной системы как единой платформы для обеспечения информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц в области лесных отношений.

- образование и повышение осведомлённости. Для формирования экологической культуры и ответственного отношения к природе предлагается использовать цифровизацию. Это повысит осведомлённость населения о важности лесов и способах их сохранения (онлайн-курсы и образовательные платформы, мобильные приложения для отслеживания состояния лесов и участия в экологических инициативах).



Среди множества программ и платформ по цифровизации леса, стоит уделить внимание ФГИС ЛК (Федеральная государственная информационная система лесного комплекса). Это ключевая система, предназначенная для оптимизации процессов управления лесным комплексом России.

ФГИС ЛК — это информационная система, предназначенная для сбора, хранения и обработки данных о лесном комплексе России. Система позволяет участникам лесного комплекса обмениваться информацией и взаимодействовать друг с другом, а также получать доступ к различным сервисам и услугам. Например, тематическая карта «Информация о давности проведения лесоустройства в отношении лесничеств Прохоровского района» (рис. 3).

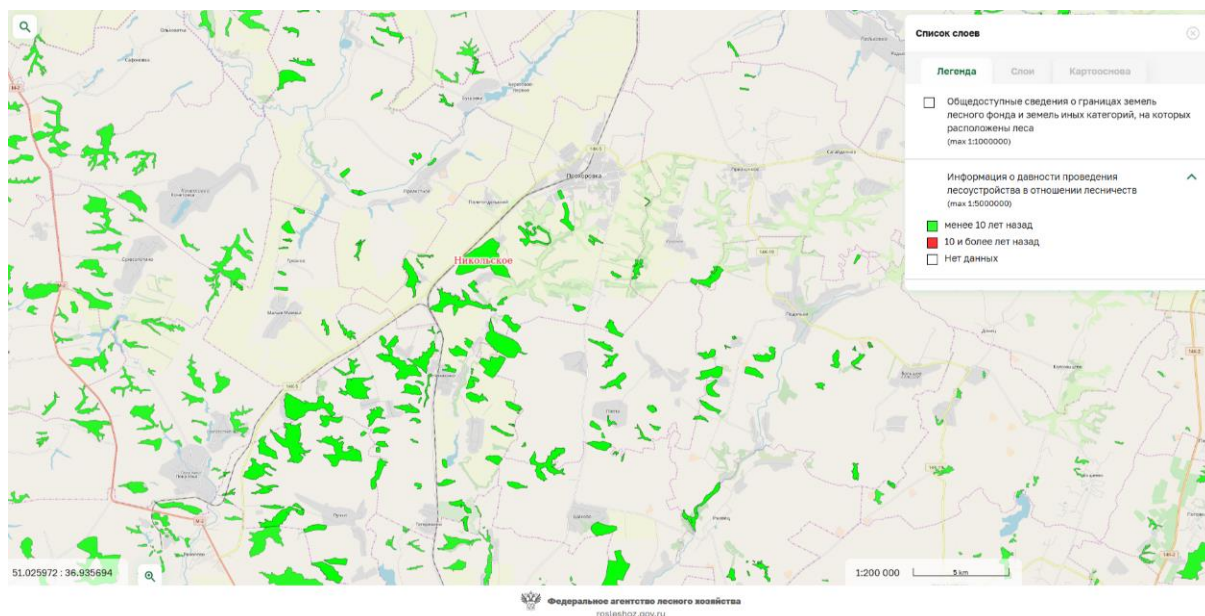


Рис. 3. Информация о давности проведения лесоустройства в отношении лесничеств Прохоровского района

Заключение

Исследование лесных и рекреационных ресурсов Прохоровского района показало, что предметом цифровизации лесных ресурсов Прохоровского района для развития рекреационных ресурсов могут служить. Создание цифрового реестра лесных участков. Разработка и внедрение информационной системы, которая позволит хранить и обрабатывать данные о лесных участках, включая их площадь, состояние растительности, наличие туристических маршрутов и зон отдыха, а также мониторинг состояния лесов с помощью дронов и спутников. Использование беспилотных летательных аппаратов и спутниковых снимков для контроля состояния лесов, выявления участков, требующих внимания, и мониторинга туристических потоков. Данные могут быть использованы для оптимизации маршрутов и планирования развития рекреационной инфраструктуры.



Использование геоинформационных систем (ГИС) для планирования развития рекреационной инфраструктуры. ГИС могут помочь определить оптимальные места для размещения туристических баз, кемпингов, информационных стендов и других объектов инфраструктуры. Также в этот перечень можно включить разработку системы мониторинга лесных пожаров с использованием цифровых технологий. Для территории Прохоровского района данная тематика не так актуальна, но может быть использована для других регионов Российской Федерации. Создание интерактивных карт с информацией о флоре и фауне, можно отметить, что разработка карт, на которых будет представлена информация о видах растений и животных, обитающих в лесах Прохоровского района, поможет туристам лучше понять природу региона и соблюдать правила поведения, чтобы не навредить экосистеме. Интеграция данных о лесных ресурсах в системы управления туризмом, показывает, что включение информации о лесных маршрутах, достопримечательностях и условиях посещения в системы управления туризмом, используемые туристическими администрациями и операторами обеспечивает более эффективное планирование и организацию туристических мероприятий.

В заключение можно сделать вывод, что цифровизация лесного хозяйства представляет собой важный шаг на пути к устойчивому развитию и рациональному использованию лесных ресурсов. Она позволяет повысить эффективность управления лесами, обеспечить сохранность природных богатств и создать условия для развития экологически ориентированной экономики.

Список литературы

1. Кузминых, Ю. В. ЛесЕГАИС в системе контроля лесного экспорта / Ю.В. Кузминых, С. Е. Грязнов // Цифровые технологии в лесном секторе : Материалы II Всероссийской научно-технической конференции-вебинара, Санкт-Петербург, 18–19 февраля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2021. – С. 72-74. – EDN TZSCCB.
2. Кузьмичев Е.П., Трушина И.Г., Трушина Н.И. Научно-технологическое развитие и инновационные исследования в лесном хозяйстве зарубежных стран: обзор источников // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 1. – с. 94–108. – doi: 10.24419/ LHI.2304–3083.2022.1.07..
3. Лесной план Белгородской области, утвержденный постановлением губернатора Белгородской области от 19 марта 2009 года № 14-пг «Об утверждении лесного плана Белгородской области» (дата обращения 27.02.2025).
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года» от 11.02.2021 г. № 312-р. URL: <https://inlnk.ru/LAAVNO> (дата обращения 27.02.2025).
5. Федеральное агентство лесного хозяйства Публичная лесная карта // pub.fgislk.gov.ru URL: <https://pub.fgislk.gov.ru/map/> (дата обращения: 02.03.2025).



УДК 630

ОПЫТ СОЗДАНИЯ КАРБОНОВЫХ ФЕРМ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ЛГОК

Голеусов П. В.

goleusov@bsuedu.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

*Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда, проект
№ 23-17-00169 (<https://rscf.ru/project/23-17-00169/>)*

Разновидностью климатических проектов, связанных с увеличением поглощения парниковых газов, являются проекты по созданию карбоновых ферм – территорий, на которых обеспечивается более высокое, по сравнению с текущим, поглощение углекислого газа в процессе фотосинтеза и накопление углерода в фитомассе, мортмассе, а также органическом веществе почвы.

Как правило, карбоновые фермы создаются на сельскохозяйственных угодьях и землях лесного фонда (Сулин, 2021; Экономические аспекты..., 2021). Однако потенциально это может быть любой участок земной поверхности, где обеспечивается более высокий, по сравнению с естественным, уровень поглощения CO_2 .

На промышленных землях лесоклиматические проекты выполняют также санитарно-гигиеническую функцию, снижая аэральную миграцию техногенных поллютантов. Крупные промышленные предприятия горнодобывающего комплекса располагают достаточной площадью земель, нарушенных или попавших в контур промышленного использования, чтобы обеспечить экономически рентабельное производство углеродных единиц.

В рамках соглашения о сотрудничестве в сфере мониторинга углеродного баланса и реализации климатических проектов НИУ «БелГУ» и АО «Лебединский ГОК» реализуют совместный пилотный проект карбоновой фермы площадью 5 га для отработки схемы создания, мониторинга, валидации и верификации результатов.

На начальном этапе реализации дано научное и технико-экономическое обоснование проекта, проведены полевые обследования экосистемы площадки, обоснование и исследования по определению фотосинтетической



активности посадочного материала, разработана система мониторинга углеродного баланса карбоновой фермы.

В ходе проведённых исследований установлено, что участок для создания карбоновой фермы представляет собой залежь возрастом 12 лет, имеет нарушения почвенного покрова путём отсыпки карбонатного субстрата и перемешивания почвенного материала. На участке имеется древесно-кустарниковая растительность площадью 11 % от общей площади участка.

На основной территории распространена разнотравно-злаковая растительность, с запасом надземной фитомассы 12 т/га. Почвенный покров представлен чернозёмами глинисто-иллювиальными с запасом углерода в слое 0-30 см в среднем 100 т/га и в незначительной степени – техногенными поверхностными образованиями.

Для создания карбоновой фермы рекомендовано использование саженцев тополя Симона (*Populus simonii* Carrière), как вида, обладающего быстрым ростом и высоким поглощением углекислого газа (в среднем $28-35 \text{ ммоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$), имеющего устойчивость к загрязнению воздуха и почвы, не образующего пуха. Также данный вид отличается декоративностью и устойчивостью к заболеваниям. Для посадки использованы саженцы с закрытой корневой системой, выращенные из черенков в течение 1 вегетационного периода. Схема посадки $4 \times 4 \text{ м}$, всего высажено 3000 шт. в осенний период.

Мониторинг насаждения включает первичный учёт приживаемости, аллометрические измерения (на экспериментальном участке – ежегодные до 5-летнего возраста, далее – через 5 лет), прямые измерения поглощения CO_2 , определение запаса углерода в подстилке, органическом веществе почвы (раз в 5 лет).

Предполагаемый срок использования насаждения – 45 лет. За период использования будет произведено не менее 2 250 углеродных единиц.



РОЛЬ И МЕСТО ГОРОДСКИХ ПАРКОВ В ОБЩЕСТВЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ГОРОДА БЕЛГОРОДА

Дитяткина Д. В.

jusadaa17@gmail.com

*Научный руководитель: Марциневская Л.В., к. г. н., доцент
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

В статье приводится комплексный анализ парковых зон города Белгорода.

Ключевые слова: экологический каркас, городские парки, зеленые зоны, экосистема, урбанизация.

Городские парки являются основой общественного пространства городов России. Они выполняют ряд функций крайне важных для урбанизированных территорий: экологические, социальные культурно-образовательные, рекреационные и конечно экономические.

Современные парки проектируются как многофункциональные пространства, где каждый посетитель может найти занятие по интересам: от активного отдыха до спокойного созерцания природы. При этом особое внимание уделяется созданию баланса между природной и утилитарной составляющей, что позволяет эффективно использовать территорию и удовлетворять разнообразные потребности горожан.

Белгород – город на юге средней полосы европейской части России, административный центр Белгородской области. Именно Белгород является городом первого салюта. Площадь города составляет 153,1 км², а население 328 482 (2024 год). В последние годы численность имеет тенденцию к уменьшению. Это связано с геополитической обстановкой в стране и его приграничным положением. Несмотря на возникающие трудности город активно развивается, строится, проводятся реконструкции и различного рода мероприятия. В настоящее время в Белгороде функционируют 15 городских парков.

При помощи программного обеспечения ArcMap 10.8 для наглядности нами была составлена картосхема зеленых зон (рис. 1).

На картосхеме было решено оставить зону лесов и акваторий, которые являются природными экологическими системами, благодаря этому было установлено, что наибольшая концентрация городских парков расположена в центральной части города.

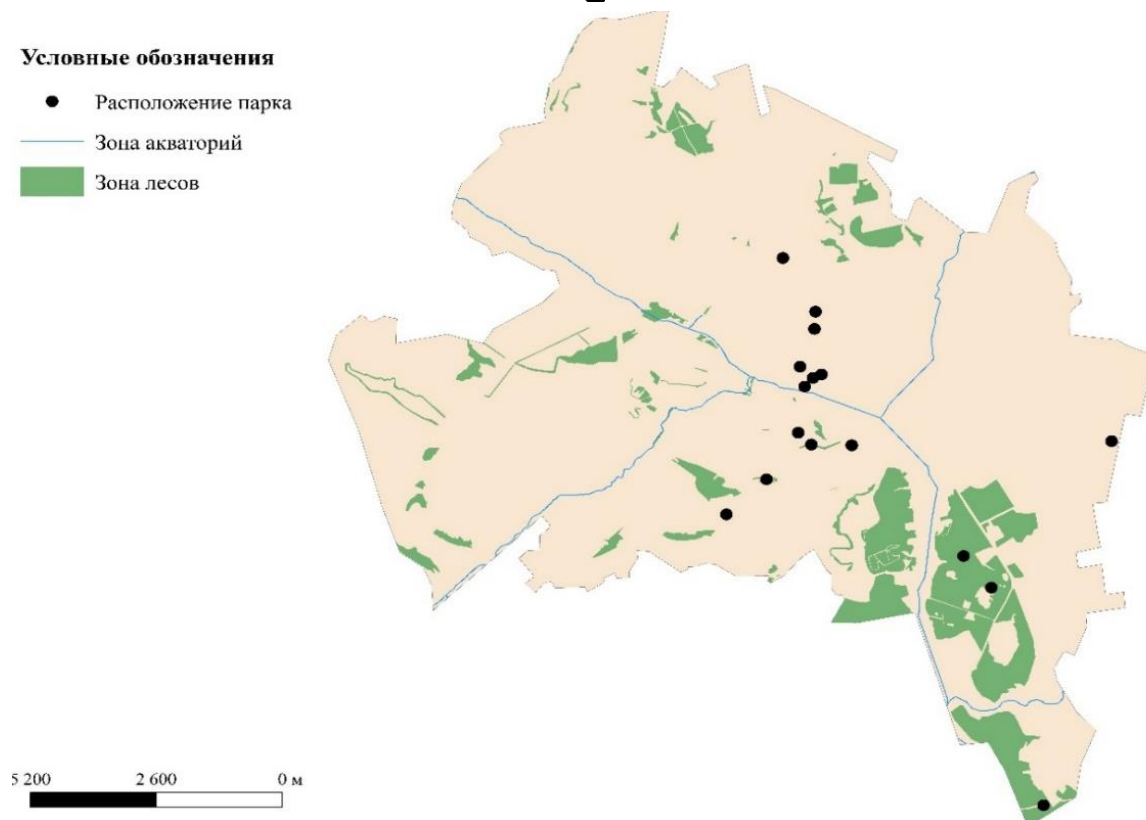


Рис. 1. Картосхема зеленых зон города Белгорода (составлена автором)

Юго-западная часть города характеризуется особым расположением парковой инфраструктуры, которая тесно связана с природными факторами: наличие достаточно крупных природных лесных массивов и наличием водных объектов.

Подробный анализ городских парков мы представили в виде таблицы. В ней мы отобразили наиболее важные характеристики.

Проанализировав площадь всех парков, можно сделать вывод о том, что по существующей классификации, в Белгороде функционируют 10 малых парков (0-20 га), 4 средних (20-100 га) и 1 большой (белее 100 га). В процентном соотношении это – 67/27/6 %. Лесопарк Сосновка имеет площадь 180 га, что делает его крупнейшим в городе. Парк имеет разветвленную сеть асфальтированных тропинок как для пешеходных прогулок, так и для велопрогулок, а также фудкорты, беседки, лавочки. Белгородские парки по назначению делятся на многофункциональные и специализированные (спортивные, детские, мемориальные, культурно-развлекательные и т.д.). К многофункциональным паркам относят большая часть парков города, такие как Парк Ленина, Парк Победы, самый молодой парк города «Берега», который должен связать разрозненные парковые и рекреационные зоны в единый экологический каркас из водных и зелёных объектов города и пригорода.



Анализ городских парков Белгородского района

Название парка	Местоположение	Площадь (га)	Доступность	Историческая справка и инфраструктура
2	3	4	5	6
Белгородский зоопарк	Волчанская ул., 292 Ж	25	Автобусы/маршрутные такси до остановок «Белгородский зоопарк» или «Волчанская». Личный транспорт (парковка)	Открыт в 2017 году. Содержит около 300 видов животных со всего мира. Парк оборудован для маломобильных граждан, кафе, торговые точки
Белгородский Парк Динозавров	Волчанская ул., 292Д	4	Автобусы/маршрутные такси до остановок «Белгородский зоопарк» или «Волчанская». Личный транспорт (парковка)	Открыт в 2016 году. Представляет собой коллекцию динозавров в натуральную величину. Парк оборудован для маломобильных граждан, кафе, торговые точки
Пикник-Парк	Дальняя Тихая ул., 2П	15	Автобусы/маршрутные такси. Личный транспорт (парковка)	Современный парк с зонами для пикников, спортивными площадками, веревочным парком и другими развлечениями. Имеет развитую инфраструктуру для отдыха
Южный парк	Микрорайон Южный	13	Автобусы/маршрутные такси по микрорайону Южный. Пешая доступность для жителей микрорайона	Создан в конце XX века как место отдыха для жителей микрорайона. Стандартная парковая инфраструктура (скамейки, дорожки)
Парк Победы	вдоль реки Везелка и ул. 5 Августа	45	Автобусы/маршрутные такси до ул. Победы. Личный транспорт (парковка)	Посвящен Победе в ВОВ. Открыт в 1985 году к 40-летию Победы. В парке находятся мемориалы, фуд-корты
Белгородский городской парк культуры и отдыха им. В.И. Ленина	ул. Островского, 20	19	Автобусы/маршрутные такси до центра города (остановка «Центральный рынок» или близлежащие остановки) (парковка). Пешая доступность из центра.	Старейший парк города, основан в XIX веке. В советское время назван в честь В.И. Ленина. Парк на реконструкции, но в будущем это многофункциональный парк



Продолжение таблицы

2	3	4	5	6
Горсад	Гражданский проспект	5	Автобусы/маршрутные такси до центра города (ост. «Гражданский проспект» или близлежащие остановки). Пешая доступность из центра	Исторический парк в центре города. Был местом проведения городских гуляний и праздников. Фонтаны, памятники, кафе
Парк им. Гагарина	улица № 14 Мичуринская	0,4	Автобусы/маршрутки до ул. Мичурина	Небольшой парк, названный в честь первого космонавта Ю.А. Гагарина. Стандартная инфраструктура: памятник, скамейки
Пушкинская аллея	вдоль ул. Белгородского полка	-	Автобусы/маршрутки до центра города (остановки вдоль ул. Белгородского полка)	Пешеходная зона в историческом центре города. Стандартная инфраструктура
Сквер Южный	Микрорайон Южный	1,3	Автобусы/маршрутные такси по микрорайону Южный. Пешая доступность для жителей микрорайона.	Небольшой сквер для отдыха жителей микрорайона. Скамейки, детская площадка
Свято-Троицкий бульвар	Центр города	1,9	Автобусы/маршрутные такси до центра города (остановка «Соборная площадь»). Пешая доступность.	Пешеходная зона, соединяющая Соборную площадь и Свято-Троицкий храм. Фонтаны, клумбы, скамейки
Парк Дуба	в районе Харьковской горы	22	Автобусы/маршрутки до района Харьковской горы (парковка)	Небольшой парк вокруг старого дуба. Скамейки, торговые точки
Лесопарк Сосновка	Северо-западная окраина города	180	Автобусы/маршрутные такси до северо-западной окраины. Личный транспорт (парковка)	Крупный лесопарк, популярное место для прогулок и отдыха на природе. Пешеходные тропинки для активного отдыха, места отдыха(беседки)
парк 70 лет Октября	Микрорайон Новый	1,9	Автобусы/маршрутные такси по микрорайону Новый. Пешая доступность для жителей микрорайона.	Парк, названный в честь 70-летия Октябрьской революции. Стандартная парковая инфраструктура (скамейки, дорожки, детская площадка).
Парк «Берега»	Крейда, ул. Корочанская	33	Автобусы/маршрутные такси по микрорайону Новый. Пешая доступность для жителей микрорайона.	всесезонная рекреационная зона, парк заложен вдоль русла реки Северский донец, он включает пляжную, спортивную, пикниковую зоны, парк аттракционов «Калейдоскоп»



Как правило в этих парках проводят основные мероприятия города. Самыми запоминающимися были фестиваль «Белгородское лето», который посетили более 250 тысяч человек и «Белгород в цвету», более 500 тысяч человек [5]. О всех актуальных мероприятиях можно узнать в социальных сетях и на странице МАУК «Дирекции парков и скверов городского округа «Город Белгород». Данное учреждение создано в 2022 году для предоставления культурно-досуговых услуг путем разработки и реализации на территории городского округа «Город Белгород» фестивальных проектов и культурно-массовых программ [4].

С учетом текущей оперативной обстановки в парковых зонах города проводят и сейчас различного рода мероприятия: Всероссийская и региональные акции, концерты, мастер-классы, выставки, лекции, спортивные активности и другие мероприятия. Большинство мероприятий можно посетить по «Пушкинской карте» или бесплатно.

Если мы говорим о посещаемости парков города, то пик приходится на теплое время года (весна, лето, начало осени). Основные факторы, влияющие на посещаемость: погодные условия, дни недели и праздники, проводимые мероприятия, инфраструктура, транспортная доступность, а также состояние и привлекательность парка. Белгородский зоопарк и Парк динозавров посещают не только в летнее время, но в новогодние праздники. Пикник-Парк и лесопарк Сосновка имеют общие тенденции к посещению. В теплое время парки пользуются высоким спросом для прогулок, занятий спортом и пикников. Зимой парки посещают лыжники.

Парк Победы – это главный патриотический парк города. Пик посещения приходится 9 мая и в другие памятные даты, связанные с ВОВ. В летний период парк пользуется высоким спросом у горожан. Это связано с тем, что парк предлагает разные варианты для отдыха: семейные мероприятия, культурные и экскурсионные программы.

Городской парк культуры и отдыха им. Ленина и Городской сад имеют высокую посещаемость в течение всего года, особенно в дни с благоприятными погодными условиями, благодаря расположению в центре города и развитой инфраструктуре. Скверы и небольшие парки в микрорайонах пользуются меньшим спросом.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что практически в каждом районе города есть зеленая зона. Парки города включают в себя различные виды: начиная от небольших скверов и заканчивая крупными лесопарковыми зонами. Практически каждый район города имеет в пешей или ближайшей транспортной доступности место отдыха, прогулки, занятия спортом. В последнее время власти уделяют большое внимание эстетической



составляющей: например, было высажено около 5,5 миллионов луковиц тюльпанов на территории всего города. В будущем при развитии парковой инфраструктуры будет расти спрос на посещение данных мест не только у местных жителей, но и у туристов и гостей города.

Список литературы

1. Белогорье. Культурный регион. Парки Белгорода [Электронный ресурс]. – URL: <https://bel.cultreg.ru/overviews/116/parki-belgoroda> (дата обращения: 21.01.2025).
2. Кононов, А. А. Функциональное зонирование территории парка «Победа» города Белгород / А. А. Кононов, К. Р. Абдеминова, Я. А. Саркисова, Н. В. Ширина // Вектор ГеоНаук. – 2022. – Т.5. – №2. – С. 41-44.
3. Матвеевко, Ю. Д. Реконструкция исторического парка культуры и отдыха в городской среде на примере парка им. В. И. Ленина в Г. Белгороде / Ю. Д. Матвеевко // XII Международный молодежный форум "Образование. Наука. Производство": Материалы форума, Белгород, 01–20 октября 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 2020. – С. 223-228.
4. Фестивали. <https://vk.com/festivali31> Дата обращения: 13.05.2025
5. <https://belregion.ru/press/news/index.php?ID=83134> Дата обращения: 13.05.2025



УДК 622

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВСКРЫШНЫХ И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

Донецкий С. В.

donetskiy@bsuedu.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

В статье рассмотрены основные виды использования вскрышных и вмещающих горных пород при разработке общераспространенных полезных ископаемых на месторождениях, разрабатываемых открытым способом. Проведен анализ нормативной документации, регламентирующей права и обязанности недропользователей в части использования вскрышных и вмещающих горных пород, образовавшихся при осуществлении пользования недрами на предоставленном в пользование участке недр. Представлены правовые разграничения отходов производства и потребления и отходов недропользования (вскрышных и вмещающих горных пород). Отражены проблемы пользователей недр Белгородской области в части недостатка или переизбытка объемов вскрышных и вмещающих пород для целей рекультивации, на основании которых поднимаются вопросы о возможности их решения.

Ключевые слова: вскрышные и вмещающие породы, отходы производства и потребления, рекультивация, недропользователь

Разработка месторождений открытым способом в зависимости от геологического строения участка преимущественно предполагает удаление горных пород, покрывающих полезное ископаемое. В результате подготовки полезной толщи к выемке пользователь недр вынужден извлекать из недр зачастую значительный объем вскрышных пород, которые складываются в отвалы в непосредственной близости к участку недр, а иногда и во временные отвалы, покрывая участок полезной толщи.

Подобные отвалы вскрышных пород могут продолжительное время занимать площади земной поверхности, вплоть до завершения периода добычи полезного ископаемого. Кроме того, до недавнего времени вскрышные и вмещающие породы считались отходами производства и потребления, размещение которых в отвалах согласно Федеральному закону [3] могло осуществляться до 11 месяцев без взимания платы. По истечении 11 месяцев недропользователю необходимо было оплачивать хранение размещенных объемов отходов до перемещения их с площадей хранения.



После вступления в силу Федерального Закона «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2] вскрышные и вмещающие породы в большинстве случаев перестают считаться отходами производства и потребления. Они могут быть использованы без присвоения статуса отходов для [1]:

- добычи полезных ископаемых и полезных компонентов;
- собственных производственных и технологических нужд;
- ликвидации горных выработок и иных сооружений, связанных с использованием недр;
- рекультивации земель;
- проведения горных работ;
- передачи другому недропользователю для собственных производственных и технологических нужд, предусмотренных законодательством.

Однако при этом с учетом действия актуальных нормативных актов [2, 4–6] проектная документация недропользователя должна содержать информацию об объемах образования и использования вскрышных пород, их составе, условиях и сроках использования, а также требования к их хранению. Кроме того, при передаче вскрышных пород другому недропользователю, решения по их использованию должны отражаться в проектной документации передающей и принимающей стороны, и дальнейшая их передача принимающей стороной запрещена. Пользователь недр может передавать вскрышные и вмещающие породы иным лицам, не связанным с осуществлением пользования недрами для собственных производственных и технологических нужд. Только в этом случае объект хранения вскрышных и вмещающих пород перейдет в статус объекта размещения отходов производства и потребления.

Ввиду принятых изменений в законодательстве, появилась возможность активизации использования отходов недропользования в промышленности. Описанные изменения в правовом регулировании позволяют решить проблемы пользователей недр Белгородской области в части недостатка или переизбытка объемов вскрышных и вмещающих пород для целей рекультивации путем перераспределения вскрышных и вмещающих пород между недропользователями.

В зависимости от геологических и технических условий разработки на участках недр могут возникать следующие обстоятельства в части извлекаемых объемов вскрышных и вмещающих пород и объемов пород, необходимых для рекультивации:

- 1) объемы извлекаемых вскрышных пород соответствуют объемам пород необходимых для рекультивации – у недропользователя возникает безотходное горное производство;



2) объемы пород необходимых для рекультивации превышают объемы извлекаемых из недр вскрышных и вмещающих пород – у недропользователя возникает потребность в породах для выполнения рекультивации;

3) объемы извлекаемых вскрышных пород превышают объемы пород необходимых для рекультивации – у недропользователя возникает переизбыток вскрышных и вмещающих пород, которые могут перейти в статус отходов производства и потребления;

4) объемы извлекаемых вскрышных пород практически не используются для рекультивации (в случае разработки обводненной полезной толщи и применения водохозяйственной рекультивации) – практически все вскрышные породы не используются для рекультивации и переходят в статус отходов производства и потребления.

Известно, что по состоянию на 2023 год в Белгородской области насчитывалось порядка пятидесяти лицензионных участков недр, на которых осуществляется добыча общераспространенных полезных ископаемых, и вероятно к 2025 году их количество выросло. Кроме того, в регионе существует множество несанкционированных карьеров [7], проектной документации которых не существует, соответственно отсутствует и информация об объемах вскрышных и вмещающих пород и объемов пород, требуемых для рекультивации нарушенных земель.

