

<https://dpva.xyz/Guide/GuideMatherials/MaterialsResistant/MomentsOfInertion/> (дата обращения: 14.08.2024).

24. Богатов Б.А. Управление процессом разработки торфяных месторождений. Монография. Мн.: Высшэйшая школа, 1985. 168 с.

25. Афанасьев А.Е., Чураев Н.В. Оптимизация процессов сушки и структурообразования в технологии торфяного производства: монография. М.: Недра, 1992. 288 с.

Для цитирования