Поскольку проектные решения по объемам извлекаемых и используемых в дальнейшем недропользователем вскрышных и вмещающих пород принимаются на стадии подготовки проектной документации, недропользователю (или привлекаемой проектной организации) будет полезной информация о наличии избытка или недостатка вскрышных пород других пользователей недр региона. Соответственно недостатком в текущем правовом поле является отсутствие учета участков недр с содержанием информации о превышении или недостатке вскрышных и вмещающих пород согласно проектной документации.

Для устранения текущего недостатка необходимо выполнить анализ проектной документации действующих месторождений общераспространенных полезных ископаемых региона в части объёмов извлечения и использования вскрышных и вмещающих горных пород, с целью перераспределения вскрышных пород между пользователями недр, тем самым минимизируя образование отходов производства и потребления для выполнения требований рационального использования и охраны недр.

Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. О недрах: Закон Российской Федерации от 21.02.1992 № 2395-1 // СПС КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW.



2. Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах» и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 14.07.2022 № 343-ФЗ // СПС КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW.

3. Российская Федерация. Законы. Об отходах производства и потребления: Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ // СПС КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW.

4. Российская Федерация. Правительство. О порядке подготовки, согласования и утверждения технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых, технических проектов строительства и эксплуатации подземных сооружений, технических проектов ликвидации и консервации горных выработок, буровых скважин и иных сооружений, связанных с пользованием недрами, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами: 2. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 № 2127 // СПС КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW.

5. Российская Федерация. Министерство природных ресурсов и экологии. Об утверждении Порядка использования отходов недропользования, в том числе вскрышных и вмещающих горных пород, пользователями недр: Приказ Минприроды РФ от 25.04.2023 № 247/04 // СПС КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW.

6. Российская Федерация. Министерство природных ресурсов и экологии. Об утверждении требований к структуре и оформлению проектной документации на разработку месторождений твердых полезных ископаемых, ликвидацию и консервацию горных выработок и первичную переработку минерального сырья: Приказ Минприроды РФ от 25.06.2010 № 218 // СПС КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW.

7. Рагулина О.П., Селюков А.О. Незаконная добыча общераспространенных полезных ископаемых на территории Белгородской области и её последствия // Региональные геосистемы, – 2023. – 47 (4). – С. 539-549.



ОЦЕНКА ЛАНДШАФТНОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛАПЛАНДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА КАК КЛЮЧЕВОЙ ТЕРРИТОРИИ РУССКОГО СЕВЕРА

Коломейцева Я. В.

YaroslavaKolomeytseva@yandex.ru

*Научный руководитель: Марциневская Л. В., к. г. н., доцент
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

В статье приводится исследование ландшафтного и биологического разнообразия Лапландского государственного биосферного заповедника.

Ключевые слова: Лапландский государственный природный биосферный заповедник, ландшафтное разнообразие, биологическое разнообразие, Кольский полуостров, субарктические экосистемы, северная тайга, горные тундры, Красная книга России.

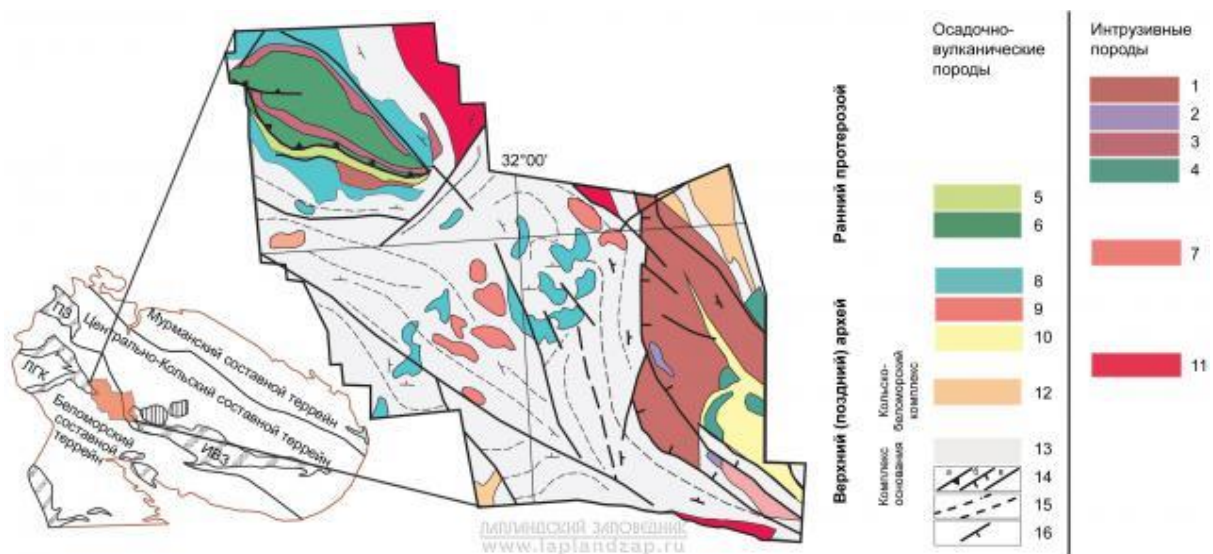
Актуальность выбранной темы определяется важным значением сохранения ландшафтного и биологического разнообразия Лапландского заповедника для эффективного выполнения задач охраны природы Русского Севера.

Лапландский государственный природный биосферный заповедник расположен в Мурманской области, в центре западной части Кольского полуострова, к западу от Хибинского горного массива (рис. 1). Особенности климата Лапландского заповедника определяются его положением в 120–180 км к северу от полярного круга и гористым характером местности. Климат заповедника субарктический. Зима долгая, однако сильные морозы нечасты и непродолжительны, температура опускается в пределах -30 – -40 °С. Близость к Нордкапскому течению и океану в целом определяет нестабильность погоды. Даже зимой часто бывают оттепели. Лето прохладное и короткое. Средняя температура самого тёплого месяца июля около 14 градусов, а максимальная – 25–30 градусов, редко выше [4].

Территория Лапландского заповедника сложена древнейшими породами верхнего архея и раннего протерозоя (рис. 2). На территории заповедника широко представлены граниты, гранодиориты, энтербиты верхнего архея, а также основные гранулиты нижнего протерозоя. Структурно территория осложнена надвигами, сдвигами, сбросами и взбросами. На современный облик природы Лапландского заповедника значительное влияние оказали четвертичные оледенения, в результате которых образовались ледниковые и водно-ледниковые отложения, ледниковые формы рельефа.



Рис. 1. Положение Лапландского заповедника на схеме Кольского полуострова [3]



Нижний протерозой: 1 – щелочные граниты, сиениты; 2 – нориты, габбро-нориты, 3 – габбро-анортозиты, габбро, диориты Главного хребта, 4 – перидотиты, пироксениты, габбро-нориты Мончегорского плутона, 5 – андезитовые базальты, амфиболиты, 6 – основные гранулиты. *Верхний архей:* 7 – граниты, гранодиориты, эндербиты, 8 – метавулканиды кислые, средние, основные, 9 – конгломераты, метавулканиды, кварциты, 10 – парагнейсы и сланцы, 11 – гранодиориты, тоналиты, плагиограниты, 12 – слюдяные, гранат-слюдяные гнейсы с кианитом, 13 – гнейсы, мигматиты, амфиболиты.

Структурные элементы: 14 – надвиги (а), сдвиги (б), сбросы и взбросы (в), 15 – структурные линии, 16 – гнейсовидность и сланцеватость. На вставке: ПЗ и ИВЗ – фрагменты Печенгской и Имандра-Варзугской палеорифтовой зоны (пояса), ЛГК – Лапландский гранулитовый комплекс

Рис. 2. Геологическое строение территории Лапландского заповедника [6]:

Осадочно-вулканогенные и интрузивные комплексы пород



Уникальными геологическими объектами на территории Лапландского заповедника являются палеосейсмодислокации, представленные крутосклонными ущельями, глыбовыми навалами. Более половины территории Лапландского заповедника покрыто лесами, также достаточно большие площади занимают тундры (рис. 3).

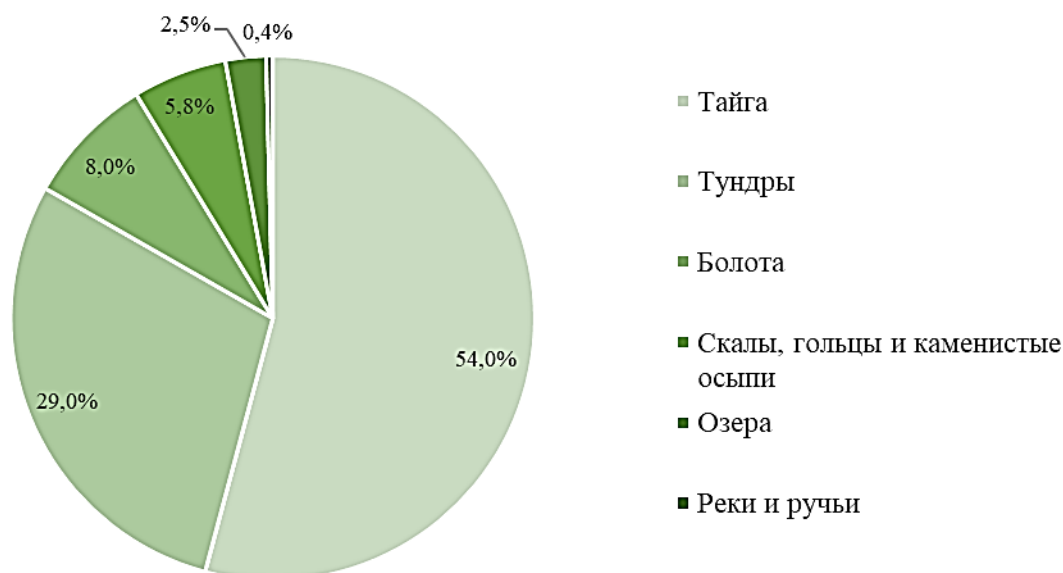


Рис. 3. Основные природные комплексы территории Лапландского заповедника (составлено автором)

Как видно из диаграммы, в заповеднике представлены следующие природные комплексы:

- тайга – 54 % территории
- тундры – 29 %
- болота – 8 %
- скалы, гольцы и каменистые осыпи – 5,8 %
- озёра – 2,5 %
- реки и ручьи – 0,4 %.

Для территории Лапландского заповедника характерна высотная поясность ландшафтов. Нижний пояс представлен северо-таежными лесами. Он простирается до высот порядка 250-350 метров над уровнем моря. Выше до 350-450 метров расположен пояс лесотундры. Над поясом лесотундры простирается пояс горной тундры. Верхняя часть склонов и вершины гор представлены ландшафтами арктической пустыни [4].

В тайге сосновые леса занимают 30 % покрытой лесом площади, еловые – 46 %, березовые – 24 %. Преобладают еловые насаждения, среди которых сохранились массивы старовозрастных лесов. Это реликтовые (старовозрастные) леса Лапландского заповедника, которые сохранились в нетронutom



виде со времени схода ледника. Одна из основных ценностей заповедника – девственные леса, возраст которых оценивается диапазоном от 3 000 до 10 000 лет. В них преобладают хвойные породы: сосна Фриза и ель сибирская [5].

Флора Лапландского заповедника включает 621 вид высших сосудистых растений, а также 370 видов мхов, 575 видов лишайников и 273 вида грибов [1]. Своеобразие флоры обусловлено расположением заповедника в низкогорье. Северные широты накладывают отпечаток на структуру флоры – флора лишайников практически равна флоре высших растений (рис. 4).

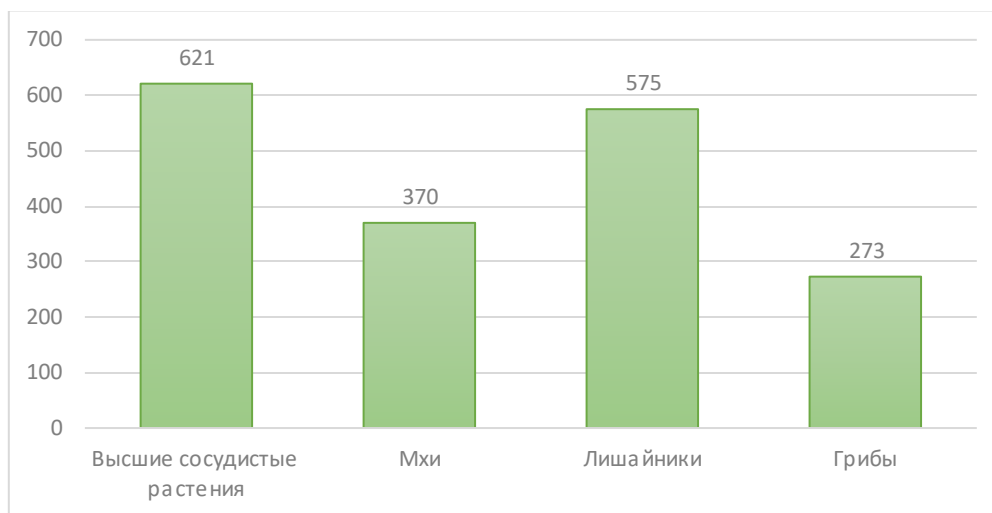


Рис. 4. Разнообразие видов флоры на территории Лапландского государственного природного биосферного заповедника (составлено автором)

В Лапландском заповеднике произрастают 15 видов растений, включённых в Красную книгу России, 127 видов растений, включённых в Красную книгу Мурманской области. В Красной книге России в большей степени представлены сосудистые растения, такие как: полушник озерный, полушник шиповатый, калипсо луковичная, пальчатокоренник Траунштейнера, кизильник киноварно-красный, арника фенноскандская. Все эти сосудистые растения являются многолетними травянистыми растениями. Практически все по статусу охраны в Красной книге России относятся к 3 категории «редкие», только полушник шиповатый и арника фенноскандская имеют более высокий статус и относятся ко 2 категории «сокращающиеся в численности».

В Лапландском заповеднике зарегистрировано 31 вид млекопитающих, 206 – птиц, 2 – рептилий, 1 – амфибий, 20 – моллюсков, 1500 – насекомых, 13 видов рыб (рис. 5) [3]. Особую природоохранную ценность представляют стада диких северных оленей, популяция которых в 2020 году включена в Красную книгу России. В настоящее время численность популяции, обитающей в заповеднике, насчитывает около 1000 оленей [2].

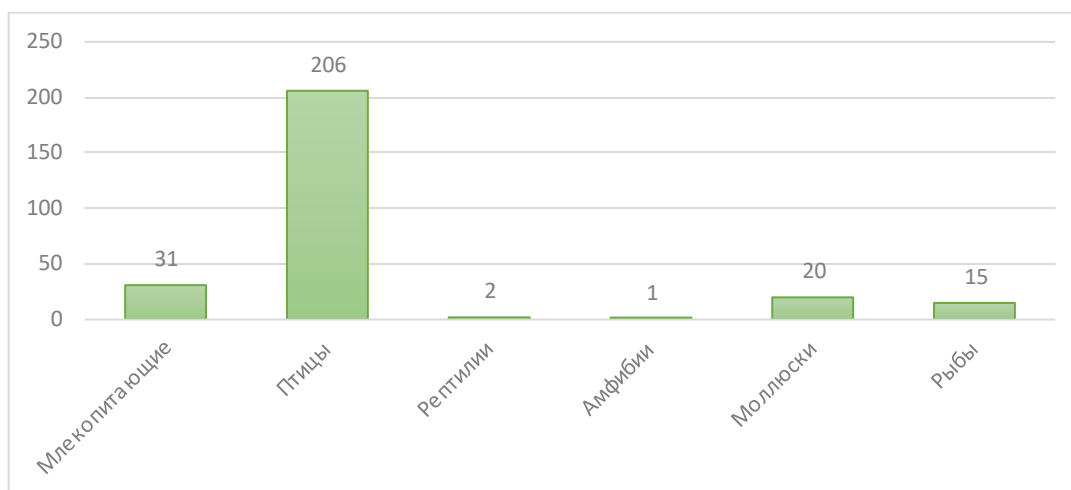


Рис. 5. Разнообразие видов фауны на территории Лапландского государственного природного биосферного заповедника (составлено автором)

Как видно из диаграммы, на территории заповедника обитает большое количество видов птиц. Это связано с разнообразием мест обитания. На территории заповедника представлены горы, озёра, реки, ручьи, долинные леса, берёзовое криволесье, болота и тундра в разных вариантах. Также по этой территории проходят пути пролёта арктических и субарктических популяций птиц Восточной Европы, Сибири, северных островов. Поэтому здесь встречаются на пролёте морские и тундровые виды птиц, даже возможны залёты нехарактерных для региона редких видов.

Орнитофауна заповедника насчитывает более 200 видов птиц. В Красную книгу России занесены 11 видов представителей орнитофауны, в Красную книгу Мурманской области 18 видов. В Красную книгу России занесены следующие виды птиц: скопа (3 категория), орлан-белохвост (3 категория), филин (2 категория), беркут (3 категория), кречет (2 категория), сапсан (2 категория), обыкновенный серый сорокопут (3 категория).

Среди млекопитающих в ККРФ занесен только северный олень. Из рептилий в заповеднике можно встретить только гадюку обыкновенную и ящерицу живородящую. Ящерица распространена повсеместно. Ареал же гадюки проходит по южной границе территории заповедника. Земноводные представлены единственным видом – лягушкой травяной.

Таким образом, Лапландский заповедник является важнейшим резерватом биоразнообразия и эталоном северных экосистем, требующих дальнейшего мониторинга и охраны. Полученные данные могут быть использованы для разработки стратегий сохранения природных комплексов, а также для экологического просвещения и развития научного туризма в регионе.



Список литературы

1. Берлина Н.Г., Костина В.А. Флора сосудистых растений Лапландского заповедника (аннотированный список) // Труды Лапл. гос. заповедника. Вып. VI. М.: Изд-во «Перо», 2012. С. 112–198.
2. Катаев Г.Д., Катаева Р.И. Лапландский заповедник: состояние териофауны редких и краснокнижных видов // Эколого-географические проблемы регионов России: материалы VII всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 105-летию со дня рождения исследователя Самарской Луки, к.г.н. Г.В. Обедиентовой. отв. ред. И.В. Казанцев. – 2016. – С. 171-173.
3. Лапландский биосферный резерват [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://oort.info/index.php?oort=593> (дата обращения: 12.05.2025).
4. Лапландский заповедник [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://laplandzap.ru/> (дата обращения: 12.05.2025)
5. Нешатаев М.В., Нешатаев В.Ю. Картографирование растительности для кадастровой оценки земель особо охраняемых природных территорий (на примере Лапландского заповедника) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – С. 1630-1633.
6. Николаева С.Б. Геолого-геоморфологический очерк территории Лапландского заповедника и уникальные геологические объекты природного наследия http://kolanord.ru/html_public/col_priroda/Geologicheskoe_nasledie/2/ (дата обращения: 16.04.2025).



КОЛЬСКОЕ ЗАПОЛЯРЬЕ В ТУРИСТИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ РУССКОГО СЕВЕРА (НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Палтышева Е. В.

Ely308Pal@mail.ru

*Научный руководитель: Марциневская Л. В., к. г. н., доцент
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

В статье приводится исследование динамики развития туристического комплекса Кольского Заполярья.

Ключевые слова: Кольское Заполярье, туристическая дестинация, развитие туризма, Арктическая зона России, туристическая инфраструктура, культурно-природный потенциал, динамика туристических потоков.

Кольское Заполярье занимает практически всю территорию Кольского Полуострова. Этот уникальный субарктический регион, значительная часть которого находится за Полярным кругом (66°33' с.ш.), характеризуется разнообразным рельефом: от горных массивов Хибин (до 1201 м) и Ловозерских тундр на западе до прибрежных низменностей на востоке [1]. Территория отличается густой речной сетью (крупнейшие реки – Поной, Варзуга, Умба) и многочисленными озёрами (Имандра, Умбозеро, Ловозеро), а также фьордовым побережьем Баренцева моря [1]. Климат умеренно-холодный, с продолжительной зимой (средняя температура января -10...-13 °С) и коротким прохладным летом (июль +12...+14 °С) [1].

Кольское Заполярье обладает уникальным сочетанием природных и культурных достопримечательностей, делающих его привлекательным для самых разных видов туризма [6]. Главные активы региона – первозданные арктические ландшафты с горными массивами Хибин, живописными фьордами Баренцева моря и бескрайними тундровыми просторами, создающие идеальные условия для экологического и приключенческого туризма [2]. Культурное своеобразие обеспечивают саамские этнографические комплексы и памятники промышленного освоения Севера, а развитая инфраструктура горнолыжных курортов и событийный календарь, включающий уникальные арктические фестивали, позволяют принимать туристов круглый год [7]. Особую ценность добавляют редкие природные явления – полярные сияния и полярные ночи, превращающие регион в одну из самых фотогеничных локаций Русского Севера. Благодаря этому сочетанию



факторов Кольское Заполярье занимает лидирующие позиции среди арктических туристических дестинаций России.

Исследование посвящено изучению туристического комплекса Кольского Заполярья, включающего его природные богатства, культурно-историческое наследие и инфраструктурные объекты. Основное внимание уделяется анализу факторов развития туристического пространства региона и динамики туристических потоков. В исследовании применялись традиционные научные методы: системное наблюдение, сравнительный анализ и синтез полученных данных.

Туризм в регионе имеет давнюю историю, включая советский период, однако наиболее динамичное развитие отрасли началось с 2016 года (рис. 1). За последние восемь лет ключевые показатели значительно выросли: число туристов увеличилось в 1,67 раза, объем платных услуг – в 2,4 раза, а доходы средств размещения – в 2,5 раза [3]. Особенно заметно расширилось профессиональное сообщество: количество туроператоров за этот период выросло более чем в 4 раза.

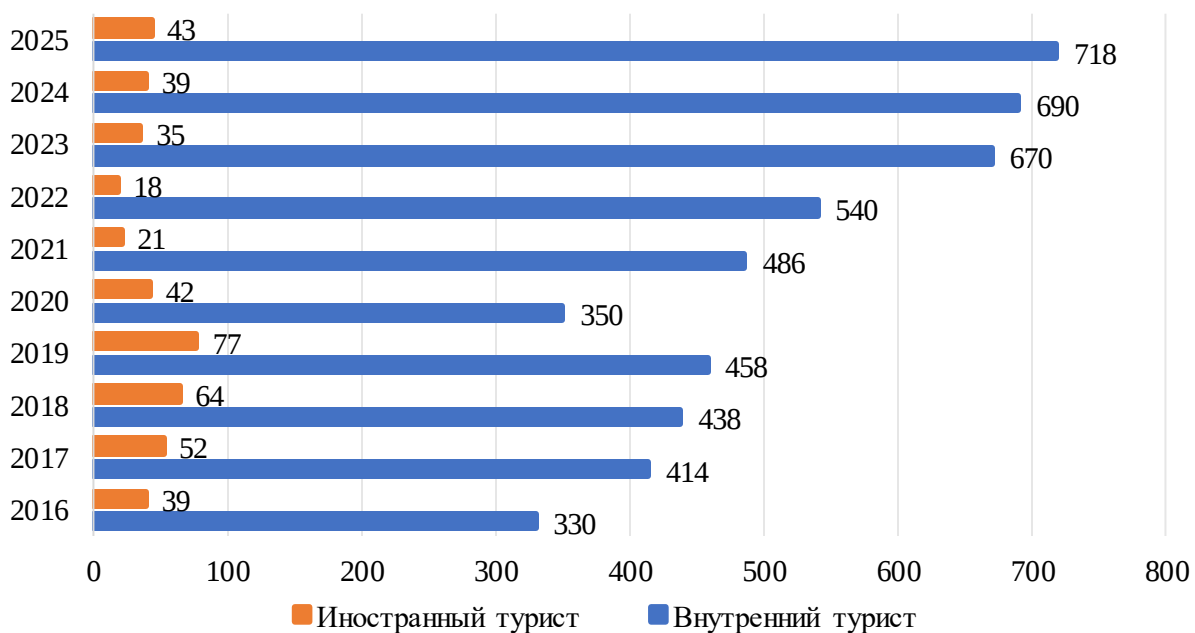


Рис. 1. Туристический поток в Кольское Заполярье в период с 2016 по 2024 гг. и прогноз на 2025 гг., тыс. чел. (составлено автором) [4]

В 2016 году начался устойчивый рост туристического потока, который к 2024 году увеличился вдвое. Единственным исключением стал 2020 год, когда из-за пандемии COVID-19 наблюдался временный спад посещаемости. В допандемийный период (до 2021 года) Мурманская область принимала значительное количество иностранных туристов, преимущественно из Норвегии, Финляндии, Китая и Тайваня [4].



Переломным моментом стал 2022 год, когда Кольское Заполярье вышло в лидеры по числу туристов среди всех регионов Арктической зоны России, приняв около трети от общего потока в 1 миллион посетителей (рис. 2).

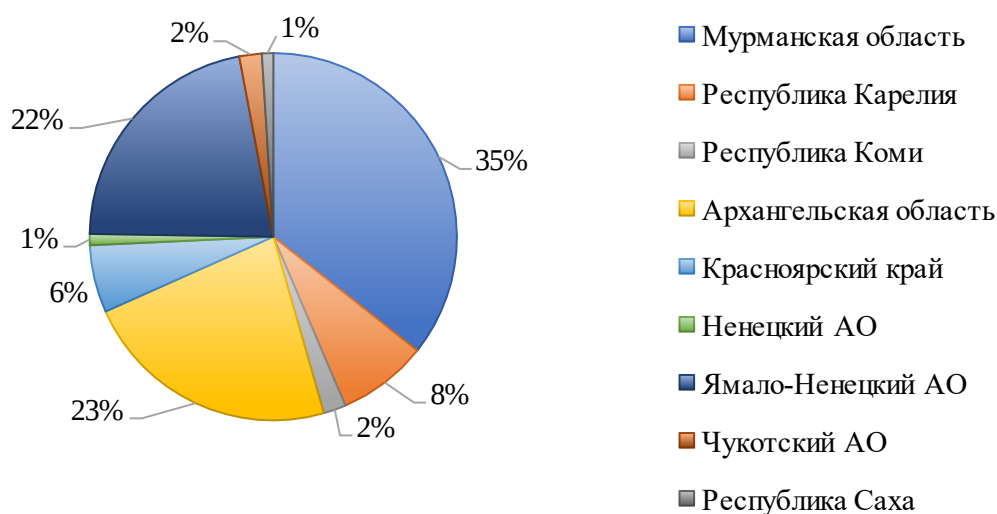


Рис. 2. Структура туристского потока Арктической зоны РФ в разрезе регионов за 2022 г. (составлено автором) [4]

В этом же году произошли существенные изменения в структуре туристического потока: доля российских туристов достигла 97,92 %, тогда как число посетителей из Европы сократилось. Однако благодаря безвизовым соглашениям с Китаем и Ираном (которые используют 11 из 66 местных туроператоров) наблюдался рост туристов из азиатских и африканских стран [4]. В 2022 году прирост числа туристов в регионе составлял 15 %, к 2024 году этот показатель достиг 41 % [3]. Такой скачок обусловлен комплексом факторов:

- реализацией стратегического плана «На Севере – жить» и нацпроекта «Туризм и индустрия гостеприимства»;
- расширением туристической инфраструктуры (рост средств размещения на 20,1 % в 2023 году);
- повышением качества услуг через аттестацию гидов;
- развитием самостоятельного туризма;
- активным продвижением региона [5, 8].

Полученный опыт изучения данной темы позволяет нам сделать вывод о том, что современное Кольское Заполярье представляет собой развитую туристическую дестинацию с разнообразными предложениями: от горнолыжных курортов и этнографического туризма до промышленных экскурсий и арктического дайвинга [2]. Уникальное сочетание природных богатств, культурного наследия и современной инфраструктуры обеспечивает региону лидирующие позиции среди северных туристических центров России [6].



Список литературы

6. Географический атлас Мурманской области / под ред. В.Д. Петрова. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2021. – 184 с.
7. Официальный сайт Национального парка «Хибины» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.khibiny-park.ru> (дата обращения: 10.06.2024).
8. Отчет о развитии туризма в Мурманской области за 2023 год / Министерство туризма Мурманской области. – Мурманск, 2024. – 56 с.
9. Российский статистический ежегодник. Туризм в Арктической зоне РФ: стат. сб. / Росстат. — М., 2024. – 124 с.
10. Стратегия развития туризма в Арктической зоне Российской Федерации на период до 2035 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 15.07.2021 № 1932-р.
11. Туристический потенциал Кольского Заполярья: монография / А.С. Иванов, Е.П. Смирнова. – СПб.: Изд-во РГПУ им. Герцена, 2022. – 215 с.
12. Федоров П.В. Коптелов М.Н.. Арктический туризм: теория и практика: учеб. пособие. – М.: Инфра-М, 2023. – 302 с.
13. Волкова, М.А., Гладкая К.В Туристско-рекреационный потенциал Мурманской области // Молодой ученый. – 2023. – № 8 (455). – С. 229-231.



УДК 628.13

**О ПРИЧИНАХ РОСТА ЖЁСТКОСТИ ВОДЫ
НА ВОДОЗАБОРЕ «ЧЕРНЬ»
АО «МИХАЙЛОВСКИЙ ГОК ИМ. А.В. ВАРИЧЕВА»**

Скрипка А. А.¹, Хаустов В. В.²

alexandrskripka@yandex.ru

¹ *АО «Михайловский ГОК им. А. В. Варичева», Железногорск, Россия,*

² *Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

Приведен анализ причин роста жёсткости воды на водозаборе «Чернь» АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева», эксплуатирующем апт-сеноманский водоносный горизонт. Установлено, что основным фактором является техногенез горнопромышленного профиля – создание намывного хвостохранилища МГОКа с последующим негативным воздействием на подземные воды района. Результаты исследований легли в основу разработки возможных вариантов снижения жесткости воды.

Ключевые слова: подземные воды, водозабор, жёсткость, апт-сеноманский водоносный горизонт, хвостохранилище, гидроотвал

Эксплуатация водозабора подземных вод «Чернь» связана с началом строительства обогатительной фабрики МГОКа, первые скважины были пробурены на территории предприятия еще в 1972 году. По мере роста водопотребления водозабор расширялся и к 2010 году приобрёл форму линейного ряда скважин протяженностью около 5 км, каковым и остаётся до настоящего времени [1].

В это же время, в долине р. Песочная формировалось намывное хвостохранилище обогатительной фабрики МГОКа, являющееся, как выяснилось позже, крупнейшим источником техногенного воздействия на апт-сеноманский водоносный горизонт в изучаемом районе. Высота дамбы хвостохранилища планомерно наращивалась в процессе работы обогатительной фабрики и в 2025 году абсолютная высота уреза воды в чаше хвостохранилища достигла абс. отметки 254 м. Синхронно уровни апт-сеноманского водоносного горизонта стали возрастать с 1974 г. и вплоть до конца 1990 гг. Позднее уровни подземных вод стабилизировались и начиная с 2010 года стали постепенно снижаться. На фоне уровенных флуктуаций наблюдается изменение химического состава подземных вод, и в первую очередь увеличение их жесткости [1, 3].

Общеизвестно, что жесткость воды формируется в результате комплексного взаимодействия природных вод, газов и горных пород в течение

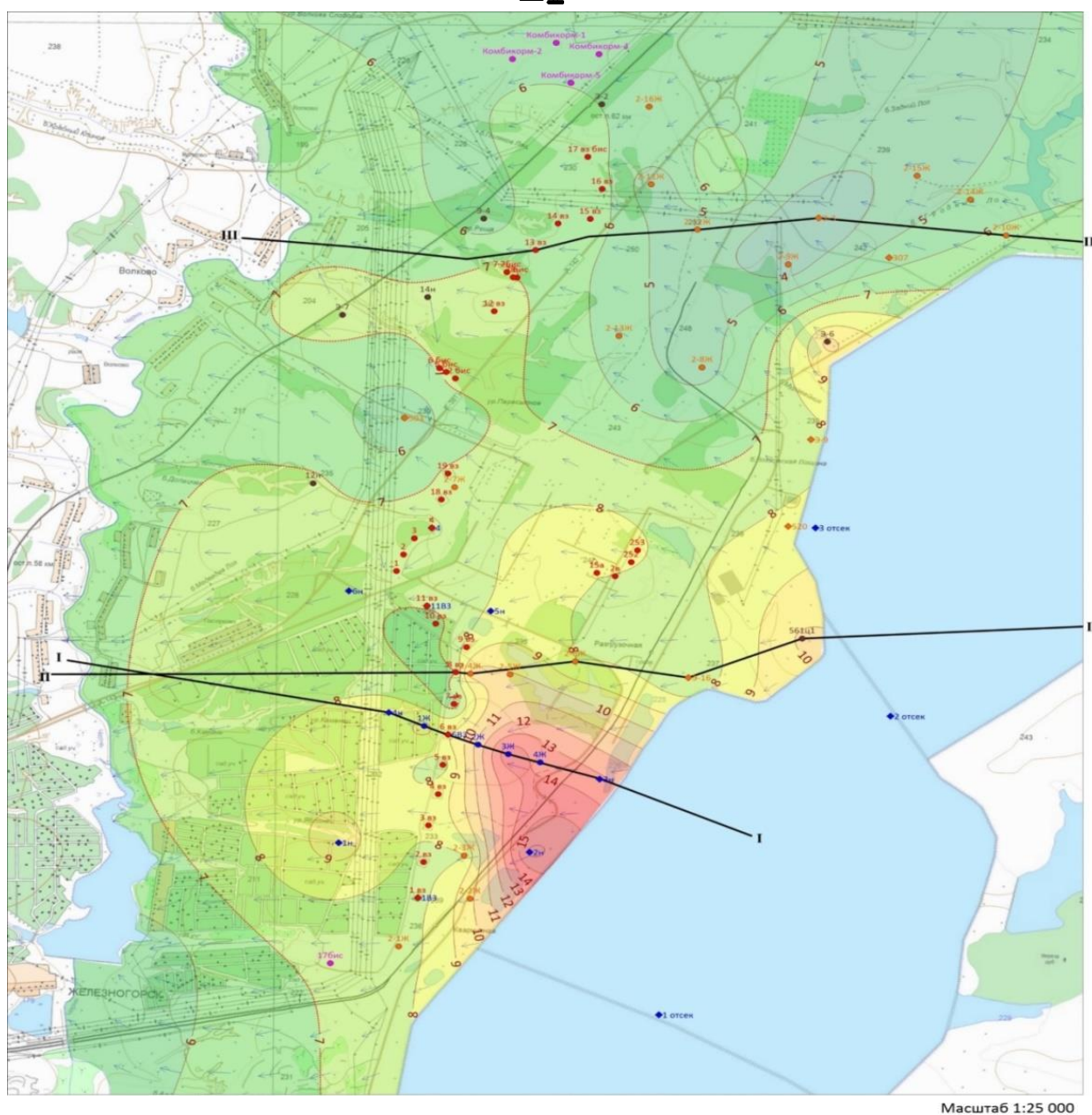


длительного времени [2]. Поскольку подземный водозабор «Чернь» расположен на территории крупного промышленного комплекса Михайловского ГОКа (карьер, отвалы, обогатительный комбинат, хвостохранилище), область формирования запасов подземных вод функционирует как сложная природно-техническая гидрогеологическая система, в которой режим и состав подземных вод определяются не только естественными, но в большей степени техногенными факторами. Вполне закономерно, что при техногенном воздействии на систему вода-порода-газ естественное равновесие нарушается, а увеличение жесткости подземных вод является одним из ярких следствий подобного дисбаланса.

При наращивании мощности гидроотвала хвостохранилища и росте уровней подземных вод изначально безнапорный апт-сеноманский водоносный горизонт приобрел характер напорно-безнапорного, а при дальнейшем расширении ореола техногенного гидродинамического воздействия увеличивалась соответственно и площадь с напорным характером водоносного горизонта.

В то же время, особенностью литологического строения апт-сеноманского горизонта является наличие слоя мела в его кровле. Поскольку мел является источником легкорастворимых солей щелочноземельных элементов (прежде всего, кальцита и магнезита, определяющих жесткость природных вод), то повышение уровня воды апт-сеноманского водоносного горизонта неизбежно способствует росту жесткости посредством интенсификации растворения мела. При этом наблюдается выраженное увеличение жесткости воды из эксплуатационных скважин во времени, а также рост жесткости по площади водозабора, что свидетельствует об закономерном увеличении воздействия процессов горнопромышленного техногенеза (рис. 1) [1].

В разрезе многолетних наблюдений увеличение жесткости по водозаборным скважинам происходило неравномерно. В южной части ряда (скважины с 1 ВЗ по 11 ВЗ) жесткость воды нарастала интенсивно и достигла значений 12-16 °Ж, тогда как в северной части прирост за десятилетия едва заметен и наблюдаемые величины близки к норме, не превышающей 7 °Ж (рис. 1). Это свидетельствует о том, что влияние чаши хвостохранилища на скважины водозабора «Чернь» не одинаково, оно снижается по направлению с юга на север, пропорционально расстоянию от хвостохранилища до водозабора. Скважины на севере водозаборного ряда получают питание уже преимущественно со стороны водораздела с естественным режимом и составом подземных вод.



- Эксплуатационные скважины водозабора Чернь
- Эксплуатационные скважины сторонних водозаборов
- Разведочные скважины, пробуренные и опробованные на первом этапе работ в 2024 г.
- ◆ Разведочные скважины (и водопункты), опробованные на первом этапе работ в 2024 г.
- Разведочные скважины, пробуренные и опробованные при экологических исследованиях в 2024 г.
- Разведочные скважины, пробуренные и опробованные на втором этапе работ в 2025 г.
- ◆ Разведочные скважины, опробованные на втором этапе работ в 2025 г.
- I—I Линия геолого-гидрогеологического разреза
- ← Направление фильтрационного потока

Рис. 1. Карта жёсткости подземных вод апт-сеноманского водоносного горизонта на участке водозабора «Чернь»



На основании анализа геолого-гидрогеологической изученности объекта установлены основные причины роста жёсткости подземных вод в скважинах водозабора «Чернь»:

- жёсткость воды обусловлена растворением солей щелочноземельных элементов, прежде всего кальция и магния;

- рост жёсткости может продолжаться до полного насыщения раствора соответствующими солями при контакте воды с породами, содержащими соли жёсткости, а также при благоприятном минеральном и газовом составе, и соответствующей кислотности подземных вод [2];

- в кровле апт–сеноманского водоносного горизонта, который эксплуатируется водозабором «Чернь», залегает выдержанный пласт мела, являющийся потенциальным источником поступления солей жёсткости. Кроме этого, режим и состав подземных вод апт–сеноманского водоносного горизонта на площади формирования ресурсов водозабора «Чернь» испытывает влияние гидроотвала обогатительной фабрики, который вмещает весьма жёсткие воды (около 10 °Ж);

- цикличное использование воды из хвостохранилища в технологических процессах обогатительной фабрики способствует увеличению жёсткости воды со временем.

В районе водозабора «Чернь» химический состав подземных вод длительное время формируется под влиянием процессов техногенеза горнопромышленного профиля, которые изменяют природный баланс региона [3]. Рост жёсткости подземных вод апт–сеноманского водоносного горизонта является также одним из следствий техногенного воздействия на гидросферу района. Соответственно, если не предпринимать контрмеры, в перспективе ближайших лет эта проблема будет усугубляться.

Водозабор подземных вод «Чернь» обеспечивает хозяйственно-бытовое и технологическое водоснабжение предприятия АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева». В настоящее время действует единственная линия водоснабжения и водоподготовки, которая состоит из насосной станции, буферного резервуара и водоводов. Разделение на хозяйственно-питьевое и техническое водоснабжение не осуществляется.

Можно наметить следующие варианты принципиальных решений, такие как компенсация техногенной нагрузки на водоносный горизонт и ликвидация последствий воздействия, при этом система водоподготовки и распределительная сеть остаются без изменений, организация водоподготовки и изменение структуры водопотребления, при этом водозабор эксплуатируется в прежних условиях, перенос водозабора на другие глубины или участки. Проработка вариантов проводилась на основании фактического



состояния инфраструктуры водоснабжения исследуемого объекта и гидрогеологической изученности района. Предлагаемые мероприятия представлены следующими решениями:

- разделение водозаборного ряда «Черни» на группы для технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения в зависимости от величины жесткости воды из скважин;
- смягчение / опреснение для потребителей питьевой воды;
- включение в состав водозабора «Чернь» водозаборов комбикормового и животноводческого комплексов, которые в настоящий момент не подвержены влиянию хвостохранилища;
- расширение водозаборного ряда «Черни» по убыванию жесткости вод целевого горизонта на север, в направлении п. Магнитный;
- консервация водозабора «Чернь» и строительство нового водозабора в районе Копёнского водохранилища на р. Свапа;
- переброска дренажных вод батского горизонта из карьера к потребителям «Черни»;
- строительство противofiltrационной завесы и ряда дренажных скважин для изоляции притока вод от хвостохранилища;
- использование для хозяйственно-питьевого водоснабжения МГОКа действующего водозабора «Березовский» с большой величиной оцененных запасов.

В заключение важно отметить, что большая часть предлагаемых вариантов не противоречат друг другу и могут быть внедрены последовательно, что позволит добиться высокой эффективности при решении обозначенных проблем технического и питьевого водоснабжения производственных объектов АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева».

Список литературы

1. Квачев В.Н., Леонтьева Е.В., Хаустов В.В., Козуб А.В., Кушнерчук В.В. Основные направления цифровизации гидрогеологических процессов на Михайловском ГОКе им. А.В. Варичева // Горная промышленность. – 2020. – № 3. – С. 91-97.
2. Мартынова М.А. Гидрогеохимия / М.А. Мартынова, Е.В. Часовникова. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1993. – 224 с.
3. Хаустов В.В., Костенко В.Д., Дубяга А.П. О миграции химических элементов в подземных водах региона КМА // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2014. – № 3. – С. 65-70.



АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА БЕЛГОРОДА И ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЗАЦИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВЕЛОМАРШРУТОВ

Тараненко С. В.

o234o432@gmail.com

*Научный руководитель: Марциневская Л. В., к. г. н., доцент
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

В статье приводится исследование необходимости создания вело инфраструктуры и её положительного влияния на транспортную инфраструктуру города.

Ключевые слова: велоинфраструктура, устойчивое городское развитие, экологичный транспорт, велосипедные маршруты, безопасность дорожного движения, разгрузка автомобильных магистралей, качество велодорожек, доступность для велосипедистов, здоровый образ жизни, интеграция в транспортную систему.

Организация эффективной и безопасной велоинфраструктуры является важным шагом на пути к устойчивому городскому развитию, улучшению экологии и качества жизни горожан. Современные города сталкиваются с рядом проблем, связанных с загруженностью транспортных систем и загрязнением окружающей среды. В последние годы всё большее внимание уделяется вопросам организации альтернативных видов транспорта, таких как велосипеды, для решения этих проблем. Велосипед является одним из самых экологичных и экономичных способов передвижения, что особенно актуально для городов, где автомобильный трафик перегружает основные магистрали, а выбросы углекислого газа и других загрязнителей воздуха оказывают негативное воздействие на здоровье горожан.

Целью данного исследования является анализ существующей транспортной инфраструктуры города Белгорода и разработка перспективных веломаршрутов, которые могут значительно улучшить транспортную ситуацию в городе, повысить уровень безопасности и доступности для велосипедистов, а также способствовать улучшению экологической обстановки.

Город Белгород обладает развитой транспортной сетью, включающей автомобильные дороги, железнодорожный транспорт, автобусные маршруты и маршрутки. Однако, несмотря на наличие разнообразных видов транспорта, город сталкивается с рядом проблем, связанных с высокой загруженностью дорог, пробками в час пик и повышенным числом дорожно-транспортных



происшествий. Особенно актуальной является проблема перегрузки центральных районов, где основная масса автомобильного трафика пересекается с пешеходными потоками. Эти проблемы, в свою очередь, приводят к снижению качества жизни горожан, создавая дополнительные вызовы для городской транспортной системы, включая необходимость в постоянной модернизации существующих маршрутов и средств транспорта [1].

Кроме того, значительная часть жителей города испытывает трудности с передвижением из-за низкой доступности общественного транспорта и часто перегруженных дорог. В таких условиях, внедрение велоинфраструктуры может стать эффективным способом разгрузить транспортную сеть, улучшить экосистему города и повысить комфорт передвижения. Представленный график показывает влияние увеличения количества велодорожек на загруженность дорожного (авто) движения.

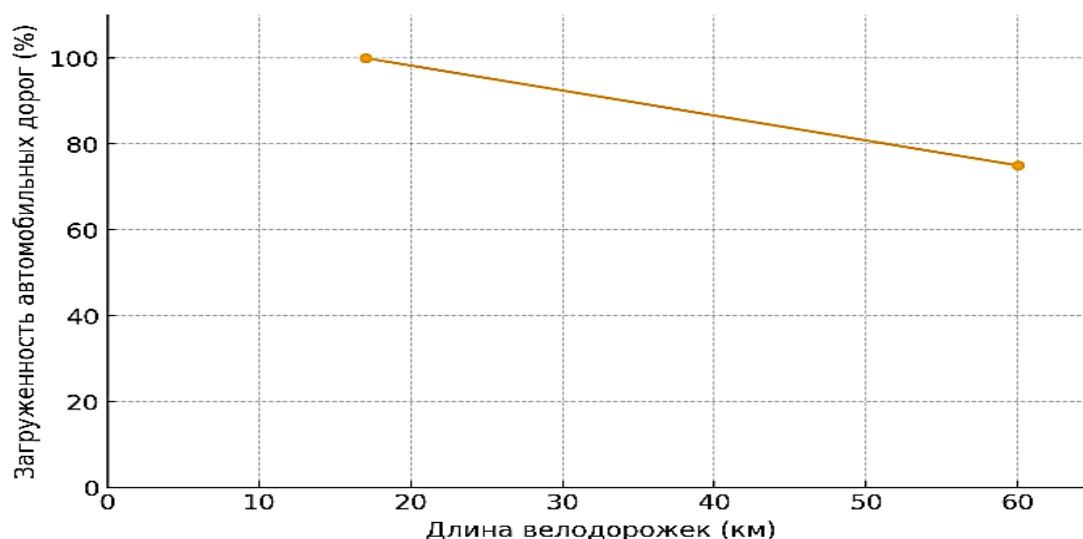


Рис. 1. График зависимости количественного показателя велодорожек на загруженность дорог (составлено автором)

На данный момент в городе Белгороде существует 17 километров велодорожек. Из них 85 % находятся в хорошем состоянии, в то время как 15 % имеют проблемы с покрытием, недостаточным освещением или отсутствием соответствующих барьеров безопасности. Эти факторы создают существенные барьеры для широкого использования велосипедов горожанами, что ограничивает возможности для использования велосипедного транспорта в качестве альтернативы личным автомобилям. При оптимальной модернизации и расширении сети можно добавить еще 43 километра велодорожек, что позволит улучшить связность города и создать безопасные маршруты для велосипедистов [4].



Анализ потребностей горожан в велосипедном транспорте показал, что большинство жителей использует велосипед в основном для активного отдыха, а не для повседневных поездок по городу. Однако значительная часть горожан выразила заинтересованность в использовании велосипеда для ежедневных поездок, если бы велоинфраструктура была более развита и безопасна. Это свидетельствует о том, что при создании удобных и доступных условий для велопередвижения, можно значительно повысить интерес к использованию велосипедов, особенно для краткосрочных поездок по городу.

Основываясь на анализе транспортных потоков, рельефа местности и плотности застройки, были определены несколько ключевых направлений для развития велоинфраструктуры. Одним из приоритетных направлений является создание веломаршрутов, соединяющих центральные магистрали города с жилыми районами и ключевыми объектами инфраструктуры, такими как образовательные учреждения, торговые центры, спортивные комплексы и деловые кварталы. Создание таких маршрутов позволит обеспечить доступность и удобство для пользователей, а также повысит связанность различных районов города [3].

Особое внимание следует уделить безопасности велодорожек. Это включает в себя установку необходимого освещения, размещение дорожных знаков, создание защитных барьеров и организацию безопасных переходов через перекрёстки. Безопасность является ключевым фактором, который будет способствовать доверию жителей к велоинфраструктуре и поощрению использования велосипедов в качестве основного средства передвижения.

Развитие велоинфраструктуры не только поможет снизить транспортную нагрузку на дороги, но и окажет положительное воздействие на экологическую обстановку в городе. Снижение количества автомобилей на улицах приведет к сокращению выбросов углекислого газа, улучшению качества воздуха и уменьшению уровня шума. Важно отметить, что велосипедное движение способствует популяризации здорового образа жизни среди горожан. Это снижает нагрузку на медицинские учреждения, улучшает общее состояние здоровья жителей и повышает уровень физической активности [2].

Для иллюстрации будущего развития велоинфраструктуры в Белгороде, была разработана карта, отображающая предполагаемые маршруты для расширения сети велодорожек. Эта карта может служить основой для дальнейшего планирования и организации безопасности на маршрутах. Процесс реализации концепции альтернативных веломаршрутов должен включать несколько ключевых этапов: планирование, проектирование, финансирование и строительство велодорожек. На каждом этапе необходима активная работа с общественностью и создание стимулов для горожан, таких



как программы субсидирования покупки велосипедов, установка удобных парковок и прокатных станций, а также проведение информационных кампаний по популяризации велосипедного движения.

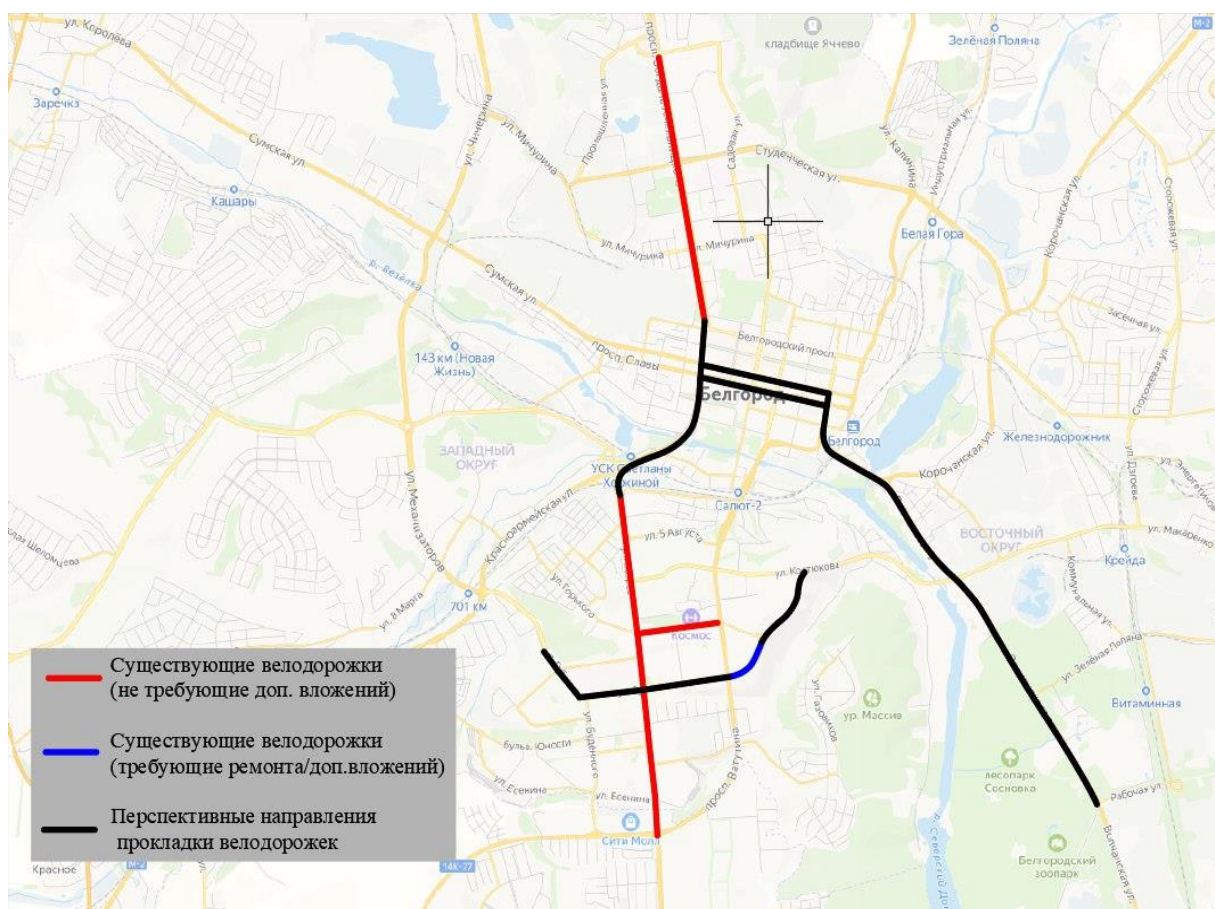


Рис. 2. Информационная ситуационная схема велодвижения (составлено автором)

Важно, чтобы все эти меры были согласованы с городскими службами и общественными организациями, что обеспечит долгосрочную эффективность и устойчивость проекта [5].

Для эффективного функционирования системы веломаршрутов необходимо создать систему мониторинга, которая будет отслеживать загруженность велодорожек, количество пользователей и техническое состояние инфраструктуры. С помощью такой системы можно своевременно выявлять проблемы, оперативно устранять их и предотвращать возникновение новых. Это повысит общую эффективность городской транспортной сети и улучшит качество транспортного обслуживания населения.

Интеграция веломаршрутов в общую транспортную систему города поможет создать условия для безопасного и удобного передвижения на велосипеде. Развитие велоинфраструктуры позволит снизить уровень загрязнения, улучшить качество воздуха и создать комфортные условия для



жителей города. В будущем, при правильной реализации, эта система может стать важной частью городской транспортной сети, обеспечивая доступность и экологичность передвижения для всех категорий граждан.

Таким образом, реализация проекта альтернативных веломаршрутов в Белгороде имеет высокий потенциал для решения проблем с городской транспортной перегрузкой, улучшения экологии и повышения качества жизни горожан. Важно продолжать развивать эту сферу, внедряя инновационные решения и создавая безопасные условия для велосипедистов. Белгород имеет все возможности стать примером для других городов России в сфере устойчивой мобильности и экологической эффективности.

Список литературы

1. Велосипедная инфраструктура городов России: анализ и перспективы / под ред. И.И. Иванова. – М.: Научный мир, 2022. – 210 с.
2. ГОСТ Р 58196-2018 «Велодорожки. Общие технические условия». – М., 2018. – 12 с.
3. Отчёт о состоянии и развитии транспортной инфраструктуры Белгородской области за 2024 год / Департамент транспорта Белгородской области. – Белгород, 2025. – 78 с.
4. Российский статистический ежегодник. Транспорт: стат. сб. / Росстат. – М., 2024. – 256 с.
5. Официальный сайт администрации города Белгорода [Электронный ресурс]. – URL: <https://belgorod-region.ru> (дата обращения: 13.05.2025).



АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ЗЕМЛЯХ ЛЕСНОГО ФОНДА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ С 2018–2023 ГГ.

Ткачев Е. В., Татаринцев Р. Ю.

tkachev_ev@bsuedu.ru

*Научный руководитель: Гайденко Е. М., к. г. н., доцент
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

В статье проводится анализ пожарной обстановки земель лесного фонда на территории Белгородской области в период с 2018 по 2023 гг. Выявлено семь очагов возгорания, большинство из которых располагались вблизи государственной границы Российской Федерации с Украиной.

Ключевые слова: лесной пожар, квартал, лесистость, Белгородская область

Лесные пожары являются наиболее опасным явлением для деградации природных экосистем. Также от пожаров часто страдают территориально близкие населенные пункты. В результате лесных пожаров древостой погибает полностью либо частично. Большинство возгораний на территории России связаны с халатностью населения [1].

Белгородская область имеет площадь 27,1 тыс. км². Общая площадь лесов составляет 249,1 тыс. га, из которых в земли лесного фонда, которыми управляет Министерство природопользования – 231,1 тыс. га. Территории произрастания основных лесообразующих пород региона последнее десять лет имеют устойчивое состояние.

Целью работы определен анализ динамики лесных пожаров на землях лесного фонда Белгородской области с 2018-2023 гг.

Основные задачи исследования:

- 1) выявление территорий, где в период с 2018 по 2023 гг. возникали лесные пожары;
- 2) проанализировать площади возгораний лесных насаждений в исследуемый период;
- 3) построить картографический материал для углубленного анализа пожарной обстановки.

Информационной базой служили: государственный доклад о состоянии окружающей среды Белгородской области; Федеральная государственная информационная система лесного комплекса.

Лесистость по данным на 2023 год составляет 8,8 %. Регион занимает 16 место среди субъектов Центрального Федерального округа (ЦФО) РФ.



Данные исследуемого показателя отражены в табл. 1. По данным таблицы видно, что лидер по изучаемому показателю – Костромская область. Белгородская область занимает предпоследнее место, что в 8,9 раза меньше, чем у лидера, и в 4,3 раза ниже, чем в среднем по ЦФО.

Таблица 1

Индекс лесистости субъектов Центрального Федерального округа в 2024 году
(составлено и рассчитано автором по данным [3, 4])

Субъект РФ	Площадь территории субъекта, тыс. га.	Площадь лесов, тыс. га.	Лесистость, %
Костромская область	6010	4708,1	78,3
Тверская область	8410	5126,1	61,0
Владимирская область	2900	1632,5	56,3
Ярославская область	3640	1835	50,4
Калужская область	2990	1413,5	47,3
Московская область	4430	2042	46,1
Ивановская область	2390	1089,8	45,6
Смоленская область	4980	2198,8	44,2
Брянская область	3490	1239,5	35,5
Рязанская область	3960	1107,2	28,0
Тульская область	2570	386	15,0
Тамбовская область	3430	403,9	11,8
Воронежская область	5240	515,9	9,8
Липецкая область	2410	227,8	9,5
Курская область	2990	269,5	9,0
Белгородская область	2710	238,9	8,8
Орловская область	2470	208,8	8,5
ВСЕГО	65020	24656,7	37,9

Лесной пожар (по С.П. Анцышкин) - горение растительности, стихийно распространяющееся по лесной территории [4]. Для Белгородской области актуально сохранение лесных насаждений. Большие площади занимают твердолиственные породы деревьев, которые считаются более устойчивыми к



пожарам. Несмотря на это на территории региона также произрастают хвойные и иные породы, для которых свойственно быстрое и сильное горение.

По видам лесные пожары подразделяются на: подземные, низовые и верховые. Преобладающее число относится к надпочвенному виду [2]. Из зафиксированных случаев в Белгородской области за исследуемый период все относятся к низовому виду.

По данным департамента лесного хозяйства с 2018 по 2023 гг. выявлено 7 лесных пожаров.

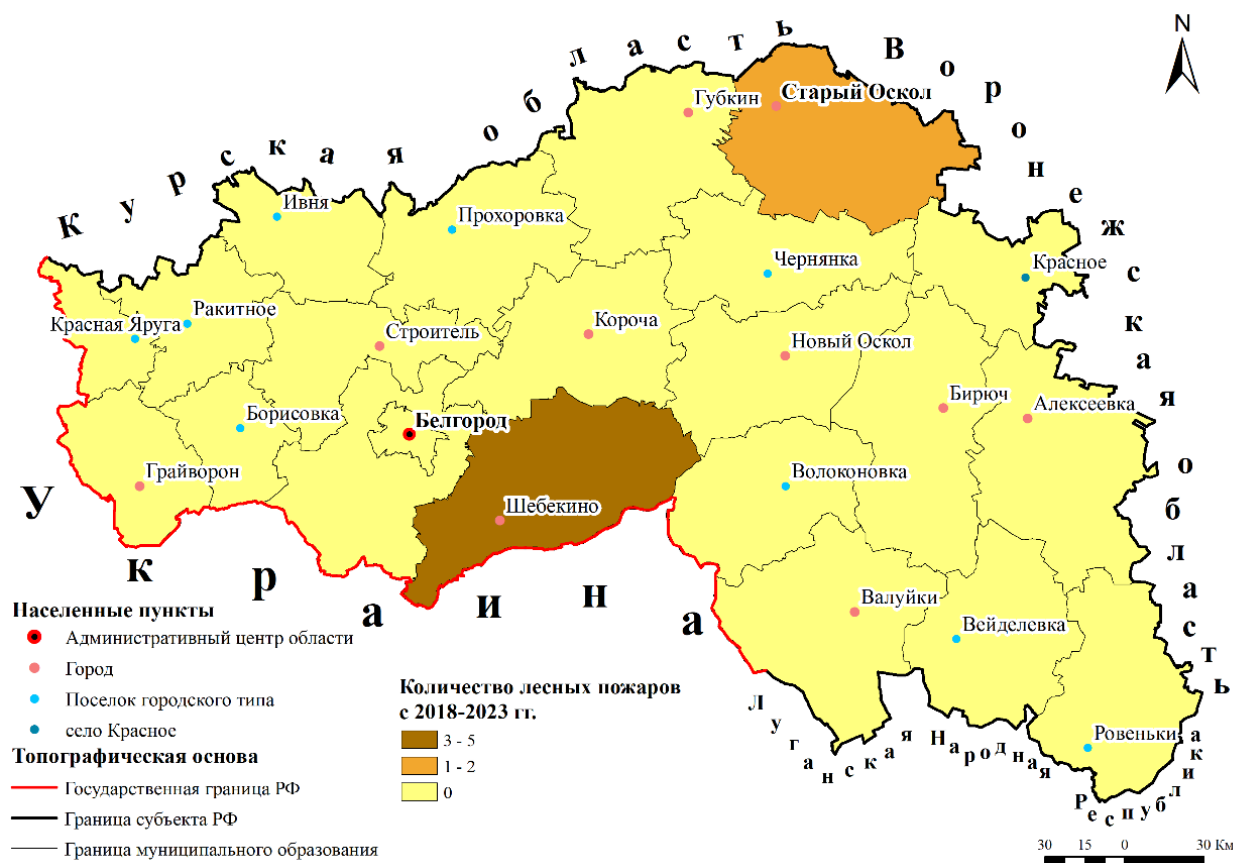


Рис. 1. Количество лесных пожаров на территории Белгородской области с 2018-2023 гг. (составлено автором по данным [5])

На территории Белгородской области с 2018 по 2023 гг. выявлено семь очагов возгорания. Наибольшее количество в Шебекинском муниципальном округе (МО) – пять лесных пожаров. В Старооскольском городском округе (ГО) зафиксировано два лесных пожара в 2019 и 2021 гг.

Наибольшая площадь пожара выявлена в Шебекинском МО – 22,5 га, что в 4,5 раза больше, чем за два года в Старооскольском ГО.

В Старооскольском ГО пожаром были охвачены два квартала общей площадью 5 га, что соответствует 4,6 % от площади двух кварталов, где фиксировались возгорания.



В Шебекинском МО суммарная площадь лесных пожаров 57,5 га – это 9,2 % от площади кварталов, где выявлены возгорания. В остальных муниципальных образованиях за исследуемый период пожаров не обнаружено.

Для проведения более глубокого анализа отдельно для Шебекинского МО была составлена картограмма по данным на 2023 год. Результаты представлены на рис. 2.

Анализ картограммы показал, что очаги возгорания лесных насаждений находятся в радиусе трех километров от государственной границы с Украиной. В одном лесном квартале возгорания фиксировались дважды. Наибольшая площадь пожаров выявленная одновременно в четырех лесных кварталах составила 22,5 га, что составляет 9,1 % от их площади. На большинстве угодий произрастают сосны. Многие случаи возгорания зафиксированы непосредственно вблизи границы с сопредельным государством.

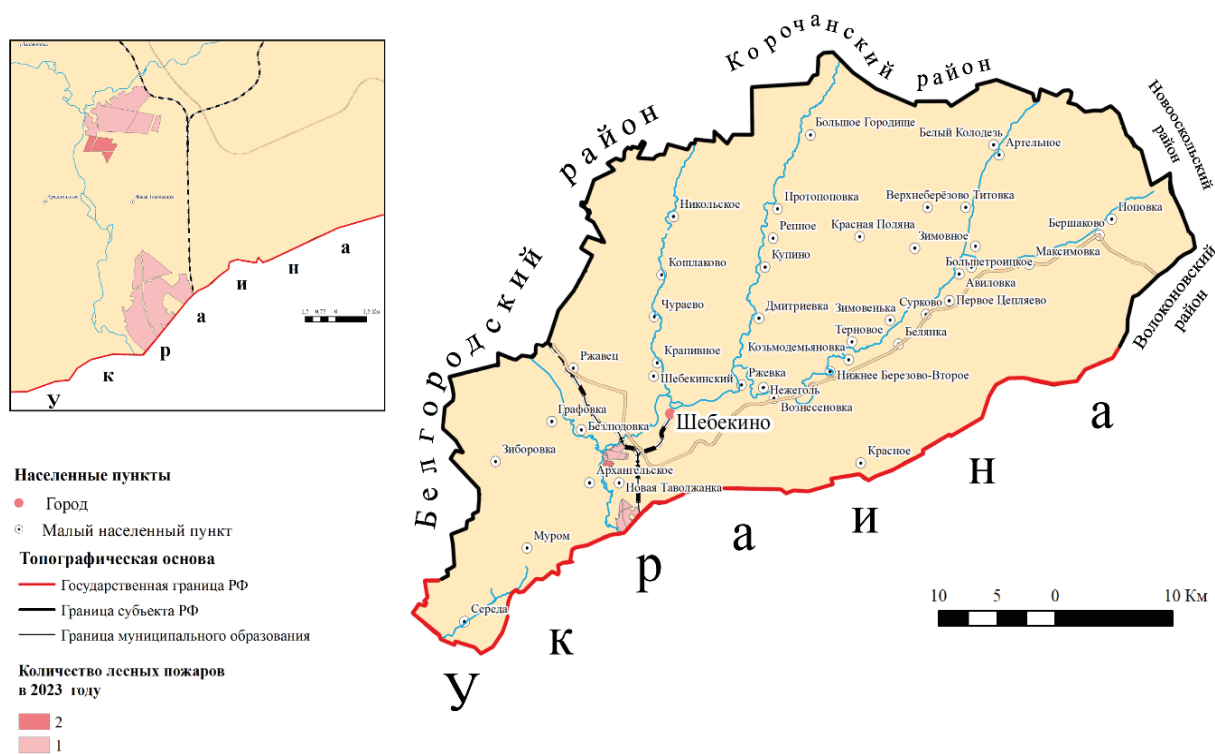


Рис. 2. Количество лесных пожаров в Шебекинском муниципальном округе на территории лесных кварталов в 2023 году (Составлено автором по данным [5])

В ходе анализа распространения лесных пожаров на территории Белгородской области выявлено, что наибольшая концентрация очагов возгорания приходится на Шебекинский муниципальный округ, относящийся к приграничному муниципальному образованию. Это обусловлено сложной геополитической обстановкой, мешающей специализированным службам своевременно реагировать на возникающие нештатные ситуации.



Ситуация с возгораниями на территории Старооскольского городского округа связаны с халатностью населения: разведением костров вне специально оборудованных площадок; несоблюдение пожарной безопасности в лесу.

Список литературы

1. Бондаренко М. А. Последствия природных пожаров в Белгородской области // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов : Сборник докладов III Международной молодежной научной конференции, Белгород, 10–11 ноября 2015 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Том Часть 1. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 165-167.
2. Виды лесных пожаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avialesural.ru/info> (дата обращения 08.03.25);
3. Площади территорий регионов Центрального федерального округа [Электронный ресурс]. – URL: <https://worldgeo.ru/russia/lists/?id=22&fedokr=6> (дата обращения 09.02.25).
4. Площадь земель, на которых расположены леса, тыс. га, на 01.01.2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosleshoz.gov.ru/opendata/7705598840-ForestLocationArea/> (дата обращения 09.02.25).
5. Противопожарные мероприятия в лесу Текст. / С.П. Анцышкин. – М: Изд-во МКХ РСФСР, 1956. – 156 с.
6. Федеральная государственная информационная система лесного комплекса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pub.fgislk.gov.ru/map/> (дата обращения 09.03.25).



УДК 504.06

СПЕЦИФИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ДЕЙСТВУЮЩИХ И ЗАКРЫТЫХ УЧАСТКАХ ГОРНЫХ РАБОТ

Эльман К. А.

k_yelman@ugrasu.ru

Институт нефти и технологий (филиал)

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», Сургут, Россия

Мониторинг состояния окружающей среды в горнодобывающих регионах демонстрирует, что для успешного уменьшения влияния горных работ на окружающую среду необходимо создание и масштабное введение программ мониторинга горных работ и охраны окружающей среды, которые служат основополагающим элементом управления окружающей средой в целом.

Ключевые слова: экология, мониторинг, горные работы, окружающая среда, горнодобывающие предприятия.

Горнодобывающая активность, независимо от метода добычи, непрерывно оказывает значительное отрицательное влияние на все элементы окружающей среды (водные и атмосферные системы, землю, подземные ресурсы, растительный и животный мир). Это влияние выражается, прежде всего, в двух ключевых типах: сбор элементов и активности в окружающей среде и применение ресурсов окружающей среды [1]. Первое предусматривает выплеск твёрдых частиц разнообразного формата жидкостей, газов и разнообразных видов энергии, таких как тепло, механическая сила и прочее. Второе предусматривает инкорпорацию земли, истощение запасов полезных ископаемых, использование воды и растительности.

Чрезвычайно важно отделить непосредственное, то есть прямое и последующее, то есть косвенное влияние добычи полезных ископаемых на окружающую среду. Территория, предрасположенная косвенному влиянию, существенно превышает территорию прямого воздействия, в результате чего, затрагивает не только напрямую упомянутую часть окружающей среды, но и другие её составляющие.

Мониторинг состояния окружающей среды в горнодобывающих регионах демонстрирует, что для успешного уменьшения влияния горных работ на окружающую среду необходимо создание и масштабное введение программ мониторинга горных работ и охраны окружающей среды, которые служат основополагающим элементом управления окружающей средой в целом. Мониторинг добычи полезных ископаемых и охраны окружающей среды обуславливается как особенная информационно-аналитическая система, предназначенная для отслеживания и мониторинга состояния окружающей среды на участках эксплуатации горнодобывающих предприятий.



Структура мониторинга добычи полезных ископаемых и охраны окружающей среды построена на нескольких фундаментальных правилах. Она должна быть разработана для соединения в более широкие структуры, в частности в Единую государственную систему мониторинга окружающей среды, которая на сегодняшний день разрабатывается в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 марта 2024 года № 300 «Об утверждении Положения о государственном экологическом мониторинге». В тоже время структура мониторинга добычи полезных ископаемых и охраны окружающей среды должна допускать учёт подсистем в большей степени низкого уровня, при этом и тех, которые исполняют свои функции относительно автономно.

Структура должна затрагивать все горнодобывающие предприятия в рамках конкретного административного региона. Заданная тактика создаёт ряд достоинств, в том числе результативный сбор материалов о коллективном воздействии предприятий на охрану окружающей среды, а также усовершенствование природоохранных программ.

Информационная база структуры мониторинга горных работ и охраны окружающей среды включает в себя базы данных, которые содержат данные о природных и климатических характеристиках района добычи полезных ископаемых, с особым вниманием на факторы, определяющие экологическое положение района и особенности влияния горных работ на охрану окружающей среды.

Следует выявить ряд показателей, а именно:

- степень, применения и охраны водных ресурсов, их доступность, качество воды, нормы потребления, объём сбрасываемых сточных вод, а также уровень степени их очистки;
- степень, масштаб загрязнения и защита атмосферы, источники загрязнения, которые связаны с добычей полезных ископаемых, коммунальными организациями и особенностями мер по защите окружающей среды;
- степень, применения и охрана земельных недр;
- формирование минеральных ресурсов;
- формирование, хранение, утилизация, повторное применение промышленных отходов.

Ряд вышеперечисленных параметров могут быть взяты из статистических отчётов и документов об исполнении экологических правил, предоставляемых горнодобывающими предприятиями, тогда как другие нуждаются в данных, которые были приобретены во время горного и экологического мониторинга. Данный процесс мониторинга содержит в себе измерение, сбор и статистический анализ данных, соответствующий значениям показателей, для всех без исключения типов загрязнения [2].



Структура мониторинга добычи полезных ископаемых и охраны окружающей среды полагает включение как минимум четыре подструктуры наблюдения, а именно:

Подструктура 1 включает в себя формирование сети стационарных платформ мониторинга, укомплектованных приборами для метеорологических, гидрологических измерений, а именно атмосферной температуры, давления, влажности, скорости ветра, направления ветра, колебаний уровня грунтовых вод, скорости стока грунтовых вод и направления, изменений скорости стока подземных, а также поверхностных водоёмов, температуры поверхности воды и почвы, а также другие показатели.

Подструктура 2 подразумевает сеть стационарных платформ мониторинга, укомплектованных приборами для измерения ряда признаков окружающей среды в районах, не затронутых промышленной деятельностью. Указанные данные применяются для выявления начального состояния окружающей среды, которое сопоставляется с воздействием горнодобывающей деятельности. Данная подструктура содержит в себе устройства, которые направлены на измерения газового состава, а также запылённости воздуха, химического состава почв и конечно же компонентов водной среды, например, грунтовые воды, поверхностные воды, донные отложения. И оборудование для измерения состава твёрдых веществ в водной среде, влажности в почвах, радиометрические устройства, то есть для оценки радиации уровни, и, конечно же, приборы для фиксирования напряжённо-деформированного состояния массива горных пород.

Приборы в подструктурах 1 и 2 направлены на автоматическую работу. Отметим, что частота измерений определяется для каждого признака согласно методики измерений, которая обращает внимание на характеристики исследуемого объекта с учётом местных условий, которые фиксируют естественную частоту, с которой конкретный параметр может быть определён. Спектр изменений данных приборов должны время от времени превышать границы преобразования значений каждого параметра. Однако, если подходящий прибор отсутствует в наличии, то станция мониторинга будет оснащена двумя и более приборами с различными интервалами параметров.

Подструктура 3 содержит две сети потоков мониторинга. Первая демонстрирует напрямую сеть стационарных постов, которые укомплектованы устройствами для мониторинга выбросов напрямую из источников. К ним относятся приборы для фиксирования концентрации вредных веществ, устройства, такие как расходомеры, которые необходимы для фиксирования потока сбросов. Так как объём вредных веществ, поступающих в окружающую среду, а также их скопление в осадках и взвешенных в локальных точках пространства выявляется не только по их концентрации, а также и по величине потока выбросов. Вторая – это сеть мобильных станций, которые укомплектованы приборами для фиксирования



концентраций вредных веществ на многочисленных расстояниях, расположенных от источника в зоне доминантного направления потока выбросов, а также в местах вероятного накопления компонентов выбросов [3].

Отметим, что устройства первой сети функционируют автоматически без остановки, а устройства второй сети задействованы выборочно с периодичностью установленной методикой наблюдения, для определённых требований объекта.

Также отметим, что если обнаружены особо опасные участки скопления вредных веществ, а также если их опасные концентрации постоянны в течение продолжительного времени, то на данных участках возможно на определённое время установить стационарные посты мониторинга, используя в работе устройства второй сети [4].

Подструктура 4 содержит сеть стационарных постов мониторинга, которые оснащены приборами, а также другими средствами, которые необходимы для наблюдения изменений в состоянии определённых параметров окружающей среды.

В заключении, хотелось бы отметить, что при соблюдении Единой государственной системы мониторинга окружающей среды, которая на сегодняшний день разрабатывается в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 марта 2024 года № 300 «Об утверждении Положения о государственном экологическом мониторинге» мониторинг добычи полезных ископаемых и охраны окружающей среды обуславливается как особая информационно-аналитическая система, предназначенная для отслеживания и мониторинга состояния окружающей среды на участках эксплуатации горнодобывающих предприятий.

Список литературы

1. Лушпеев В.А., Соколов А.Н., Гальцева О.А., Салимгареева Э.М. Методические основы для обоснования трудноизвлекаемых запасов карбонатного коллектора // Актуальные проблемы нефти и газа. – 2023. – № 2 (41). – С. 201-215.
2. Магтымов Р., Геоков Б., Гайгысызова Н., Мамитиков Ы. Нейросети на службе инженерной геологии // Символ науки: международный научный журнал. – 2025. – № 1-2. – С. 49-50.
3. Нагаева С.Н., Апаев С.В. Становление геолого-технологических критериев для проектирования горизонтального участка под МСГРП на объекте федоровского месторождения // Наука и техника в газовой промышленности. – 2024. – № 2 (98). – С. 84-91.
4. Эльман К.А. Оценка нормирования состояния окружающей среды геологии нефти и газа // В сборнике: Экосистемные услуги и менеджмент природных ресурсов. Материалы международной научно-практической конференции. Тюмень, 2020. – С. 239-240.



МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ

УДК 504.06

РЕКОНСТРУКЦИЯ И РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА МЕЛОВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ДОНЕЦКО-ДОНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

Коржова Д. Г., Квачев В. Н., Леонтьева Е. В.

1467659@bsuedu.ru

*Научный руководитель: Квачев В. Н., кандидат технических наук
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

Дан ретроспективный анализ состояния и информативности системы мониторинга меловых подземных вод в период пика развития и на современный период. Приведено распределение станций мониторинга по гидрогеологическим структурам. Охарактеризована их содержательная составляющая и доступность. Показано видение развития межрегиональной системы мониторинга административно-бассейнового типа.

Ключевые слова: мониторинг подземных вод, наблюдательная сеть, Донецко-Донской артезианский бассейн, ретроспективный анализ, ресурсы подземных вод

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания №FZWG-2025-0006м

Ретроспективный анализ состояния и информативности системы мониторинга меловых подземных вод

Подземные воды меловых водоносных комплексов в северо-восточной части Донецко-Донского артезианского бассейна в административном отношении получили развитие в пределах Белгородской и Курской областей Российской Федерации, а также Харьковской, Сумской областей Украины, и относятся к типу трансграничных и межрегиональных, которые изучены достаточно хорошо [1-3]. Уточнение гидрогеологических особенностей исследуемой территории и современное использование их вод изучались в рамках госзадания FZWG-2025-0006 и подробно изложены в докладе Быхалова Э.Ю и др. данной конференции.

Пик развития системы мониторинга подземных вод в исследуемом регионе приходится на конец восьмидесятых, начало девяностых годов. В 1989 году



мониторинговая сеть меловых вод насчитывала 399 скважин по которым было выполнено 23 749 замеров уровня подземных вод. При этом в альбсеноманском водоносном горизонте K1al-s наблюдения велись по 182 скважинам (11 254 замера), в турон-маастрихтском K2t-m по 145 скважине (9 526 замеров), в турон-коньякском водоносном горизонте K2t-cn по 72 скважинам (2 969 замеров).

С 1990 году началось постепенное сокращение мониторинговой сети – количество скважин. Наиболее сильные изменения произошли в 1994 году. Практически по всем горизонтам наблюдалось снижение активности мониторинга: K1al-s – 6 628 замеров (против 11 254 в 1989), K2t-m – 2 255 замеров (против 9 526), K2t-cn – 1113 замеров (против 2 792). За шесть лет мониторинговая сеть потеряла 42% скважин (с 399 до 230), причем наиболее значительно пострадали именно ключевые водоносные горизонты. Объем замеров сократился с 34 226 до 7996 замеров.

На современный период согласно информационному бюллетеню «О состоянии недр на территории Центрального федерального округа за 2023 год» [4] количество скважин уменьшилось до 137, что ограничивает репрезентативность данных и возможность детального изучения гидрогеологических условий.

Не менее тревожной тенденцией стало упрощение отчетности. В советский период отчеты превышали объем 100 страниц и включали графические приложения – карты наблюдательной сети, депрессионные воронки, гидрогеологические разрезы и другие специализированные материалы. Отчет 1989 года представляет собой исследование, детально освещающее все аспекты состояния подземных вод Белгородской области. Документ содержит данные о гидрогеологических условиях региона, включая характеристику всех основных водоносных горизонтов - от современных аллювиальных отложений до девонских комплексов. Особую ценность представляют сезонные и многолетние наблюдения за колебаниями уровней подземных вод, сопровождающиеся подробным анализом влияния климатических факторов и геолого-гидрогеологических условий.

Также особое внимание в отчете 1989 года уделено антропогенному воздействию на подземные воды. Детально описаны последствия деятельности горнодобывающей промышленности, в частности образование депрессионных воронок на карьерах Лебединском, Стойленском и Яковлевском, а также влияние крупных водозаборов в Белгороде, Старом Осколе и Губкине. Химический состав вод анализируется с привязкой к конкретным источникам загрязнения, что позволяет выявить закономерности распространения загрязняющих веществ, таких как азотистые соединения и железо.



Современный информационный бюллетень за 2023 год, охватывающий весь Центральный федеральный округ, демонстрирует принципиально иной подход к подаче информации. Вместо детализированных региональных отчетов выпускаются сводные документы на 18 субъектов ЦФО объемом всего 150 страниц. Это означает, что на субъекты федерации приходится менее 10 страниц обобщенных данных – катастрофически мало для принятия научно обоснованных управленческих решений.

В настоящее время ключевыми источниками данных мониторинга подземных вод выступают Гидроспецгеология, Роспотребнадзор, Росгеолфонд, однако доступность к первичной информации крайне затруднительна, и порой недоступна.

Таким образом, обеспечение управленческих решений информацией на основе материалов мониторинга подземных вод сталкивается с рядом системных проблем, связанных как с организацией информационных систем, так и с межведомственным взаимодействием.

Распределение станций мониторинга по бассейнам, водоносным комплексам и зонам гидродинамики

Схема расположения наблюдательных скважин на момент 1989 г. демонстрирует хорошо развитую систему мониторинга, охватывающую водоносные горизонты мелового возраста. Такое расположение позволяет контролировать все ключевые гидрогеологические процессы в регионе, особенно там, где расположены крупные промышленные центры и населенные пункты, требующие интенсивного водопользования.

Мониторинговая сеть основных меловых водоносных горизонтов имеет равномерное распределение скважин по всем гидродинамическим зонам. В зонах питания, расположенных в верхних частях бассейнов, скважины фиксируют процессы инфильтрации атмосферных осадков. Зоны транзита оборудованы регулярной сетью наблюдательных пунктов, позволяющих отслеживать движение подземных вод. В зонах разгрузки, где воды выходят на поверхность, также имеются контрольные точки. Наиболее плотная сеть наблюдений создана в бассейне Северского Донца. При этом и другие водосборные бассейны - Псла, Сейма, Ворсклы и Оскола – не остались без внимания. Такая система наблюдений позволяла получать достоверную информацию о состоянии подземных вод бассейна и служит надёжной основой для принятия управленческих решений в области водопользования.

К сожалению, текущая ситуация с мониторингом характеризуется значительным ухудшением по сравнению с 1989 годом. Наблюдательные скважины на территории Донецко-Донского артезианского бассейна распределены



неравномерно, с большим количеством мониторинговых точек в водосборном бассейне реки Северский Донец. В то же время другим поверхностным водосборам по бассейнам рек Ворскла, Оскол, Псел и Сейм – уделено значительно меньше внимания, что создает пробелы в системе мониторинга. Например, в бассейнах рек Псел и Ворскла скважины встречаются лишь единично, преимущественно в зонах питания, тогда как участки транзита и разгрузки остаются слабо изученными. Такая диспропорция в распределении наблюдательных скважин приводит к неполной картине гидрогеологических процессов в пределах всего бассейна. Отсутствие достаточного количества данных ограничивает возможности для комплексного анализа водного баланса и прогнозирования изменений в условиях антропогенного воздействия или климатических колебаний.

Перспективы развития межрегиональной системы мониторинга административно-бассейнового типа

Создание межрегиональной системы мониторинга подземных вод административно-бассейнового типа представляет собой стратегически важное направление оценки состояния ресурсов подземных вод.

Такой подход предполагает организацию наблюдений по принципу гидрогеологического районирования на основе бассейнов поверхностного и подземного стока, с учетом сформировавшихся нарушений природного состояния подземных вод, что позволяет преодолеть существующие административные барьеры и обеспечить комплексный учет и обосновывать регулирование использования водных ресурсов в пределах единых гидрогеологических структур с учетом современных тенденций в этом направлении [1].

Важным элементом является создание открытого геопортала с возможностью визуализации обобщенных данных мониторинга в режиме, близком к реальному времени и с разрешительной системой доступа к первичным данным.

Выводы

1. Современная система мониторинга подземных вод Донецко-Донского артезианского бассейна не позволяет отобразить современное состояние подземных вод в исследуемом регионе.

2. Создание межрегиональной системы мониторинга подземных вод административно-бассейнового типа представляет собой стратегически важным направлением информационного обеспечения принятия управленческих решений в области ресурсов подземных вод.



Список литературы

1. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии (КМА). Том II., Гидрогеология и инженерная геология, Ред. А.Т. Бобрышев, М., Недра, 1972. – 480 с.
2. Гидрогеология СССР. Том 4. Воронежская область, Курская область, Белгородская область, Брянская область, Орловская область, Липецкая область, Тамбовская область. Москва, Недра 1972 г. – 499 с.
3. Иванов А.А., Петров Б.В. Гидрогеологические особенности меловых отложений северо-восточной части Донецко-Донского артезианского бассейна // Водные ресурсы. – 2020. – № 5. – С. 45–52.
4. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Центрального федерального округа за 2023 год. – Москва: Гидроспецгеология, 2024. – 150 с. (<https://specgeo.ru/>)
5. Бассейновый принцип управления водными ресурсами: теория и практика. – М.: Росводресурсы, 2021. – 180 с.
6. Язвенко А.В., Кудельский А.В. Современные методы гидрогеологического мониторинга. – М.: Недра, 2020. – 256 с.



РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД СПОСОБОМ КОЛЬЦЕВОЙ ЩЕЛИ

Лепетюха Д. С., Храмцов Б. А., Лубенская О. А.

lepetyukha_d@bsuedu.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

В данной статье рассматриваются основные этапы процесса разработки программного обеспечения для способа определения основных параметров напряженного состояния массива горных пород кольцевой щелью. Разработанное программное обеспечение позволяет рассчитать действующие главные нормальные напряжения (σ_1 , σ_2) и их направление (θ) в массиве горных пород.

Ключевые слова: частичная разгрузка, кольцевая щель, напряженное состояние, массив горных пород, главные нормальные напряжения, программное обеспечение.

Введение

В горной науке и практической геомеханике важным аспектом является понимание происходящих геомеханических процессов в следствии ведения горных работ. Определение напряженного состояния массива горных пород за счет создания полостей широко используется в мировой практике: российскими [1–4] и зарубежными [5–9] учеными. Одним из методов исследования является метод частичной разгрузки массива кольцевой щелью, который позволяет оценивать фактическое распределение напряжений вокруг зоны разгрузки массива. На основе решения плоской задачи теории упругости [10], разработанное программное обеспечение позволяет рассчитывать главные нормальные напряжения и направление их действия, применяя способ частичной разгрузки (с заданными параметрами) на стенке горной выработки и измерение горизонтальных смещений реперов.

Создание ПО требует разделения на следующие этапы:

1. Анализ изученности вопроса по данной теме, постановка задач исследования. Проведен анализ разработанных ранее методов исследования в данном направлении, охватывающий различные вариации схем измерения деформаций при разгрузке массива пород кольцевой щелью [1–4]. При обосновании целей и постановке задач исследования, использовались основы комплексности метода: разработка и реализация способа измерения напряженного состояния массива горных пород и автоматизированный расчет полученных данных по данному методу.



2. Создание математической схемы расчета. В основу схемы расчета была положена разработанная математическая модель, которая учитывала геометрические параметры расположения реперов и метода измерения деформаций на стенке горной выработки, физико-механические характеристики массива горных пород [10].

3. Верификация математической модели и анализ результатов расчета. На основании теории упругости была получена система уравнений для расчета параметров напряженного состояния массива горных пород (значения главных нормальных напряжений и направления их действия) при использовании способа кольцевой щели на стенках горной выработки, далее производился сравнительный анализ результатов расчета с фактическим напряженным состоянием массива горных пород. Верификация математической модели осуществлялась на основании измеренных данных и ранее выполненных исследований в массиве горных пород Гремячинского месторождения калийных солей [11, 12]

4. Создание программного обеспечения. Вспомогательное программное обеспечение должно удовлетворять таким параметрам, как: простота в использовании интерфейса, доступность ввода исходных данных, надежность и достоверность полученных данных расчета.

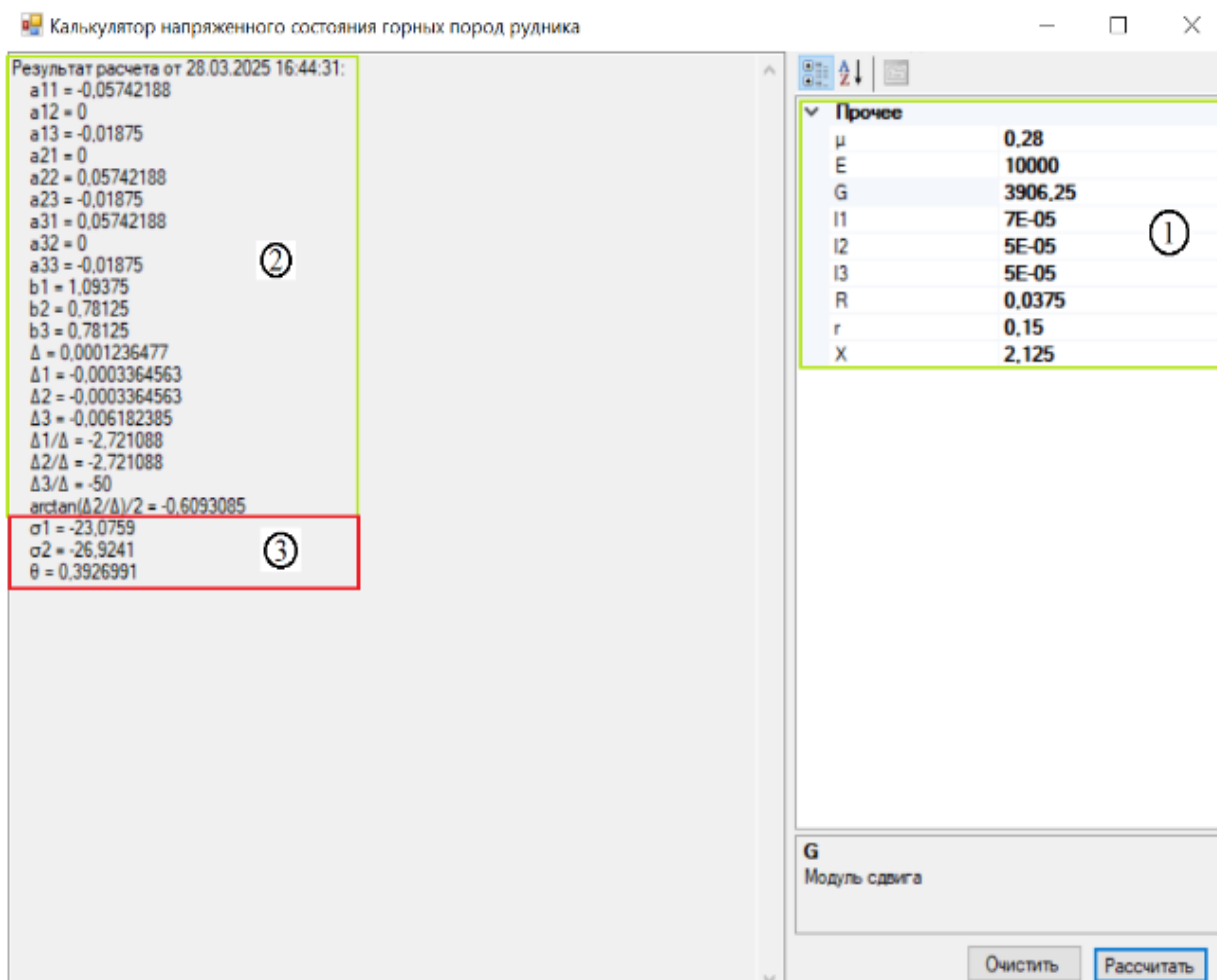
Результаты разработки программного обеспечения для расчета напряженного состояния массива горных пород

При создании эффективного вспомогательного инструмента для расчета основных параметров напряженного состояния массива горных пород важно спроектировать архитектуру системы расчета и ввода исходных данных в программу. С помощью языка программирования CSharp (C#), реализовано окно ввода исходных данных: измеренные деформации ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$), основные параметры физико-механических характеристик горных пород (модуль деформации E и коэффициент Пуассона μ), геометрические параметры метода измерений (радиус бурения щели R и радиус измерений r), а также окно автоматизированного калькулятора с выводом этапов решения основных параметров матричной системы уравнений и результатом расчета ($\sigma_1, \sigma_2, \text{ и } \theta$). Общий вид разработанной программы представлен на рис. 1.

Разработка программного обеспечения для расчета главных нормальных напряжений массива горных пород методом кольцевой щели – это комплексная задача, которая состоит из анализа исследуемого вопроса, разработки математического аппарата, верификации модели и анализа полученных данных. Согласно выполненным исследованиям [11, 12] произведена верификация



способа определения напряжений массива пород в подземной горной выработке кольцевой щелью [10] и создано программное обеспечение, позволяющее рассчитать действующие главные нормальные напряжения (σ_1 , σ_2) и их направление (θ).



- 1 – окно ввода исходных данных,
- 2 – блок расчетных параметров матричной системы уравнений,
- 3 – отображение результатов расчета

Рис. 1. Интерфейс программы

для расчета напряженного состояния массива горных пород кольцевой щелью

Таким образом, разработанный способ и созданное ПО значительно упрощает и ускоряет процесс определения напряжённого состояния массива горных пород, повышая достоверность полученных данных, которое позволит обеспечить безопасность производственных процессов на горном предприятии, что является существенно важным фактором при ведения горных работ в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях.

Методика расчета, используемая в программном обеспечении защищена патентом РФ [10], а программное обеспечение подлежит регистрации.



Список литературы

1. Влох Н.П. Совершенствование метода щелевой разгрузки / Н.П. Влох, А.В. Зубков, Ю.Г. Феклистов // Диагностика состояния породных массивов: сб. тр. - Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1980. – С. 30 - 35.
2. Зубков А.В. Деформационные методы определения напряженного состояния пород на объектах недропользования / А.В. Зубков, Ю.Г. Феклистов, Я. И. Липин [и др.] // Проблемы недропользования. – 2016. – № 4(11). – С. 41-49.
3. Феклистов Ю.Г. Деформационный способ комплексного определения напряженного состояния и упругих характеристик горных и строительных объектов // Проблемы недропользования. – 2017. – №4 (15). – С. 28-32.
4. Пат. 2597660 Российская Федерация, МПК G01B 1/16. Комплексный метод определения напряженно-деформированного состояния объектов геотехнологии / Ю.Г. Феклистов, А.В. Зубков, И.В. Селин, И.В. Бирючев, С.В. Сентябов. – № 2014129352/28, заявл. 16.07.2014; опубл. 24.08.2016, Бюл. № 26.
5. Douglas R. Schmitt, Claire A. Currie, Lei Zhang. Crustal stress determination from boreholes and rock cores: Fundamental principles // Tectonophysics. – 2012. – Vol. 580. – P. 1–26. DOI: 10.1016/j.tecto.2012.08.029
6. Kang H., Lin J., Zhang X. Research and application of in-situ stress measurement in deep mines // Yanshilixue Yu Gongcheng Xuebao / Chinese journal of rock mechanics and engineering. – 2007. – Vol. 26. – No. 5. P. 929–933.
7. He M. C., Qian Q. H., Summarize of basic research on rock mechanics at great depth // Proceedings of the 9th Symposium on rock mechanics and engineering. Beijing, China: Science Press, 2006. – P. 49–62.
8. Ge X. R., Hou M. X. Principle of in-situ 3D rock stress measurement with borehole wall stress relief method and its preliminary applications to determination of in-situ rock stress orientation and magnitude in Jinping hydropower station // Science china technological sciences. – 2012. – Vol. 55(4). – P. 939–949.
9. Ferrero A. M., Migliazza M., Segalini A., Gulli D. In situ stress measurements interpretations in large underground marble quarry by 3D modeling // International journal of rock mechanics and mining sciences. – 2013. – Vol. 60(8). – P. 103–113.
10. Патент № 2834170 C1 Российская Федерация, МПК G01B 5/30. Способ определения напряжений массива пород в подземной горной выработке кольцевой щелью: заявлено 12.09.2024; опубл. 04.02.2025 / Б. А. Храмцов, Д. С. Лепетюха; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный университет».
11. Лепетюха Д. С. Разработка способа определения напряжений массива пород в подземной горной выработке кольцевой щелью / Д. С. Лепетюха // Геоэкология и рациональное недропользование: от науки к практике: сборник материалов IV Всероссийской научной конференции молодых ученых, Белгород, 10 октября 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2024. – С. 139-143. – EDN EMERWC.
12. Лепетюха Д. С., Храмцов Б.А. Напряженное состояние массива горных пород Гремячинского месторождения // Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки: матер. XXX Междунар. науч.-практ. конф. Bengaluru, India, 12–13 декабря 2022 г. – С. 63–67.



УДК 553.411.071

ТИПИЗАЦИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БУРУНДИ

Нкунзимана Б., Хакешимана Ж. К.

nkunzimanabenoit@gmail.com

*Научный руководитель: Пелипенко Н. А., д. т. н., профессор
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

Республика Бурунди, обладая значительными запасами золота, демонстрирует разнообразие горно-геологических условий, которые оказывают влияние на процессы его разведки и добычи. В данной работе представлен обзор типизации горно-геологических условий месторождений золота в стране. Почти все основные объекты, затронутые операциями кустарная добыча золота в Бурунди осуществляется по всей территории: 3 участка добычи колтана и касситерита, 35 участков добычи золота и 10 участков добычи вольфрамит. Эти объекты в основном расположены в северной части Бурунди, на границе с Демократической Республикой Конго, Руандой и Танзанией.

Ключевые слова: Республика Бурунди, золото, месторождения кварцевых жил, пегматит, кустарная добыча.

В Республики Бурунди кустарные и маломасштабные горнодобывающие предприятия обеспечивают работой 10 000 шахтеров, работающих на месторождениях Каянза, Нгози и Кирундо, где добывают колумбо-танталит (колтан), касситерит и вольфрамит, а также на месторождениях Муйинга, Чибитоке, Бубанза и Руйиги, где добывают золото [5]. До 2004 года и открытия новых месторождений в провинциях Кирундо и Муйинга вольфрамит добывали только в Ньябисаке, коммуне Бузони в провинции Кирундо [6]. Олово, тантал, вольфрам (полученные из касситеритовых, танталитовых и вольфрамитовых руд, часто называемых 3Ts) и золото являются основными добываемыми и экспортируемыми полезными ископаемыми [7]. Месторождения золота расположены в протерозойских метаморфических породах, преимущественно в зонах высоких давлений и температур, что формирует специфические минералогические ассоциации.

В Бурунди большая часть орогенного золота находится в провинции Муйинга, где расположено четырнадцать месторождений этого типа. Две подсказки находятся недалеко (в 3 км) от города Муйинга. Еще одиннадцать улик расположены в коммуне Бутихинда, в 15 км от города Муйинга, и одна в коммуне Гасорве [2]. В провинции Муйинга золоторудные минерализации заключены в две формации, принадлежащие Супергруппе Бурунди:



1) Формация Муйинга (нижняя группа), 2) Формация Камарамагамбо (верхняя группа). Между этими формациями расположена формация Ньягиханда (средняя группа), состоящая из темно-серых до черных сланцев и песчанистых сланцев. Большинство рудопроявлений (рис. 1) находятся в формации Камарамагамбо, особенно у её основания, вблизи формации Ньягиханда. Основание этой формации состоит из массивных темно-серых кварцитов, содержащих декаметровые линзы конгломератов с сантиметровыми галечниками кварцитов и жильного кварца (Chartry, 1988). В этих кварцитах видны некоторые прослои сланцев (формация Ньягизози).

Формация Муйинга содержит два рудопроявления (Гатову I и Гатову II). Это мощные слои кварцитов (около 1000 м), светлые, хорошо стратифицированные, расщепляющиеся на дециметровые плитки. Вблизи формации Мурамба видны песчаниковые прослои и конгломераты. Основание формации Муйинга содержит рудопроявление Гатову I, которое залегает в вулканогенно-осадочной породе, трудно распознаваемой на поверхности из-за выветривания.



Рис. 1. Карта, показывающая вмещающие породы месторождений золота, северо-восток Бурунди

В провинциях Руиги и Канкузо золоторудные рудопроявления заключены в формациях Мпунгве и Кайонгози, относящихся к нижней группе



Супергруппы Бурунди (рис. 2). Формация Мпунгве состоит главным образом из чередующихся кварцитов грубозернистых и песчаниковых прослоев толщиной от нескольких сантиметров до метров, с включениями тонкозернистых пиритсодержащих кварцитов (формация Мугатаре). Формация Кайонгози представлена филлитами и графитсодержащими сланцами.



Рис. 2. Карта, показывающая вмещающие породы месторождений золота, восточная часть Бурунди

Присутствие кварцевых жил и пегматитов, которые часто содержат золото в виде золотых самородков и аффинных минералов. Северо-восточная часть орогена Кибариен (Бурунди, ДРК, Руанда) содержит многочисленные граниты, связанные с пегматитовыми месторождениями редких элементов, содержащими касситерит (Sn), колтан (NbTa), вольфрамит (W), берилл (Be) и сподумен (Li) в качестве типичных минералов. Минерализация происходит в пегматитах и кварцевых жилах, чье размещение связано с более поздней фазой истории деформаций кибарской орогении [3]. Редкоземельный: редкие элементы разделяются на две группы: 1) цериевую (легкие лантаноиды), в которой выделяют лантановую (La, Ce, Pr) и неодимовую (Nd, Sm, Eu, Gd) подгруппы; 2) иттриевую (тяжелые лантаноиды) с подгруппами диспрозиевой (Tb, Dy, Y, Ho) и иттербиевой (Er, Tm, Yb, Lu) [9]. Месторождения



редкоземельных элементов, впервые обнаруженные старателем Дойеном в мае 1936 года, связаны с метасоматическими жилами. Они хорошо известны в коммуне Мутамбу провинции Бужумбура и расположены на крутом склоне Восточноафриканского разлома. Горнодобывающая компания RAINBOW в 2011 году исследовала эти земли на площади 10 км². Запасы оцениваются приблизительно в 128-250 тонн на глубину до 25 метров. Однако исследования, проведенные компанией BGR (Федеральный институт геологических наук и природных ресурсов) в 1977 году, в этом же районе, определил запасы в размере 6000 тонн [10].

Различают четыре основных типа пегматитов в зависимости от глубины их образования: (1) абиссальные пегматиты, которые образуются в более глубокой среде, (2) Глубокие пегматиты, которые образуются на глубине от 7 до 11 км, (3) редкоэлементные пегматиты, которые образуются на средней глубине около 3,5–7 км, и (4) миароловые или геммисодержащие пегматиты, которые образуются на небольшой глубине около 3,5 км [4].

Эксплуатационные условия. Методы эксплуатации остаются крайне нерациональными и в примитивном виде руду добывают с помощью кирок и ломов. Методы обогащения также архаичны, разработаны подручными средствами и включают следующие этапы: ручное дробление и измельчение руды – отстаивание в емкостях с водой или в специально подготовленных для этого ямах – гравиметрическое концентрирование в бассейнах. На некоторых участках внедрение даже традиционных шлюзов, мотопомп, дробилок и компрессоров позволило усовершенствовать методы промывки руды и повысить извлечение. Эти кустарные методы эксплуатации приводят к потерям значительное производство. В случае золота потери могут достигать 75 % запасов металла для россыпного месторождения и 90 % для месторождения жильного типа. Одна из причин заключается в том, что старатели разрабатывают только самые богатые участки месторождения. Это может даже привести к полной заморозке месторождения на долгие годы.

Проблемы, связанные с воздействием горнодобывающей деятельности на окружающую среду, включая загрязнение водоемов ртутью и другими токсичными веществами, а также последствия для экосистем в регионах добычи. Результатом анализа всех этих тем стал национальный обзор ситуации с кустарной и мелкомасштабной добычей золота в Бурунди. Последний дает, исходя из количества золота, произведенного в течение года на всех объектах (67), количество используемой ртути, которое составляет более 2 тонн/год. Следует также отметить, что количество горняков/золотодобытчиков на национальном уровне в секторе кустарной и мелкомасштабной добычи золота составляет в среднем 3 413 человек [8].



Типизация горно-геологических условий золоторудных месторождений Республики Бурунди позволяет сделать следующие выводы:

1. В Бурунди присутствуют как коренные (первичные), так и россыпные (вторичные) месторождения золота, связанные с различными геологическими формациями и структурными элементами.

2. Большинство золоторудных месторождений генетически и пространственно ассоциированы с метаморфизованными протерозойскими породами, в частности с кварцитами, кварцево-карбонатными жилами и зонами разломов.

3. Богатые рудные тела приурочены к узловым зонам пересечения разломов.

4. На территориях присутствуют скрытые орудинения поиски которых целесообразно осуществлять гидрогеохимическими и литогеохимическими методами.

5. Применение современных технологий геологоразведки, добычи и переработки руд позволит повысить эффективность освоения золоторудных месторождений и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Список литературы

1. Midende. G. Étude sur les exploitations minières artisanales du Burundi, inédit, mémoire à la demande de la Banque Mondiale. – 2009. – P. 22.

2. Ntiharirizwa S. Le potentiel en ressource minérale du Burundi, nord-est de la ceinture orogénique Kibarienne, Afrique central-orientale. Maîtrise inter universitaire en Science de la Terre. – Québec, Canada, 2013. – P. 38-48

3. Varlamoff N.. Central and West African rare metal granitic pegmatites, related aplites, quartz veins and mineral deposits // Mineral. Deposita 1972. – №7. – P. 202-216.

4. Cerny P., Ercit T.S. The classification of granitic pegmatites revisited // Canadian Mineralogis. – 2005 – № 43. – P. 2005-2026.

5. Ndikumana J. B, Mbonicuye D. Etude sur la mobilisation des ressources internes et la gouvernance des ressources naturelles au Burundi, aout 2019. – P 96.-99.

6. Thierry Vircoulon. Mutation of the mining sector in Burundi: from development to capture // Notes de l'Ifri, Ifri, April. – 2019. – P. 6-8.

7. Perks R., Hayes K. Transparence des revenus de l'exploitation minière artisanale et à petite échelle liée à la production d'étain, de tantale, de tungstène et d'or au Burundi // Washington, DC: Banque mondiale. – 2016. – P. 13–18.

8. Plan d'Action National pour réduire et / ou éliminer l'utilisation du mercure dans l'Extraction Minière Artisanale et à Petite échelle de l'or Bujumbura, Décembre, 2019

9. Михайлов В.А. Редкоземельные руды мира: Геология, ресурсы, экономика: монография / В. А. Михайлов. – Киев: Издательско-полиграфический центр «Киевский университет», 2010. – 223 с

10. Bandyayera D. Formation de latérites nickélifères et mode de distribution des éléments du groupe du platine dans les profils latéritiques du complexe de Musongati, Burundi. PhD thésis (unpubl.) // Université du Québec à Chicoutimi. –1997. – 495p.



УДК 504.064.2

МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССА РЕНАТУРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ВСКРЫШНЫХ ПОРОДАХ ГОРНОРУДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ (НА ПРИМЕРЕ ОТВАЛОВ МЕЛО-МЕРГЕЛЬНЫХ ПОРОД СГОК)

Полетаев А. О.

poletaev@bsuedu.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

В данной статье приведены результаты изучения динамики изменения величин индексов *NDVI* и *SAVI* на поверхности отвала мело-мергельных пород Стойленского ГОК в период максимальной вегетации для 2020-2024 гг. Определены территории с наиболее активной вегетацией и территории, для которых свойственно снижение интенсивности вегетации, в том числе в результате увеличения площади отвалов.

Ключевые слова: *NDVI, SAVI, отвалы вскрышных пород, самозаращение отвалов, рекультивация отвалов*

Отвалы вскрышных пород образуются в ходе добычи полезных ископаемых открытым способом. Их экологическая опасность заключается в том, что они являются источником пыли, которая под влиянием ветра распространяется на многие километры от отвалов и загрязняет окружающий ландшафт. В связи с этим актуальна задача снижения техногенной нагрузки на ландшафты, находящиеся в контактной зоне с объектами горнодобывающей промышленности. Одним из способов решения данной проблемы в железорудном бассейне Курской магнитной аномалии (КМА) является рекультивация отвалов – посттехногенных геосистем, в ходе которой путем высаживания определенных видов растений на поверхности отвалов происходит закрепление склонов. Наряду с этим происходят процессы самозаращения склонов отвалов [1]. При этом, ввиду постоянной работы горнопромышленного комплекса, происходит рост площадей, занимаемых вскрышными породами, зачастую происходит складирование вскрышных пород на отвалы, которые уже стали покрываться растительностью. В результате увеличивается риск загрязнения территорий, прилегающих к отвалам, так как увеличивается площадь, с которой происходит пыление. Таким образом, необходим мониторинг локальных изменений растительного покрова на отвалах для выявления прилегающих к ним территорий, на которых будет снижаться, либо увеличиваться техногенная нагрузка. Для мониторинга изменения растительного покрова используют различные вегетационные индексы, достаточно часто – нормализованный относительный



индекс растительности (*NDVI*) и индекс растительности с коррекцией по почве (*SAVI*). *NDVI* является мерой количества здоровой растительности, которая основана на разнице между количеством красного и ближнего инфракрасного света, отраженного растительностью. Результаты анализа динамики (*NDVI*) в зоне воздействия горнопромышленного комплекса используются для оценки перспектив самовосстановления растительности на пораженных участках [4]. *NDVI* выступает как индикатор успешности рекультивации и возникновения устойчивого растительного покрова на отвалах [3], позволяет устанавливать площади зарастания для каждого типа растительности и оценивать состояние растительного покрова [6]. *SAVI* корректирует влияние яркости почвы на отражательную способность растительности, так как открытая почва может оказывать сильное влияние на значения отражательной способности. *SAVI* используется для мониторинга состояния земель, нарушенных горными работами [2], позволяет определить и обосновать возможность появления очагов самозарастания [5].

Целью данного исследования являлось изучение особенностей динамики *NDVI* и *SAVI* на поверхности отвала мело-мергельных пород Стойленского горно-обогачительного комбината (СГОК).

В качестве исходных данных были использованы спутниковые снимки *Landsat 8-9 OLI/TIRS C2L2*, загруженные с сайта Геологической службы США (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) за период максимальной вегетации (август) в 2020-2024 гг. – по одному снимку для каждого года с отсутствием облачности над территорией исследования. Для работы со спутниковыми снимками с помощью калькулятора растров (ПО *ArcGIS*) к каналам был применен коэффициент масштабирования – значения были умножены на $2,75 \cdot 10^{-5}$, затем из произведения было вычтено 0,2. Расчет вегетационных индексов *NDVI* и *SAVI* был проведен по формулам (1, 2):

$$NDVI = \frac{(Band\ 5 - Band\ 4)}{(Band\ 5 + Band\ 4)} \quad (1)$$

$$SAVI = 1,5 \cdot \frac{(Band\ 5 - Band\ 4)}{(Band\ 5 + Band\ 4 + 0,5)} \quad (2)$$

После расчета индексов, полученные растры обрезаны по границе территории исследования и с помощью инструмента «*Raster to Point*» преобразованы в точечные слои, на основании которых с помощью интерполяции методом обратных взвешенных расстояний (*IDW*) построены интерполированные растры значений *NDVI* (рис. 1) и *SAVI* (рис. 2). Максимальные, минимальные и средние значения данных индексов показаны в табл. 1.

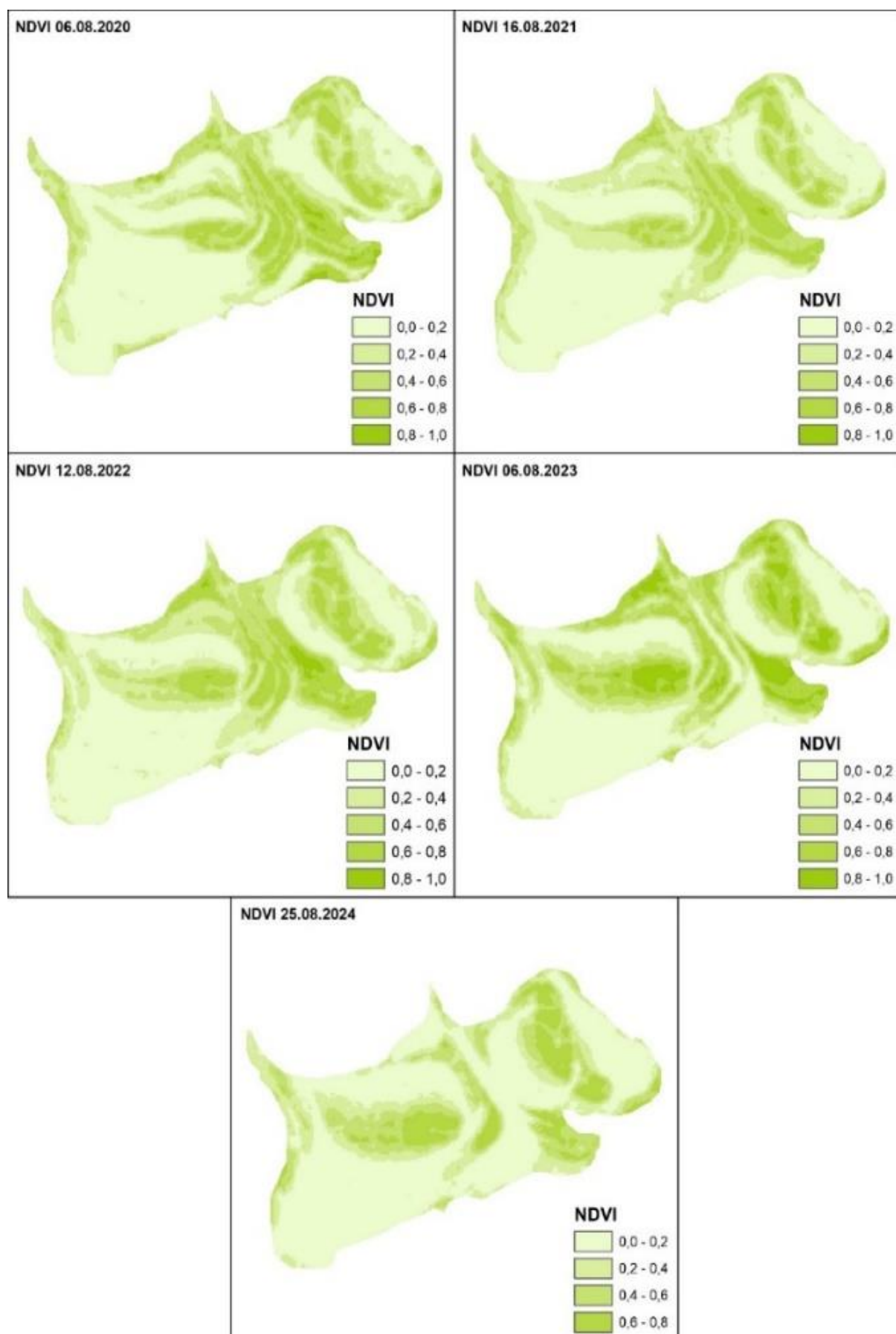


Рис. 1. Динамика NDVI на отвале мело-мергельных пород СГОК с 2020 по 2024 гг.

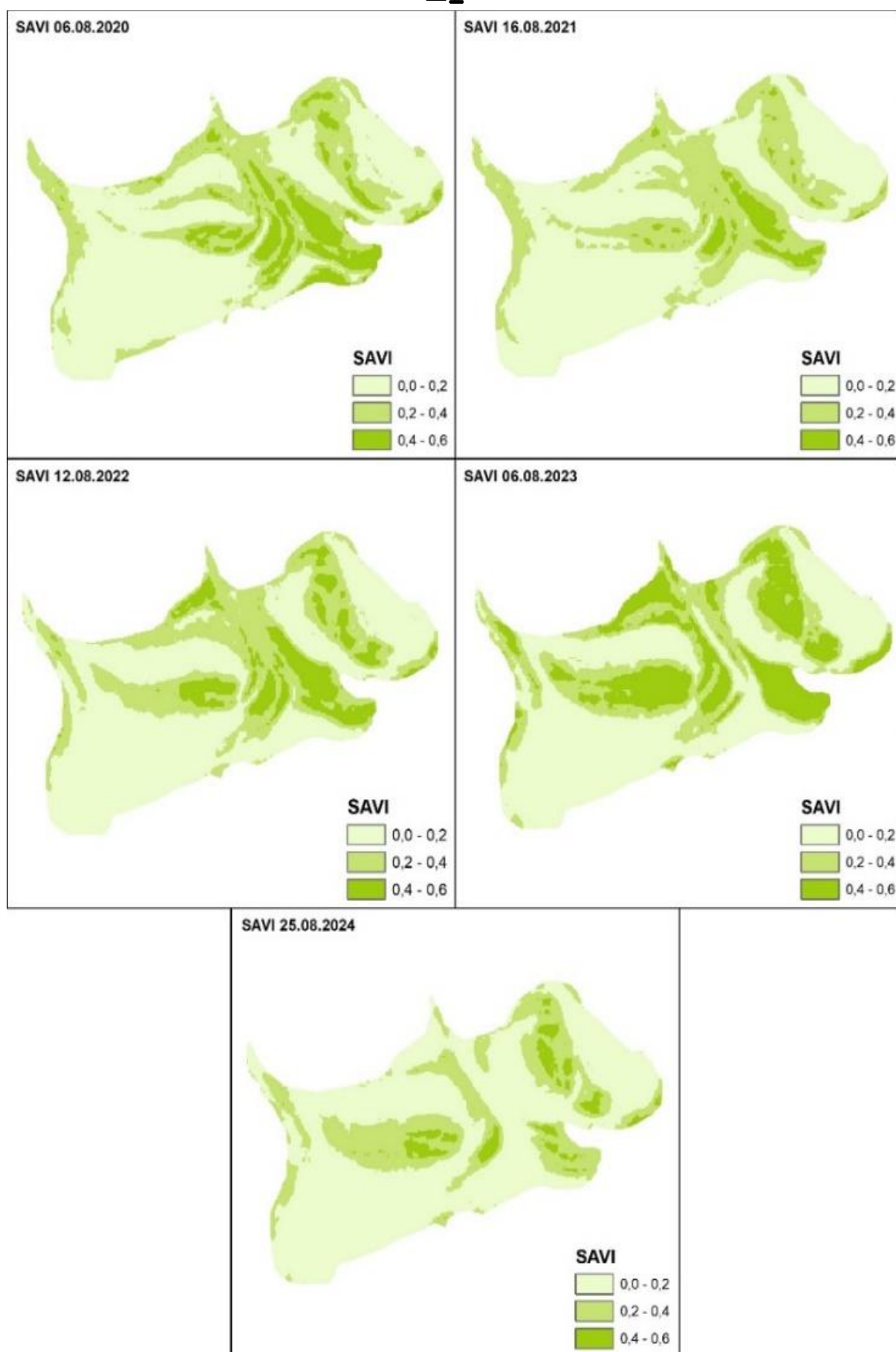


Рис. 2. Динамика SAVI на отвале мело-мергельных пород СГОК с 2020 по 2024 гг.



Таблица 1

Максимальные, минимальные и средние значения NDVI и SAVI

Значение	06.08.2020	16.08.2021	12.08.2022	06.08.2023	25.08.2024
NDVI					
Минимальное	0,04	0,05	0,06	0,06	0,01
Максимальное	1,22	0,84	0,85	0,93	0,8
Среднее	0,3	0,28	0,32	0,36	0,26
SAVI					
Минимальное	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01
Максимальное	0,57	0,55	0,57	0,63	0,50
Среднее	0,20	0,18	0,21	0,24	0,16

Северо-восточная и центральная части отвала мело-мергельных пород СГОК характеризуется более высокими значениями *NDVI* и *SAVI* по сравнению с юго-западной частью и периферийными зонами на северо-востоке. Также по картам-схемам на рис. 1, 2 заметно, что в северо-восточной и центральной части отвала в августе 2020-2023 гг. происходил постепенный рост значений *NDVI* и *SAVI*, который в августе 2024 г. сменился снижением. Низкие значения *NDVI* и *SAVI* в юго-западной части и периферийными зонами на северо-востоке отвала связаны с постоянным складированием на данной территории вскрышных пород, что диагностируется по историческим спутниковым снимкам с ресурса *Google Earth*.

Для выявления территорий с наибольшей вегетацией в августе за рассматриваемый период (2020-2024 гг.), все полученные ранее точечные слои со значениями *NDVI* и *SAVI*, были объединены в один слой. С помощью запросов к базе данных «*NDVI_2020 >0.8 AND NDVI_2021 >0.8 AND NDVI_2022 >0.8 AND NDVI_2023 >0.8*» и «*SAVI_2020 >0.5 AND SAVI_2021 >0.5 AND SAVI_2022 >0.5 AND SAVI_2023 >0.5*» были сформированы выборки точек, в которых в августе 2020-2023 гг. значение *NDVI* было не менее 0,8, либо значение *SAVI* было не менее 0,5. Из данных запросов к базе данных был исключен поиск точек со значением индексов *NDVI* не менее 0,8 и *SAVI* не менее 0,5 за 2024 год ввиду отсутствия таких точек, либо их присутствия в крайне малом количестве. Данные точки показаны на рис. 3 в виде маркеров на спутниковых снимках с ресурса *Google Earth*. Детектируется сокращение площади, покрытой растительностью, вследствие увеличения площади отвалов, т.к. часть точек, которые в 2021 г. располагались на ней (рис. 3 а, с), в 2024 г. (рис. 3 b, d), уже располагается на поверхности отвалов (показаны красными маркерами). Был проведен расчет площадей для каждого из диапазонов значений *NDVI* (табл. 2) и *SAVI* (табл. 3).

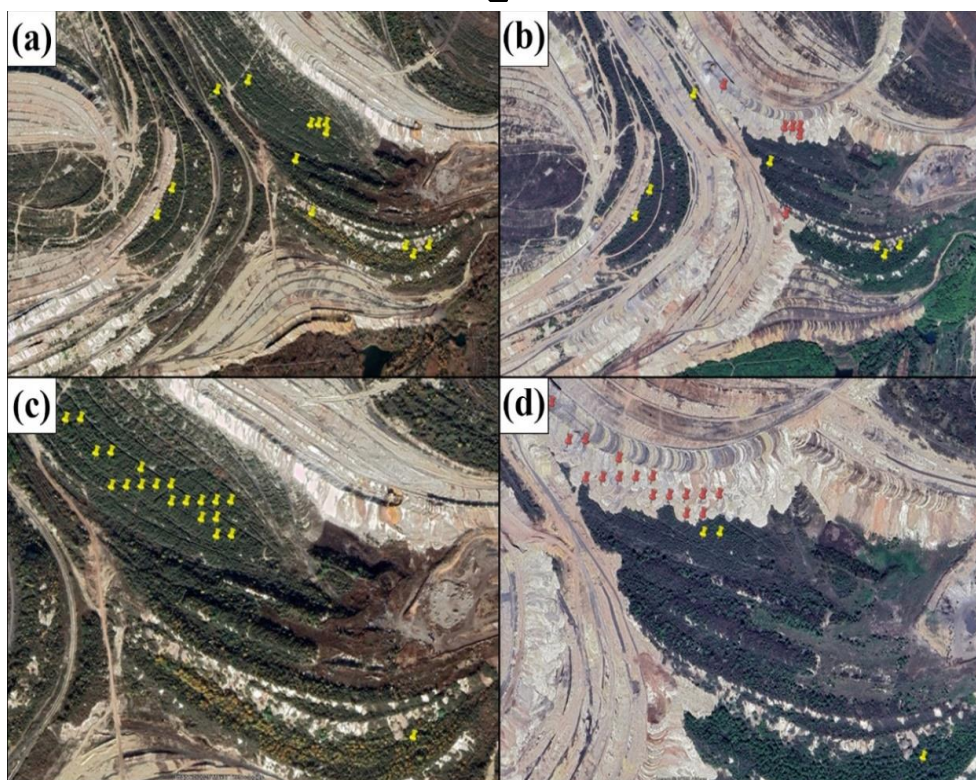


Рис. 3. Точки, которым соответствует значение индексов в августе 2020-2023 гг.: NDVI не менее 0,8 на спутниковых снимках с ресурса Google Earth от 17.10.2021 (a) и 01.05.2024 (b); SAVI не менее 0,5 на спутниковых снимках с ресурса Google Earth от 17.10.2021 (c) и 01.05.2024 (d)

Таблица 2

Соотношение площадей для диапазонов значений NDVI

Диапазон значений NDVI	Площадь, га				
	06.08.2020	16.08.2021	12.08.2022	06.08.2023	25.08.2024
0,0-0,2	317,22	329,93	299,29	287,23	382,93
0,2-0,4	148,02	162,19	161,32	130,42	133,08
0,4-0,6	127,36	127,26	122,54	108,34	105,07
0,6-0,8	83,40	62,06	92,57	114,97	60,91
0,8-1,0	5,99	0,55	6,27	41,03	0

Таблица 3

Соотношение площадей для диапазонов значений SAVI

Диапазон значений SAVI	Площадь, га				
	06.08.2020	16.08.2021	12.08.2022	06.08.2023	25.08.2024
0,0-0,2	393,25	417,53	386,52	358,59	468,33
0,2-0,4	208,36	229,43	213,98	169,27	182,14
0,4-0,6	80,38	35,03	81,49	154,13	31,52



Для *NDVI* в пределах 42-56 % от общей площади находится диапазон значений 0,0-0,2, 19-24 % – диапазон значений 0,2-0,4, 15-19 % – диапазон значений 0,4-0,6, 9-17 % – диапазон значений 0,6-0,8, 0-6 % – диапазон значений 0,8-1,0. Наибольшая площадь диапазонов значений *NDVI* 0,6-0,8 и 0,8-1,0 характерна для 2023 г. по сравнению с 2020-2022 гг. Для *SAVI* в пределах 53-69 % от общей площади находится диапазон значений 0,0-0,2, 25-34 % – диапазон значений 0,2-0,4, 5-23 % – диапазон значений 0,4-0,6. Наибольшая площадь диапазона значений *SAVI* 0,4-0,6 также, как и для *NDVI*, характерна для 2023 г.

Подводя итог, следует отметить, что изучение динамики индексов *NDVI* и *SAVI* в период максимальной вегетации позволяет определять территории на отвалах вскрышных пород, отличающиеся наиболее активной вегетацией, также позволяет определять территории, где произошло снижение вегетационной активности, в том числе в результате увеличения площади отвалов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2023-0011.

Список литературы

1. Голуусов П.В., Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почвенно-растительного покрова в посттехногенных геосистемах КМА и перспективы их ренатурирования // Горный журнал. – 2014. – № 8. – С. 69–74.
2. Миков Л.С., Счастливцев Е.Л., Андроханов В.А. Оценка эффективности рекультивации на участках разреза «Назаровский» с помощью данных дистанционного зондирования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 1. – С. 70–83.
3. Митракова Н.В., Хайрулина Е.А., Перевощикова А.А., Порошина Н.В., Малышкина Е.Е., Яковлева Е.С., Кобелев Н.А. Химико-экологические свойства почв и индекс *NDVI* на рекультивированных сернистоугольных отвалах бореальной зоны // Горные науки и технологии. – 2024. – Т. 9. – № 4. – С. 406–419.
4. Озарян Ю.А. Комплексная оценка состояния техногенной пустоши Комсомольского горнопромышленного района с использованием спутникового сервиса «Вега» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Т. 13. – № 1. – С. 70–78.
5. Опарин В.Н., Потапов В.П., Гиниятуллина О.Л., Счастливцев Е.Л. Исследование процесса зарастания отвалов предприятий горного производства по данным дистанционного зондирования // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. – № 6. – С. 133–141.
6. Чашин А.Н., Кондратьева М.А. Использование данных дистанционного зондирования для оценки темпов самозарастания угольных отвалов Кизеловского бассейна // Географический вестник. – 2019. – № 2 (49). – С. 135–147.



ОЦЕНКА ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НИКЕЛЕВЫХ РУД В РЕСПУБЛИКЕ БУРУНДИ

Хакешимана Ж. К., Нкунзимана Б.

hakeshajclaud@gmail.com

*Научный руководитель: Пелипенко Н. А., д. т. н., профессор
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

Данное исследование посвящено оценке горно-геологических условий месторождений никелевых руд в Республике Бурунди. В работе рассматриваются геологическое строение районов месторождений, минеральный состав руд, морфология рудных тел, особенности залегания, а также факторы, влияющие на условия разработки. Проведен анализ существующих методов добычи и обогащения никелевых руд и дана оценка перспектив развития никелевой промышленности в Бурунди. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации разработки существующих и разведки новых месторождений никеля в стране.

Ключевые слова: Бурунди, никель, месторождения полезных ископаемых, добыча, окружающая среда, экономическое развитие, геология

Бурунди, не имеющая выхода к морю страна в Восточной Африке, обладает разнообразным геологическим потенциалом, включая никелевые ресурсы. Эксплуатация этих ресурсов может сыграть важную роль в экономическом развитии страны, однако она сталкивается с серьезными проблемами, связанными со сложностью геологического строения месторождений и специфическими условиями добычи.

Цель данного исследования – детально проанализировать сложные геологические и горнотехнические условия никелевых месторождений в Бурунди. В нем будут рассмотрены региональный и местный геологический аспекты, минералогия руд, морфология рудных тел, условия их залегания, а также факторы, влияющие на их эксплуатацию. Исследование будет основано на сочетании различных методов, включая полевые работы, лабораторные анализы и геологическое моделирование. Это позволит лучше понять горнотехнические условия никелевых месторождений в Бурунди и разработать рациональные и экологически безопасные стратегии добычи. Кроме того, будут изучены методы переработки никелевых руд с учетом их минералогических и геохимических характеристик. В ходе исследования будут проанализированы различные варианты переработки и их эффективность.



Бурунди расположена в Кибаранском поясе, геологически сложном регионе, характеризующемся историей осадконакопления, магматизма и метаморфизма. Месторождения никеля, как правило, связаны с латеритами, развитыми на ультраосновных породах [1]. Тектонические нарушения, такие как разломы и зоны дробления, могут существенно усложнить разработку месторождений. Они могут приводить к неустойчивости горных пород, осложнять планирование горных работ и создавать проблемы с вентиляцией и водоотливом в подземных выработках [10]. Это совокупность трещин, разломов, складок и других деформаций земной коры, возникших в результате тектонических движений. Она играет важную роль в формировании рельефа, распределении полезных ископаемых и может представлять опасность для строительства и горных работ. В основной тектонической фазе орогенеза осадочные породы Бурундийской супергруппы деформировались в складчатую мегаструктуру, ориентированную в целом в направлении Северо-Запад – Юго-Восток [8]. Важно детально изучить природу этих пород, их трансформации и процессы, приведшие к образованию никелевых латеритов. Исследование должно включать подробное описание соответствующих геологических формаций, состава и структуры, необходимо провести анализ влияния региональной тектоники на распределение месторождений.

Лабораторные исследования пород и руд никелевых месторождений выполнялись с использованием следующего оборудования: поляризационный микроскоп ПОЛАМ РП-1, цифровой оптический микроскоп ZEISS 41, СПЕКТРОСКАН-МаксGV для определения содержания химических элементов.

Разработка месторождений полезных ископаемых осуществляется различными методами в зависимости от глубины залегания, типа месторождения и экономической целесообразности.

Горно-геологические условия освоения месторождений твердых полезных ископаемых в Республике Бурунди включают данные о черных металлах, их структурно-текстурных характеристиках, составе руд, а также результаты теоретических и экспериментальных исследований. Минеральные ресурсы Бурунди представлены, в основном, никелевой минерализацией мирового класса, а также кобальтом, платиной, оловом (Sn), колтаном (Nb-Ta), ванадием и редкоземельными элементами. Кроме того, встречаются такие полезные ископаемые, как фосфаты, известняк, каолин, глина и различные другие строительные материалы. Разработка этих ресурсов широко применяется в различных отраслях промышленности – от производства стали до изготовления аккумуляторов. Их добыча и переработка представляют собой сложный процесс, требующий комплексного подхода и детального



изучения рудных образований [2]. Руды могут залежать на значительной глубине или в сложных геологических условиях, что увеличивает стоимость и сложность добычи. Добыча и переработка месторождений никеля и ванадия могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду, поэтому требуют применения экологически чистых технологий. Успешное освоение месторождений невозможно без внедрения передовых технологий, устойчивых методов добычи и оптимизации всех этапов производственного процесса.

Данная работа рассматривает методы и подходы, используемые для выявления и оценки запасов черных металлов, таких как никель, медь, железо, титан, ванадия и кобальт [5]. Включая геологическое картирование, геохимические и геофизические исследования, а также бурение и отбор проб, исследование направлено на создание комплексного понимания геологической структуры этих регионов и их потенциала для добычи полезных ископаемых (рис. 1).



Рис. 1. Геологическое картирование и изучение структуры и состава горных пород:
А) сбор образцов никеля, Б) сбор образцов ванадия, В) анализ в лаборатории отобранных образцов на содержание Ni, Cu, Co, Cr, EGP и других элементов, С) анализ в лаборатории отобранных образцов содержания Fe, Ti, V и других элементов



Месторождение никеля образовалось в результате латеритного изменения ультраосновных пород с исходным содержанием никеля 0,3 % [3]. Площадь минерализованной зоны составляет около 16 км². Концентрация никеля произошла в результате разрушения минералов, составляющих ультраосновные породы, таких как оливин, гиперстен, антигорит, хризотил и сульфидные минералы (пирротин, пентландит, халькопирит, пирит и др.). Выделившийся из этих минералов никель адсорбировался глинистыми минералами (сметтит, нонтронит, пимелит), а затем гидроксидами железа, такими как гетит, и в меньшей степени оксидами марганца. Профиль выветривания иногда достигает глубины 70 м, формируя последовательность горизонтов, как показано на рисунке ниже (рис. 2).

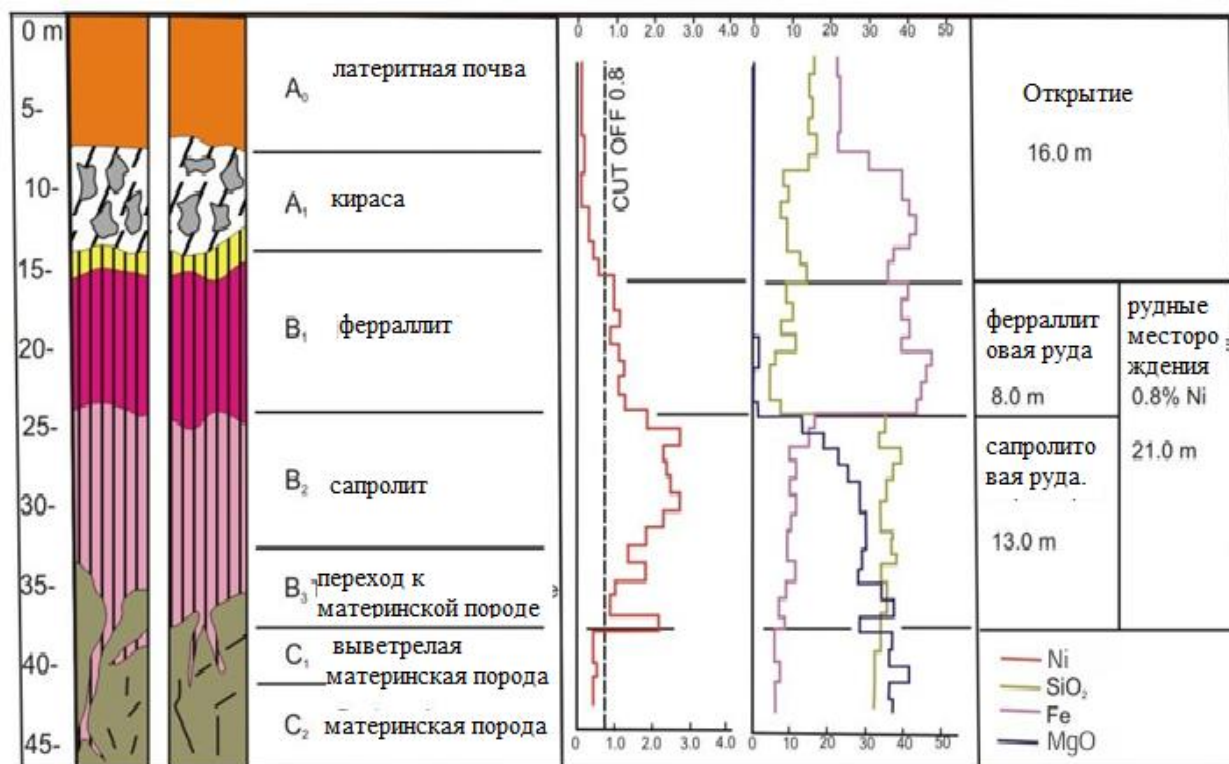


Рис. 2. Латеритная альтерация ультраосновных пород в Мусонгати

Почва, образованная ультраосновной породой ($\text{SiO}_2 \leq 45\%$) [4], содержит основные химические элементы, такие как Si, Mg и Fe, за исключением Al. Распределение этих элементов в различных горизонтах почвы зависит от процессов, действовавших на породу в ходе её эволюции, а также от влияния гипергенных процессов (выветривания).

В ходе исследования будет проведена оценка условий добычи, включая гидрогеологические условия, устойчивость горных пород, наличие разломов и глубину залегания месторождений. Эти факторы оказывают непосредственное влияние на целесообразность и рентабельность добычи. Методы добычи



(открытым или подземным способом) будут обсуждаться в зависимости от конкретных условий каждого месторождения. В Бурунди эксплуатационные концентрации никеля в основном распределены в желтых латеритах, при этом самые высокие концентрации обычно сосредоточены в нижней части сапролитовой зоны (рис. 3). Содержание никеля в латеритных месторождениях обычно ниже, чем в сульфидных. Однако оно может значительно варьироваться в пределах одного и того же месторождения. Для точной оценки содержания никеля, а также присутствия других ценных металлов и микроэлементов необходимы детальные геохимические исследования.

Содержание никеля является ключевым фактором, определяющим экономическую целесообразность горнодобывающего проекта. Высокая концентрация никеля необходима для компенсации затрат на добычу и переработку руды.

Основными никеленосными минералами являются остаточный первичный серпентин и лимонит, которые неоформились в результате сверхгенного изменения оливина [6].

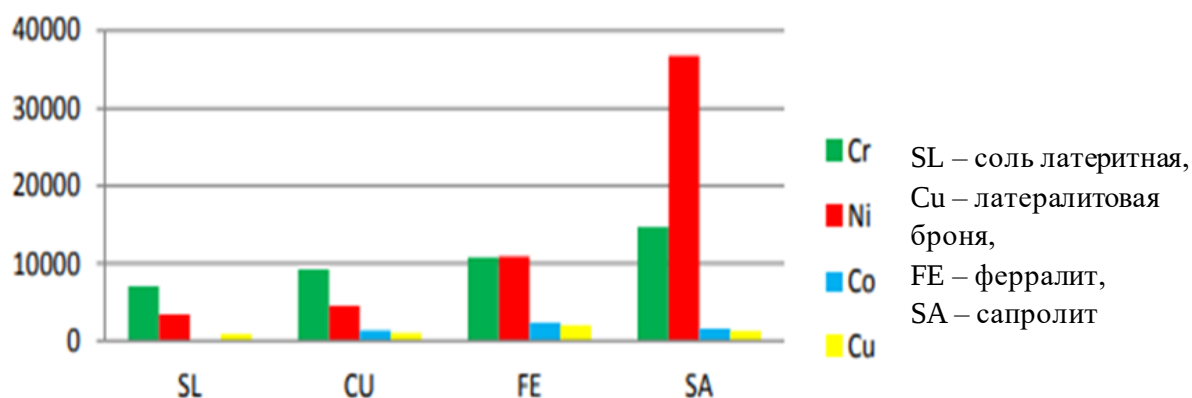


Рис. 3. Распределение Ni, Cr, Cu, Co в латеритном профиле Мусонгати

Никелевые латеритные месторождения, формирующиеся в результате выветривания ультраосновных пород, обычно залегают на относительно небольшой глубине, от поверхности до нескольких десятков метров. Это облегчает их разработку открытым способом, что снижает затраты. В Бурунди, учитывая тропический климат, вероятно, преобладают именно латеритные месторождения [9]. Если в Бурунди присутствуют сульфидные никелевые месторождения, связанные с магматическими интрузиями, их глубина залегания может быть значительно больше, потребуются подземная отработка, что увеличивает сложность и стоимость добычи.

Подземные сульфидные месторождения, могут быть значительно обводнены, что потребует систем водоотведения и увеличит затраты на



разработку. Такие месторождения богаты оксидами железа (гематит, гетит), что позволяет выявлять аномалии в содержании черных металлов (Fe, Mn, Cr, Ni, Co и др.) и твердых минералов (Nb, Ta, Sn, W) [6, 1]. Определение концентрации металлов и минералов в месторождении имеет ключевое значение для оценки его экономической целесообразности [5]. Месторождения никеля и связанных с ним элементов были выявлены в ряде мафических и ультрамафических массивов [6], образующих непрерывную линию с северо-северо-западного направления от восточного берега озера Танганьика (южная Бурунди) до озера Виктория на границе Танзании и Уганды [7]. Это направление простирается в пределах Кибаранского орогенного пояса на протяжении около 350 км в длину и 50 км в ширину.

Инвестиции в геологические исследования, инфраструктуру и обучение необходимы для полного использования никелевого потенциала Бурунди и содействия ее экономическому развитию. Сотрудничество между национальными и международными игроками, а также создание четкой и прозрачной нормативно-правовой базы являются ключевыми факторами успеха для устойчивого развития горнодобывающей промышленности, которое принесет пользу стране для обеспечения ответственного управления ресурсами и получения максимальных выгод для населения Бурунди необходимы дополнительные исследования, в том числе экологических и социальных последствий добычи.

Проведены исследования геолого-структурных особенностей месторождений никелевых руд республики Бурунди и получены выводы:

1. В Бурунди преобладают латеритные месторождения никеля, связанные с процессами выветривания ультраосновных пород. Возможно присутствие и других типов (Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, V, Co и др.), но латеритные наиболее вероятны для данного региона мусонгати. Никелевое оруденение, вероятно, ассоциируется с ультраосновными породами (дунитами, перидотитами, пироксенитами), которые подверглись процессам выветривания и латеритизации.

2. Тектоническая активность рифтовой зоны могла повлиять на размещение и морфологию рудных тел. Разломы и трещины могли служить каналами для циркуляции гидротермальных растворов, неправильных форм, обусловленных структурным контролем и процессами выветривания, способствующих образованию или переотложению никелевой минерализации. Можно ожидать, что рудные тела контролируются разломными зонами и зонами повышенной трещиноватости. Наличие разломов, трещин и других тектонических нарушений может усложнять прогнозирование распределения оруденения.



3. Латеритные месторождения, как правило, залегают близко к поверхности, что может облегчать их разработку открытым способом. Однако, мощность рудных тел и перекрывающих пород может варьировать.

4. Разработка никелевых месторождений может иметь значительное воздействие на окружающую среду, поэтому необходимо проводить тщательную оценку экологических рисков и разрабатывать соответствующие меры по их минимизации.

Список литературы

1. Duchesne J.-C., Liegeois J.-P., Deblond, A., Tack, L. Petrogenesis of the Kabanga–Musongati layered mafic–ultramafic intrusions in Burundi (Kibaran Belt): geochemical, Sr–Nd isotopic constraints and Cr–Ni behavior // J. Afr. Earth Sci. – 2004. – Vol. 39. – P. 133–145.
2. Midende G. L'exploitation minière artisanale au Burundi. – Bujumbura, mai 2010. – P. 48.
3. Deblond A., Géologie et pétrologie des massifs basiques et ultrabasiques de la ceinture Kabanga-Musongati au Burundi. – Thèse Univ. Liège, 1993. – 253 pp.
4. Boulvain F. Géologie générale. Du minéral aux géosphères. Editions Ellipses. – Paris, 2013. – 236 p
5. Optiva Resources Ltd., The Marela Project: Advancing a potentially world class Fe- Ti- V-Ni-Co-Sc polymetallic project in Guinea, West Africa. – 2023. – URL: optivaresources.com.
6. Bandyayera D. Formation de laterites nickelifères et mode de distribution des éléments du groupe du platine dans les profils lateritiques du complexe de Musongati, Burundi. PhD thesis (unpubl.). – Université du Québec à Chicoutimi, 1997. – 440 p.
7. Deblond A., Tack L., Main characteristics and review of mineral resources of the Kabanga Musongati mafic-ultramafic alignment in Burundi // Journal of African Earth Sciences – 1999– №29(2). – P. 313-328.
8. Klerkx J., Liégeois J.-P., Lavreau J., Claessens W. Crustal evolution of the northern Kibaran belt, eastern and central Africa // Geodynamics series. – 1987. – Vol. 17. – Pp. 217-233.
9. Ntiharizwa Seconde. Le potentiel en ressources minérales du Burundi, nord est de la ceinture orogénique Kibarienne. – Afrique centre orientale. – 2013– P. 120.
10. Nahimana L., Métamorphisme, tectonique et magmatisme dans une portion de la chaîne Kibarienne du nord-ouest du Burundi. / Thèse de doctorat inédite Thesis. – Université Catholique de Louvain. – 1988.



УДК 528.88: 504.06

ВОЗМОЖНОСТИ КОСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ СМЕШАННЫХ КЛАССОВ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Хуан Лихуа

lhhuang0@163.com

*Научный руководитель: Лисецкий Ф. Н., д-р геогр. наук, профессор
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

Статья представляет результаты сравнения классификации наземного покрова, основанной на биофизических характеристиках, и классификации функциональных особенностей использования земель в районах размещения горнодобывающей промышленности. Установлены особенности изменения за 1985-2020 гг. соотношений площадей двух типов смешанных классов наземного покрова с тремя подтипами в каждом.

Ключевые слова: месторождения железных руд, трансформация земель, дистанционное зондирование Земли, наземный покров

Территория Курской магнитной аномалии представляет собой один из ведущих в мире регионов с богатыми железорудными ресурсами. Расположенные здесь Лебединский и Стойленский горно-обогатительные комбинаты (ЛГОК и СГОК) характеризуются значительными запасами железной руды. С момента ввода в эксплуатацию в 1959 и 1969 гг. эти комбинаты способствовали развитию горнодобывающей отрасли России. Однако длительная эксплуатация ресурсов оказала значительное воздействие на экологическую обстановку и характер землепользования не только в санитарно-защитной зоне, но и за ее пределами. По данным исследований [2] за 1966-1982 гг. деятельность ЛГОК и СГОК привела к увеличению площади карьеров, отвалов, хвостохранилищ, прудов-отстойников. Детальные оценки последующей динамики основных типов землепользования за 1985–2020 гг. в радиусе 20 км от ГОКов проведены автором ранее [5]. Несмотря на многие исследования по изменениям землепользования в районах горной добычи, динамические изменения смешанных классов наземного покрова остаются недостаточно изученными.

Изменения землепользования и наземного покрова (LULC) являются ключевым инструментом для оценки влияния промышленной деятельности на окружающую среду.



Применение ДЗЗ и ГИС для анализа LULC позволяет выявить процессы деградации экосистем и наметить пути экологической рекультивации. Активное развитие технологий автоматической обработки данных открыло новые возможности для извлечения информации о LULC, но чаще исследования связаны с анализом основных классов LULC, что не охватывает оценку вклада смешанных классов в отражении динамических изменений [6]. Согласно [3], смешанные классы наземного покрова проявляются в ходе преобразования данных в картографические легенды. Система классификации, разработанная в FAO [4], предоставляет систематизированный подход к анализу LULC, базирующийся на биофизических характеристиках. Изначально покров делится на территории с растительным покровом и без него, затем классифицируется на сушу и водные объекты, а в дальнейшем подразделяется на природные, искусственные и полуприродные категории. В рамках смешанных классов А исследуемая территория была классифицирована на три основные категории: растительные территории, безрастительные территории и водные объекты. Кроме того, данные о землепользовании в радиусе 20 км вокруг ЛГОК и СГОК представлены в виде трех основных категорий: территории техногенные, сельскохозяйственного использования и квазиприродные экосистемы [2]. Эти категории в полной мере отражают ключевые функциональные особенности использования земли в горнодобывающих районах. В данном исследовании эта система послужила основой для классификации смешанных классов В.

Данное исследование основано на глобальном продукте мониторинга наземного покрова с разрешением 30 м (GLC_FCS30 1985_2020) за 1985–2020 гг. с целью анализа динамических изменений смешанных классов наземного покрова в пределах ЛГОК и СГОК и в радиусе 20 км от них. Переклассификация территории выполнена в соответствии с двумя типами смешанных классов, представленных в таблице. Анализ проводили с использованием ArcGIS 10.8.1 и данных по восьми временным интервалам.

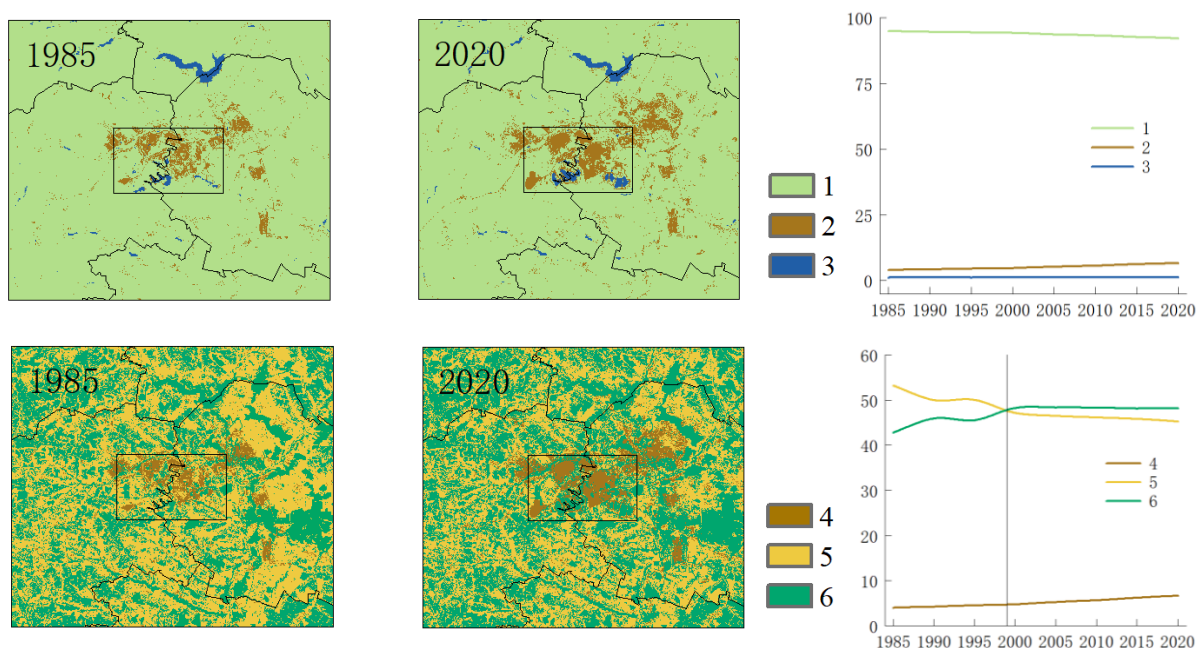
Распределение категорий между двумя типами смешанных классов наземного покрова

Тип	Подтип	Категория	Тип	Подтип	Категория
А	1	Площади земель с вегетирующей растительностью	В	4	Техногенные территории
А	2	Безрастительные территории	В	5	Территории сельскохозяйственного использования
А	3	Водные объекты	В	6	Квазиприродные экосистемы



Исследуемая территория территориально определена по данным Google Maps и включает потенциальную зону влияния рудников в радиусе 20 км, что составляет 801 111 га, из которых 63 406 га занимают горнодобывающие техногенные территории.

Результаты дешифрирования ДДЗЗ, представленные на рисунке, и анализ динамики площадей классов наземного покрова за 1985-2020 гг. и матриц переноса, безрастительные территории сконцентрированы в ложе карьеров и постепенно распространяются на северо-восток в Старооскольском районе и на северо-запад в низменные участки Губкинского района.



Динамика изменений за 35 лет наземного покрова смешанных классов 1-го типа (1-3) и 2-го типа (4-6) в зоне влияния ЛГОК и СГОК

За 1985-2020 гг. доля безрастительных территорий увеличилась с 3,97 % до 6,60 % за счет перераспределения площадей из зон сельскохозяйственного использования (2,25 %) и квазиприродных экосистем (0,38 %), что указывает на охват рудниками новых земель.

Водные объекты помимо Старооскольского водохранилища сосредоточены в пределах рудников и в южной части территории с реками и водоемами. Доля водных объектов увеличилась с 1,16 % в 1985 г. до 1,31 % в 2020 г., в основном за счет технологических прудов. Анализ матрицы переноса показал, что 0,21 % площади водных объектов перешло в растительные территории, в то время как 0,41 % площади растительных территорий было преобразовано в водные объекты. Несмотря на то что добыча полезных ископаемых привела к созданию новых водоемов, за 35 лет водная площадь возросла лишь на 0,15 %. Из-за увеличения площадей безрастительных



территорий и водных объектов доля земель с вегетацией снизилась с 94,87 % в 1985 г. до 92,09 % в 2020 г., что обусловлено активизацией горнорудной промышленности.

Анализ смешанных классов LULC типа В показал, что агроугодья и квазиприродные экосистемы имеют мозаичное распределение по территории, причем их динамика за 1985–2020 гг. противоположна. Доля агроугодий снизилась с 53,23 до 45,24 %, а доля квазиприродных экосистем возросла с 42,80 до 48,17 %. Площади агроугодий сократились наиболее значительно в 1985–1990 гг. (на 3,29 %). Квазиприродные экосистемы в этот же период показали быстрый рост (на 3,06 %), а затем этот процесс замедлился. Линии трендов этих категорий пересеклись в 2000 г., что свидетельствует о постепенном установлении доминирующей роли квазиприродных экосистем в исследуемом регионе. За 35 лет площади, перешедшие из сельскохозяйственных территорий в квазиприродные экосистемы, составили 7,48 % от общей площади исследуемой территории, тогда как обратный переход оценивается меньшей величиной – 1,73 %. Эта динамика указывает на то, что рост площадей квазиприродных экосистем связан не только с сокращением сельскохозяйственного использования земель, но и с реализацией эколого-реабилитационных мероприятий вокруг карьеров. Результаты исследования показали, что рост площадей квазиприродных экосистем согласуется с мерами экологического восстановления отвальных геокомплексов. С 1990-х гг. в регионе КМА последовательно реализуются проекты биологической рекультивации, включающие высадку толерантных видов деревьев, адаптированных к нарушенным землям. Эти проекты способствовали созданию первичного почвенно-растительного покрова на отвалах. Однако помимо невозвратной консервации земель возможна и траектория «консервации – реабилитации», когда для неблагоприятного эдафотопы проводится оптимизация условий педогенеза [1].

Согласно исследованию [2], в радиусе 20 км от карьеров ЛГОК и СГОК техногенные территории занимали 17,6 % площади, сельскохозяйственные территории – 56,5 %, а квазиприродные экосистемы – 26,0 %. Несмотря на различия в определении границ рудников между двумя исследованиями и дат, оба полученных результата показывают значительное сокращение сельскохозяйственных территорий и расширение техногенных территорий. В результате данного исследования было установлено, что доля безрастительных территорий (техногенные территории) увеличилась с 3,97 % в 1985 г. до 6,60 % в 2020 г. Этот тренд согласуется с данными [2], где отмечен рост площадей карьеров в 1966–1982 гг. в 2,1 раза, что подчеркивает кумулятивное воздействие горнодобывающей деятельности на изменения структуры землепользования.



Проведенный анализ динамики смешанных классов наземного покрова в зоне влияния рудников ЛГОК и СГОК за 1985–2020 гг. позволил выявить существенное влияние расширения техногенных территорий на сокращение сельскохозяйственных и растительных территорий. Одновременно подтверждена важность экологической политики восстановления для сдерживания деградации квазиприродных экосистем.

Список литературы

1. Голеусов П.В., Лисецкий Ф.Н., Чепелев О.А. Экологическая реставрация постпромышленных отвалов железорудной промышленности КМА // Проблемы региональной экологии. – 2005. – № 6. – С. 130–137.
2. Корнилов А.Г. и др. Экологическая ситуация в районах размещения горнодобывающих предприятий региона Курской магнитной аномалии: монография. – Белгород: ИД «Белгород», 2015. – 157 с.
3. Савин И.Ю., Березуцкая Э.Р. Концепция наземного покрова (Land Cover) как основа дистанционного мониторинга земель // Региональные геосистемы. – 2024. – Т. 48. – № 1. – С. 77–90.
4. Di Gregorio A., Jansen L. J. M. Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2000.
5. Huang L. LULC Dynamics and Carbon Sequestration in Major Iron Ore Regions of Russia and China // Regional geosystems. – 2024. – V. 48. – No 4. – P. 542–564.
6. Riva F., Nielsen S. E. A functional perspective on the analysis of land use and land cover data in ecology // Ambio. – 2021. – V. 50. – No 5. – P. 1089–1100.



ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КОНГО (СТОЛИЦА БРАЗЗАВИЛЬ)

Флоран Б.¹, Зайцев² Д. А., Веретин² Н. А.

boudzoumouf@gmail.com, zaitsev_d@bsuedu.ru, Nikita.Verik@yandex.com

¹*Университет Дени Сассу-Нгессо, Республика Конго*

²*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия*

В статье на основании изучения геологической документации, справочных данных и статистической обработки исследованы особенности распространения полезных ископаемых на территории Республики Конго. Рассмотрены геологические условия региона, влияющие на формирование месторождений различных видов сырья - металлов, минералов и углеводородов. Также проанализированы факторы, определяющие концентрацию ресурсов в определенных районах страны, такие как тектонические процессы, климатические изменения и гидрогеологическая структура. Особое внимание уделено оценке экономического потенциала минеральных запасов, влиянию добычи полезных ископаемых на экологию и перспективы развития горнодобывающей промышленности в Республике Конго. Результаты данного исследования могут быть использованы при планировании геологоразведочных работ, разработке программ рационального природопользования, а также в учебном и научно-исследовательском процессе при изучении минерально-сырьевых ресурсов Африки.

Ключевые слова: республика Конго, минеральное сырье, благородные металлы, углеводороды, нефть, природный газ, медно-кобальтовые месторождения.

Республика Конго обладает уникальными геологическими условиями, способствующими формированию богатейших месторождений различных видов полезных ископаемых. Эта территория характеризуется разнообразием типов рудных формаций, наличием крупных месторождений стратегических металлов и углеводородов, что делает её одной из ключевых стран в контексте минерально-сырьевых ресурсов Центральной Африки и всего мира.

Современные данные о закономерностях размещения месторождений, их генетических особенностях и связях с тектоническими структурами требуют системного анализа и уточнения. В условиях растущего интереса мирового сообщества к африканским ресурсам, а также необходимости устойчивого развития горнодобывающей отрасли и рационального освоения природных богатств актуальным становится комплексное геолого-географическое изучение минералогической зональности региона. Это позволяет не только расширить теоретические представления о формировании минеральных ассоциаций в рамках древних и молодых геологических структур, но и способствует более точному прогнозированию перспективных районов для поиска и разведки новых месторождений [1]



Территория Республики Конго характеризуется сложным геолого-тектоническим строением, обусловленным сочетанием древних кристаллических массивов, осадочных бассейнов и молодых тектонических структур. Основу региона составляет древний Конго-Касаиский кратон, относящийся к архейско-протерозойским образованиям, представленным гранито-гнейсовыми комплексами, амфиболитами и метаосадочными породами. Эти докембрийские образования сложены преимущественно высоко метаморфизованными породами, свидетельствующими о длительной истории тектонических преобразований.

Корреляция между тектоническими структурами и минерализацией выражается в специфических генетических связях между геологическими формациями и типами полезных ископаемых. Например, древние кратонные массивы Конго-Касаиского щита ассоциируются с корами выветривания, содержащими россыпные месторождения золота и алмазов, а также с гидротермальными системами, ответственными за формирование руд меди, кобальта и никеля. Осадочные бассейны, такие как бассейн Катанги и прибрежный шельф, являются зонами аккумуляции нефтегазовых ресурсов и фосфоритов, сформировавшихся в условиях эпиконтинентальных морей. Рифтовые зоны и разломы служат каналами для подъёма магматических флюидов, способствуя локализации месторождений редкоземельных элементов и вулканогенно-осадочных руд [3].

Республика Конго обладает разнообразной минерально-сырьевой базой, включающей металлические, неметаллические и горючие полезные ископаемые, что обусловлено сложным геолого-тектоническим строением региона. Наибольшее экономическое значение имеют металлические руды, такие как медь, кобальт, золото, марганец и редкоземельные элементы, а также неметаллические ресурсы — фосфориты, бокситы и строительные материалы. Горючие полезные ископаемые представлены нефтью и природным газом, сосредоточены в прибрежном шельфовом бассейне. Это разнообразие отражает длительную геологическую эволюцию территории, включающую докембрийские метаморфические процессы, мезозойское рифтообразование и кайнозойский вулканизм. Металлические полезные ископаемые представлены в основном эндогенными и экзогенными месторождениями. Медно-кобальтовые руды связаны с осадочными бассейнами Катанги, где они формировались в условиях древнего осадконакопления. Золото и алмазы локализованы в россыпях и корях выветривания, а также в кимберлитовых трубках, связанных с щелочным магматизмом кайнозоя. Месторождения марганца приурочены к метаосадочным толщам докембрия, подвергшимся высокотемпературному метаморфизму. Редкоземельные элементы ассоциируются с карбонатитовыми массивами и пегматитами, образовавшимися в результате дифференциации магм щелочного состава. Эти типы месторождений



демонстрируют тесную корреляцию с тектоническими структурами и эндогенными процессами.

Неметаллические и горючие полезные ископаемые играют ключевую роль в энергетическом и промышленном развитии страны. Нефть и газ сосредоточены в осадочных отложениях Атлантического побережья, сформировавшихся в условиях трансгрессивных морских бассейнов мезозоя. Фосфориты, связанные с палеозойскими и мезозойскими морскими отложениями, являются важным сырьём для агропромышленного комплекса. Бокситы, образовавшиеся в результате интенсивного выветривания аллювиальных пород, приурочены к южным районам страны. Горючие ископаемые, а также неметаллы образуются преимущественно в результате экзогенных и седиментационных процессов, что подчеркивает важность изучения осадочных бассейнов в контексте минерагенического анализа [2].

Анализ геолого-тектонического строения и типов полезных ископаемых Республики Конго подтверждает уникальность региона как одного из ключевых поставщиков стратегически важных минеральных ресурсов. Разнообразие полезных ископаемых - от меди и кобальта до алмазов, нефти и редкоземельных элементов - отражает многомиллионную эволюцию региональных геологических систем. Медно-кобальтовые месторождения бассейна Катанги, алмазоносные кимберлитовые трубки, нефтегазовые залежи на побережье Атлантического океана и фосфориты палеозойских отложений демонстрируют тесную связь между литологическими особенностями, тектоническими режимами и генетическими моделями рудообразования. Эти данные подтверждают необходимость системного подхода к минерагеническому анализу, учитывающего как глубинные магматические процессы, так и поверхностные условия осадконакопления.

Таким образом, изучение особенностей распространения полезных ископаемых в Республике Конго не только расширяет теоретические представления о минерагенической эволюции африканских регионов, но и имеет практическое значение для энергетической и технологической безопасности мирового сообщества. Полученные результаты могут стать основой для разработки стратегий рационального природопользования и международного сотрудничества в сфере горнодобывающей промышленности.

Список литературы

1. Абрамова, И. О., Фитуни, Л. Л. Вопросы современной африканистики и проблемы развития // Избранные статьи и научные доклады (2012-2022 гг.). – Москва, 2022. – Институт Африки РАН. – 480 с. - ISBN 978-5-91298-288-0.
2. Милонго Н. В. Минерально-сырьевая база Республики Конго (Браззавиль). / Н. В. Милонго; науч. рук. А. Г. Волков; Криворожский национальный университет. – Кривой Рог, 2019. – 150 с.
3. Фралих, П. У., Су, К. Э. Тектоническая и металлогеническая эволюция Конголезского кратона / П. У. Фралих // Науки о Земле в Африке. – 2021. – № 174.



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ В НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ

УДК 622.1

К ВОПРОСУ О СПОСОБАХ УТОЧНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Бакланов Р. Р.

baklanov@bsuedu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»), г. Белгород, Российская Федерация

В статье приводится описание наиболее распространенной проблемы, возникающей при составлении трехмерной геологической модели и способах ее решения путем ввода в расчет дополнительных данных, полученных в полевых условиях.

Ключевые слова: геологоразведочные работы, геологическая модель, достоверность данных, геофизические методы, георадар, искусственный интеллект

Прогрессирующая цифровизация процессов в горном деле оказывает положительное влияние на развитие индустрии. В работу вводятся программные комплексы с более совершенными способами обработки данных, что существенно ускоряет цикл проведения работ. Тем не менее в геологоразведочных работах обработка данных нередко происходит классическими методами – интерпретация полевых журналов и результатов лабораторных испытаний. В большинстве случаев результаты соответствуют действительности с приемлемой долей погрешности, но при условии, что участок работ имеет простое геологическое строение и равнинный рельеф с минимальными перепадами высот.

Известно, что бурение производится по заранее спроектированной сетке скважин, соответствующей требуемой категории запасов. На практике, по мере удаления скважин друг от друга информативность залегания слоев падает. В некоторых случаях это может привести к ситуации, при которой строение пласта в пространстве между скважинами может отличаться от проектной интерполированной (рис. 1). В худшем случае данный факт вскрывается во время непосредственной отработки месторождения, что влечет за собой экономические издержки.

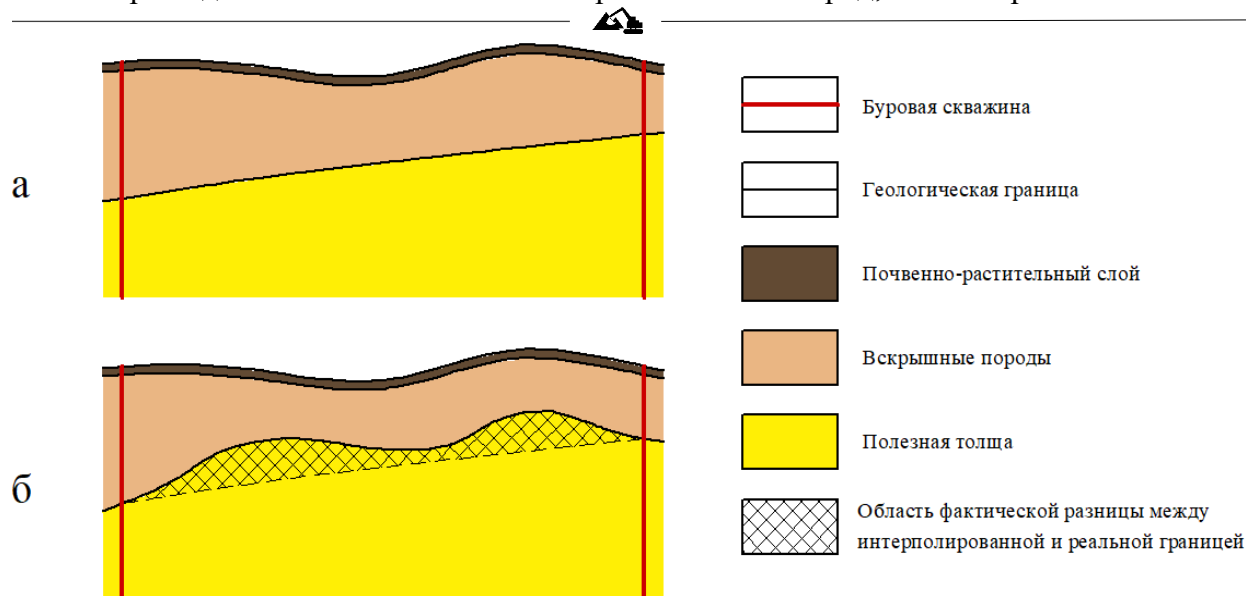


Рис. 1. Построение геологического разреза на примере вскрышных пород:
 а – построение слоя интерполяционным методом (проектное положение слоя),
 б – фактическое строение слоя

Помимо этого, имеется определённая погрешность определения границ слоев во время проведения буровых работ, чему непосредственно способствует опыт полевой команды (теоретическая и практическая подготовка, характерная работа буровой машины).

В нормативных документах [1] точность установления границ слоев грунтов может достигать 0,5 м для шнекового бурения. В практике полевых работ при данном способе бурения точность картирования пропорционально уменьшается с увеличением глубины скважины.

Учитывая вышеперечисленные факторы возникает вопрос о методах уточнения геологических границ в тех местах, где при обработке данных возникают «белые пятна». Проблема проявляется при сопоставлении данных двух соседних скважин с отличающейся литологией и количеством слоев. Достоверно неизвестно, в каком месте слои могут менять свою конфигурацию, поэтому при построении геологической модели проводится интерполяция данных. Строго говоря, граница слоя проводится от одной точки к другой, учитывая пространственное положение, условия его залегания и рельеф местности. Таким образом, возникает необходимость в использовании дополнительных источников информации для уточнения границ слоев модели. Известны работы [2], в которых описывается применение дополнительных источников при формировании модели, однако описывается методика построения без указания источников добавляемой информации и какими методами они были получены.

Наибольшую достоверность дают полевые методы: непосредственные наблюдения (съемка конкретной точки), статическое зондирование и



геофизические методы. Перечисленные виды работ можно проводить совместно с буровыми для экономии времени.

Непосредственное наблюдение представляет собой съемку обнажений с промером глубин выходящих слоев. Является представительным методом, т.к. дает четкое представление о структуре и пространственном положении слоев при одновременной простоте исполнения. Точка съемки документируется (вносятся: порядковый номер, пространственные координаты, описание вскрытых слоев) и фотографируется.

В процессе составления геологической модели данные съемки включаются в расчет и вносятся необходимые корректировки. На рис. 2а, а показана фотография с выраженным контактом пестроцветных глин с тонкозернистыми белыми песками. Точечная съемка контактов пород позволила уточнить выход слоев в геологической модели (рис. 2б, модель увеличена по оси Z в 3 раза).



Рис. 2. Контакты выхода геологических слоев на обнажении:

а – фотография участка работ, б – моделирование контактов в геологической модели

Недостатком подобного метода можно считать его ограниченное применение в тех участках, где вследствие естественных процессов или проводимых ранее отработок формируется обнажение слоев.

Статическое зондирование является достаточно точным методом определения границ слоя. Однако скорость исполнения и точное определение данных не позволят получить большой объем информации за короткий промежуток времени. Более того – не всегда есть возможность доставить установки зондирования к нужному месту. Геофизические методы исследования можно производить в тех случаях, когда нет возможности сделать съемку обнажений или необходимо покрыть большее пространство.



При использовании сейсмических методов требуется портативная сейсмическая станция. Среди основных достоинств использования сейсмо-станции является достаточно большая площадь покрытия и возможность исследования на большую глубину. Таким образом, можно создавать подробные профили исследуемого участка. Основным минусом является дороговизна оборудования в совокупности со сложностью интерпретации данных.

Схожим методом геофизического исследования является применение георадара [3]. Его ключевая особенность – высокое разрешение на малых глубинах (до 10–30 м), что делает его хорошим для изучения верхних слоев. Однако глубина исследований сильно зависит от электропроводности грунта – в глинистых или обводнённых породах сигнал быстро затухает, но с другой стороны появляется возможность определения положения грунтовых вод. Основными преимуществами является высокая мобильность, точность (для поверхностных слоев) и дешевизна относительно сейсмометрического метода.

Известен патент [4], в котором описывается изобретение, сущность которого состоит в геофизическом исследовании участка работ с помощью георадара, при этом оборудование закреплено на шасси тягача.

Интерпретация данных геофизических изысканий требуют хорошего уровня подготовки профильных специалистов. При решении задач с выявлением закономерностей оправданным будет использование искусственного интеллекта (ИИ), предварительно обученного на данных бурения скважин и геофизических исследований в пределах региона участка изысканий. ИИ существенно ускорит обработку информации, основываясь на значениях из базы данных региона. Специалист при этом контролирует и корректирует полученные сведения.

Конечным результатом обработки является сформированный текстовый файл, содержащий пространственные координаты границ искомого слоя. Этот файл в дальнейшем можно использовать при построении трехмерной геологической модели.

Выводы:

1. Трехмерное геологическое моделирование является наиболее репрезентативным способом обобщения имеющейся полевой информации. Для ее достоверного составления необходимо использовать дополнительные источники, дающие представление о реальном залегании слоев участка работ, что положительно сказывается на достоверности объемов;

2. Наиболее перспективным из перечисленных в статье методом является использование мобильных георадаров за высокую скорость работы и точность;



3. При текущем уровне развития микроэлектроники возможно создание мобильного георадара, отвечающего требованиям точности данных и приемлемой стоимостью;

4. При интерпретации полученных данных возможно применение ИИ, обученного на данных геологической разведки региона изысканий;

5. При работе ИИ используется непрерывно наполняемая база данных с открытым или условно-открытым доступом.

Список литературы

1. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ: утв. Госстроем России 14.10.1997 : введ. в действие 01.03.1998. – М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. – 120 с.

2. Захарова А.А., Шкляр А.В. Построение многокомпонентных визуальных 3D-моделей с использованием разнородных источников информации, на примере создания геологических моделей // Известия томского политехнического университета. – 2012. – Т.320 (№5). – С. 73-80

3. Инженерно-геологическое изыскание с помощью георадара / А. А. Моргунов, И. В. Гомелюк, Е. А. Шаройкина, В. В. Шаповалов // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства : Сборник научных статей, Гродно, 21–22 мая 2020 года / Редколлегия: А.Р. Волик (гл. ред.) [и др.]. – Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2020. – С. 150-152. .

4. Патент РФ 2626740. Пелипенко Н.А., Добрынин В.Е., Процук И.С. Когнитивный мобильный комплекс для геологоразведки: № 2 626 740, заявл. 10.08.2016, 31.07.2017 Бюл. № 22.



УДК 504.43:550.84

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕЛОВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ДОНЕЦКО-ДОНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Быхалов Э. Ю., Квачев В. Н., Леонтьева Е. В.

bykhalov@bsuedu.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

Рассматриваются гидрогеологические особенности меловых водоносных комплексов, распределение водозаборных скважин и эксплуатационные нагрузки на них в разрезе бассейнов. Дана характеристика существующей системе оценки состояния подземных вод и рекомендации по ее совершенствованию.

Ключевые слова: меловые подземные воды, Донецко-Донской бассейн, водоснабжение, трансграничные водные ресурсы, административно-бассейновый принцип управления

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2025-0006м

Особенности гидрогеологических условий северо-восточной части Донецко-Донского артезианского бассейна

Подземные воды меловых водоносных комплексов в северо-восточной части Донецко-Донского артезианского бассейна в административном отношении получили развитие в пределах Белгородской и Курской областей Российской Федерации, а также Харьковской, Сумской областей Украины, и относятся к типу трансграничных и межрегиональных.

Донецко-Донской артезианский бассейн является гидрогеологической структурой второго порядка [1], который в северо-восточной части характеризуется интенсивной изменчивостью гидрогеологических условий, обусловленной сочетанием нескольких факторов:

1. Территория разделена водосборными площадями поверхностного стока и дренирования меловых подземных вод бассейнами крупных рек, таких как Оскол, Северный Донец, Ворскла, Псел и Сейм. Каждый из этих речных бассейнов формирует самостоятельную гидрогеологическую единицу с характерными особенностями инфильтрационного питания подземных вод.



2. Водовмещающие отложения в верхней части разреза представлены мелом-мергельными, а в нижней терригенными отложениями с характерными условиями моноклинального залегания, размытостью и выклиниванием структурных элементов, условиями питания и разгрузки подземных вод, фильтрационными свойствами.

Так, например, отмечается сильная гипсометрическая изменчивость кровли альб-сеноманского водоносного горизонта, который на водосборных площадях р.р. Сейм, Оскол, залегают на глубинах от первых метров, а в средней части и низовьях водосборных площадей р.р. Псел, Ворскла погружается в юго-западном направлении до глубины 300 метров и более, демонстрируя различную уязвимость от поверхностных источников загрязнения в разных частях региона. Отмечается также сильная дифференциация по обводненности как мелом-мергельных отложений верхнего мела, где удельные дебиты изменяются от 0,76 (р. Оскол) до 2,25 л/с/м (р. Сейм), так и терригенных отложений нижнего мела, в которых удельный дебит составляет от 0,42 л/с/м (р. Ворскла) до 0,82 л/с/м (р. Оскол).

Сильная изменчивость обводненности водовмещающих пород обуславливает различную степень воздействия водозаборными сооружениями на источник водоснабжения и различную степень деформации природной гидрогеологической обстановки при одинаковых условиях добычи и извлечения подземных вод.

3. Конфигурация водосборных площадей р.р. Оскол, Северный Донец, Ворскла, Псел и Сейм, выделенных на основе данных абсолютных отметок рельефа дневной поверхности из открытых Интернет ресурсов с разрешением 200 м, не совпадает с границами водосборных площадей потоков подземных вод верхнемелового и нижнемелового водоносных комплексов, выделенных по данным региональных исследований ненарушенного режима подземных вод [2].

При этом границы водосборных площадей поверхностного стока р.р. Оскол, Северный Донец, Ворскла, Псел и Сейм расчленены такими гидродинамическими элементами подземных потоков как: водораздельные линии подземных потоков, ограничивающие область фильтрации по флангам, в области питания; областями транзита и разгрузки; областями перетекания между водоносными комплексами; зонами нарушения природного режима уровней за счет водопонижений и подтоплений, обусловленных антропогенными факторами (отбор воды водозаборами, инфильтрация из хвостохранилищ, оросительных систем, извлечение дренажными системами горных производств, утечки из отстойников технологических и коммунальных отходов и т.д.).



Данное многообразие взаимодействий между различными гидродинамическими элементами потока различного уровня порождают как негативные процессы истощения, загрязнения источников водоснабжения, так и позитивные - восполнения запасов подземных вод.

На основе выделенных водосборных площадей поверхностного и подземного стока выполнена геометризация в плане и разрезе области фильтрации на изучаемой территории. Сложность гидрогеологической обстановки в пределах выделенной области фильтрации требует специальных компьютерных геоинформационных и геофильтрационных исследований современного состояния подземные воды меловых водоносных комплексов и прогноза его изменения.

Распределение водозаборных устройств и нагрузок по источникам водоснабжения и бассейнам

Подземные воды меловых водоносных комплексов в северо-восточной части Донецко-Донского артезианского бассейна являются основными источниками водоснабжения населения, государственных учреждений и коммерческих предприятий, в том числе извлекаются четырьмя горнодобывающими комбинатами. Так в Белгородской области на использование подземных вод приходится 95 % от всего водопользования, и она является лидером среди субъектов Российской Федерации по величине добычи и извлечению подземных вод на единицу площади территории.

Для изучения распределение водозаборных устройств и нагрузок на источники водоснабжения и бассейнам были собраны, закартографированы в QGIS в единой системе координат и проанализированы 1390 учетных карточек по буровым скважинам на воду из электронного ресурса Росгеолфонда (ЕФГИ) по территориям Белгородской и Курской областей.

Пространственный ГИС анализ показал, что в пределах выделенной области фильтрации, турон-маастрихтский, турон-коньякский водоносные горизонты эксплуатируются 768 вертикальными водозаборными скважинами, добывается порядка 249 тыс. м³/сут, а альб-сеноманский эксплуатируется 622 скважинами с общей производительностью 254 тыс. м³/сут. Здесь не учтены извлечения воды дренажными устройствами ГОКов и водоотбор подсчитан по производительности насосного оборудования из учетных карточек.

При этом, наибольшая концентрация скважин в мело-мергельных отложениях наблюдается в бассейнах реки Северский Донец. Так из турон-маастрихтского водоносного горизонтов добыча подземных вод осуществляется с помощью 296 водозаборных скважин с производительностью порядка 92 тыс. м³/сут (37 %). Терригенный альб-сеноманский водоносный горизонт наиболее нагружен в бассейне р. Оскол, где



эксплуатируется 290 водозаборных скважин с общей производительностью 111 тыс. м³/сут (44 %). Такое распределение обусловлено высокой плотностью населения и развитой промышленной, сельскохозяйственной инфраструктуры в этих регионах.

Краткая характеристика существующей системы управления недрами в части использования подземных вод

Управление объектами недропользования в России организовано централизованно по административно-территориальному типу. При этом управление объектами федерального значения в части использования подземных вод для целей водоснабжения в исследуемом регионе, при добыче воды более 500 м³/сут осуществляет Федеральное агентство по недропользованию (Центрнедра) и их филиалы в субъектах федерации, а не более 500 м³/сут – исполнительными органами субъектов Российской Федерации.

Механизм управления включает выдачу разрешения - лицензии на пользование недрами на условиях, регламентирующих изучение недр и оценку запасов подземных вод, обеспечение мониторинга и охраны подземных вод, государственную ежегодную отчетность по формам федерального статистического наблюдения № 4-лс и 2ТП-водхоз. Сведения о выполнении условий пользования недрами при добыче питьевых и технических подземных вод предоставляются в территориальное подразделение Роснедр по местонахождению недропользователя – территориальный фонд геологической информации (ТФГИ). Контроль за соблюдением условий пользования недрами – лицензии осуществляет Росприроднадзор, Роспотребнадзор. Эта система имеет циклический характер работы, определенный регламентом системы мониторинга и годовой отчетностью, подразумевающей централизованную их обработку и представление недропользователям обобщенную информацию о состоянии используемых подземных вод.

По факту готовить отчетность об использовании и состоянии подземных вод делегирована ООО «Гидроспецгеологии», которая формирует обобщенные материалы для Центрального Федерального Округа, где субъектам федерации уделено несколько страниц, по которым невозможно принимать управленческие решения по объектам водопользования в их ведении.

Основываясь на особенностях гидрогеологических условий северо-восточной часть Донецко-Донского артезианского бассейна, ограниченностью, а порой недоступностью к материалам систематической отчетности недропользователей, современных тенденциях в управлении водными ресурсами [3-5], считаем наиболее перспективным и эффективным



для данной территории является административно-бассейновый принцип управления ресурсами подземных вод, базирующийся на материалах межрегиональной оценки состояния подземных вод.

Выводы:

1. Наибольшая нагруженность подземных вод в северо-восточной части Донецко-Донского артезианского бассейна отмечена в мело-мергельном водоносном комплексе в бассейне реки Сев. Донец – 37% от общего водоотбора, а в терригенном в бассейне р. Оскол – 44%.

2. Существующая детальность федеральной системы оценки состояния подземных вод не позволяет принимать обоснованные управленческие решения на уровне субъектов федерации.

3. Рекомендуются для изучаемого региона организовать административно-бассейновый принцип управления ресурсами подземных вод, базирующийся на материалах межрегиональной информационно-аналитической системы обработки материалов мониторинга и геологической отчетности.

Список литературы

1. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии (КМА). Том II., Гидрогеология и инженерная геология // Ред. А.Т. Бобрышев. – М., Недра, 1972. – 480 с.

2. Гидрогеология СССР. Том 4. Воронежская область, Курская область, Белгородская область, Брянская область, Орловская область, Липецкая область, Тамбовская область. Том 4. – Москва, Недра 1972. – 499 с.

3. Danilov-Danilyan V.I., Gelfan A.N. Управление водными ресурсами: от территориального к бассейновому принципу // Водное хозяйство России. – 2019. – № 3. – С. 4–15.

4. Европейская рамочная директива по водным ресурсам (2000/60/ЕС) – пример международного опыта бассейнового управления.

5. Минприроды РФ «Стратегия развития водохозяйственного комплекса до 2030 года» – ориентиры для региональных программ. – 2023.



ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ

УДК 378.14

ВЫСШАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА НИУ «БЕЛГУ»

Игнатенко И. М., Полякова Т. А.

ignatenko_i@bsuedu.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Россия*

В работе рассматриваются проблемы кадрового дефицита в горной отрасли и особенности подготовки горных инженеров в Высшей инженерной школе.

Ключевые слова: горный инженер, инженерное образование, инженерная школа, механизмы партнерства

Горное образование России всегда являлось предметом повышенного внимания как со стороны горного сообщества, так и государства, в целом. Это связано с тем, что для отечественной горной отрасли достаточно продолжительный период времени характерен кадровый дефицит. Более того, по данным Института экономической политики, такого серьезного дефицита, как сейчас, предприятия не испытывали больше десяти лет.

Исследования рынка труда, проводимые крупнейшей российской компанией интернет-рекрутмента HeadHunter показали, что в сентябре 2021 года число вакансий в отрасли выросло на 102 % к тому же месяцу предыдущего года, в то время как число резюме – только на 11 % [2]. В свою очередь Алексей Душин, ректор Уральского государственного горного университета в одном из своих интервью указал, что дефицит кадров в отечественной горной отрасли составляет 60 тысяч вакансий, а к 2025 году вырастет еще на 20 % [4].

Обратимся к официальной статистике. Согласно данным Росстата, потребность организаций в работниках из числа специалистов высшего уровня квалификации для замещения вакантных рабочих мест по состоянию на октябрь 2022 года следующая [3]: 2 579 человек – геологи и геофизики, 1 207 человек – горные инженеры, металлурги и специалисты родственных занятий. Это почти в 4 и 2 раза выше по сравнению с аналогичным периодом в 2018 году.

Что касается Белгородской области то потребность в специалистах данного профиля составляет 156 человек. К сожалению, количество



выпускников вузов даже близко на перспективу не сможет заполнить вакансии, образующиеся в горнорудной отрасли. Другой важный фактор – далеко не все выпускники идут работать в отрасль. Средний показатель по трудоустройству по данному направлению в первый год после выпуска составляет примерно 75 %. На второй и третий год процент несколько уменьшается.

Таким образом, ситуацию нужно срочно и кардинально менять. И первое, что нужно сделать для решения кадрового вопроса, – повысить привлекательность индустрии в глазах подрастающего поколения. Каждое учебное заведение выбирает для этого свои способы. В НИУ «БелГУ» мы видим решение этой проблемы через реализацию проекта «Высшие школы НИУ «БелГУ»», в частности Высшей инженерной школы (далее ВИШ).

Цель ВИШ – подготовка горных инженеров с минимальным отвлечением от производственных процессов.

Контингент: выпускники профильных СПО, сотрудники предприятий, студенты 1 курса обучающиеся в НИУ «БелГУ» по специальностям УГНС 21.00.00 Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия.

Обучение осуществляется в рамках заключённых договоров о целевом обучении между студентами ВИШ и предприятием.

Обучение в ВИШ может осуществляться в двух форматах: онлайн, с применением дистанционных образовательных технологий для трудоустроенных студентов, проживающих вне города Белгорода и комбинированный для проживающих и работающих в Белгороде и ближайших районах.

Механика обучения: курс видеолекций с тестовыми заданиями после каждой лекции (самостоятельная работа студента в свободное время).

Практические задания профильных дисциплин могут выполняться в рамках выбранной специализации на рабочем месте, самостоятельно в свободное время и в семинарский день 1 раз в неделю.

Работодатель в рамках целевого обучения предоставляет студенту один день для практической подготовки с сохранением заработной платы. В этот день студенты дистанционно подключаются к практическим занятиям из учебного класса предприятия или присутствуют очно в аудитории НИУ «БелГУ». В случае пропусков семинарских дней студентом по неуважительной причине применяются дисциплинарные взыскания как со стороны университета, так и со стороны работодателя.

Для раннего погружения в профессию, учащиеся выпускных классов школ по заказу работодателя осваивают программу ДО «Введение в специальность, профессию» и получают рабочую профессию Горнорабочего.



Свидетельство о завершении программы ДО дает возможность перезачесть на 1 курсе соответствующую дисциплину, а освободившееся время студент тратит на выполнение своих трудовых обязанностей. Выпускники профильных СПО также получают перезачеты по пройденным дисциплинам.

В ходе обучения студент может получить несколько специализаций и рабочих профессий под запрос работодателя.

Темы выпускных квалифицированных работ и курсовых проектов направлены на решение технологической проблемы предприятия (с обязательным экономическим эффектом от внедрения). На каждое рационализаторское решение оформляется совместный патент (НИУ «БелГУ» + предприятие), а студенту рассчитывается индустриальная стипендия в объеме 5 % от сэкономленных в первый год после внедрения средств на предприятии (фабрика идей). 5 % также получает НИУ «БелГУ» за научное сопровождение и проработку идеи.

Список литературы

1. Горная отрасль в условиях дефицита кадров и цифровизации: Интервью с ректором Уральского государственного горного университета А. Душиным / Информационно-аналитического портала «Ректор говорит!» – URL: <https://rectorspeaking.ru/gornaya-otrasl-v-usloviyah-deficita-kadrov-i-cifrovizacii?ysclid=ma2c1l7mxs836279510>
2. Макарова Ю. Золотые люди: где взять дефицитные кадры для горной добычи / Ю. Макарова // РБК: – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/education/cmrn/618d14229a79470d6ed35cfa>
3. Трудовые ресурсы, занятость и безработица / Федеральная служба государственной статистики – URL: https://rosstat.gov.ru/labour_force



УДК 378.14

СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ

Щербинин Ю. В.

sherbininyra@yandex.ru

ООО «Яковлевский ГОК», г. Белгород, Россия

В статье рассматриваются современные образовательные технологии и методы, используемые при подготовке специалистов, а также их влияние на качество образовательного процесса и квалифицированности будущих горных инженеров.

Ключевые слова: современные образовательные технологии, горные инженеры, подготовка квалифицированных горных инженеров.

В современном мире горное дело продолжает играть ключевую роль в экономике многих стран, обеспечивая сырьем не только промышленность, но и другие отрасли. С учетом высоких требований, предъявляемых к квалификации специалистов в этой сфере, растут требования к качеству работы горных инженеров и необходимости их постоянного повышения квалификации из-за глобализации и развития современных технологий, поэтому образовательные учреждения стремятся внедрять современные технологии в процесс подготовки горных инженеров. В этой статье мы рассмотрим, какие образовательные технологии используются для подготовки будущих специалистов и как они влияют на качество образования и квалифицированности будущих горных инженеров.

На данный момент прослеживается тенденция широкого использования инновационных образовательных технологий, представляющие активные и интерактивные методы обучения, стимулирующие мышление обучающихся и отличающиеся повышенными показателями вовлеченности, мотивации и эмоционального восприятия материала. По мнению основателя «симуляционных игр» и «организационно-производственных испытаний» М.М. Бирштейн, активные методы обучения являются средствами развития креативного и профессионального мышления. Используя данные технологии при подготовке горных инженеров, позволяет развивать у будущих специалистов способность объективной оценки конкретных производственных ситуаций и навык решений нестандартных профессиональных задач [2].

В современном мире представлено огромное количество образовательных методов и интерактивных технологий при подготовке квалифицированных специалистов, таких как: дискуссионные клубы и



семинары, проектное обучение, симуляторы для обучения работе с горными машинами, программные продукты для моделирования геологических структур, онлайн-курсы и вебинары, модели гибридного обучения, VR и AR технологии, производственная практика, анализ конкретных практических ситуаций. Учитывая многообразие методов инновационных технологий, М.Новак классифицировал на имитационные и неимитационные активные методы обучения (рис. 1).



Рис. 1. Группировка активных методов обучения (по М. Новак) [4, 5].

Одной из ведущих образовательных технологий являются интерактивные методы, которые позволяют студентам непосредственно участвовать в образовательном процессе.

Это может быть реализовано через:

- Дискуссионные клубы и семинары. Здесь студенты могут обмениваться мнениями, обсуждать разработки и новшества в горной промышленности.
- Проектное обучение. Студенты работают над реальными проектами, что помогает им приобрести навыки работы в команде и практического применения теоретических знаний.

Интерактивные технологии являются важным инструментом в обучении горных инженеров, способствуя качественному изменению образовательного процесса. Их интеграция в учебные программы не только повышает уровень знаний студентов, но и готовит их к реальным вызовам в профессии. Будущее горной инженерии требует от специалистов не только глубоких знаний, но и способности адаптироваться к новым условиям, и интерактивные технологии обеспечивают эту гибкость и готовность к изменениям.



Использование программного обеспечения для моделирования процессов, происходящих в горной отрасли, стало неотъемлемой частью учебного процесса:

- Симуляторы для обучения работе с горными машинами. Это позволяет студентам отрабатывать навыки в безопасной среде, не рискуя собственным здоровьем или оборудованием.
- Программные продукты для моделирования геологических структур. Такие программы помогают студентам визуализировать и анализировать подземные условия, что крайне важно для принятия взвешенных решений при разработке месторождений.

Современные технологии позволяют обеспечить доступ к качественному образованию даже в удаленных регионах. Дистанционное обучение включает в себя:

- Онлайн-курсы и вебинары. Это дает возможность учащимся учиться в любом месте и в любое время, что особенно важно для работающих студентов.
- Модели гибридного обучения. В таких моделях сочетаются традиционные лекции и занятия с применением электронных платформ, что оптимизирует время и позволяет глубже усваивать материал.

Стоит отметить, что симуляторы и модели – это не просто инструменты обучения, но и необходимые элементы для того, чтобы подготовить горных инженеров к решению сложных задач современности. Использование этих технологий значительно увеличивает качество образования и квалификации будущих специалистов, а также обеспечивает более безопасное и эффективное освоение горных профессий.

Использование виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR) в качестве образовательной технологии открывает новые горизонты в образовании горных инженеров. Они позволяют:

- Симулировать реальные условия работы в шахте. Студенты могут пройти виртуальную экскурсию по горнодобывающим комплексам, изучить безопасные техники работы и оценить риски.
- Получить опыт работы со сложными технологическими процессами. В AR-окружении студенты могут видеть дополнительные данные о работе оборудования, что делает обучение более наглядным и эффективным.

Использование виртуальной и дополненной реальности в обучении горных инженеров предоставляет уникальные возможности для повышения качества образования и подготовки специалистов. Создавая безопасные и иммерсивные условия для обучения, VR и AR не только делают процесс более эффективным, но и увлекательным. Важно продолжать исследовать возможность интеграции этих технологий в учебные программы для



профессионалов горной отрасли, что поможет подготовить высококвалифицированных специалистов, готовых к вызовам современного рынка труда.

Не менее важным аспектом подготовки горных инженеров является практика. Стажировки на предприятиях позволяют:

- Ознакомиться с актуальными технологиями и методами работы. Студенты видят, как знания, полученные в университете, применяются на практике.
- Развивать профессиональные навыки. Совмещение теории и практики помогает студентам легче адаптироваться к требованиям рынка труда.

Практическое обучение позволяет студентам горных специальностей знакомиться с современными технологиями, оборудованием и методами работы, используемыми в горной отрасли. Практика при подготовке горных инженеров не только обогащает теоретические знания, но и формирует необходимые навыки для успешной карьеры в горнодобывающей отрасли. Успех специалистов в этой области во многом зависит от их способности применять полученные знания на практике.

Таким образом, современные образовательные технологии значительно обогащают процесс подготовки горных инженеров. Интерактивные методы, моделирование, дистанционное обучение и практические стажировки формируют высококвалифицированных специалистов, готовых к вызовам и изменениям, происходящим в горной отрасли. С учетом стремительного развития технологий, можно уверенно сказать, что будущее образования в этой области будет не только интересным, но и очень многообещающим.

Список литературы

1. Абдуллаева О.С., Мухаммаджонов А.О., Рахмоналиева, М.Ф. Применение образовательных технологий при подготовке высококвалифицированных инженеров // *GOLDEN BRAIN* – 2023. – № 1(6) – С. 98–103. – Режим доступа: URL: <https://researchedu.org/index.php/goldenbrain/article/view/1958>.
2. Алексеева Л.Н. Инновационные технологии как ресурс эксперимента // *Учитель*. – 2004. – № 3. – 78 с.
3. Дебердеева Т. Х. Новые ценности образования в условиях информационного общества // *Инновации в образовании*. – 2005. – № 3. – С. 5-12.
4. Клименко Т.К. Инновационное образование как фактор формирования личности будущего учителя // *Гуманитарный вектор*. Серия: Педагогика, психология. – 2012. – 1(29). – С. 138-147.
5. Роголёва Е.В. Внедрение инновационных технологий обучения при подготовке компетентных специалистов и квалифицированных рабочих как стратегическое направление в развитии среднего специального образования // *Актуальные направления развития научной и образовательной деятельности: сборник научных трудов*. – Чебоксары, 2014. – 143-148 с.

*Научное электронное издание
сетевого распространения*

**ГОРНОЕ ДЕЛО:
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЕ**

Сборник материалов
I Международной научно-практической конференции,
Белгород, 24–25 апреля 2025 года

Публикуется в авторской редакции

Оригинал-макет: О.Г. Томусяк
Обложка: Н.М. Сысоева
Выпускающий редактор: В.С. Берегова

Подписано к использованию 08.10.2025.
Гарнитура Times New Roman. Объем издания – 5,6 МБ
Оригинал-макет подготовлен в ЦПП НИУ «БелГУ»
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85. Тел.: 30-14-48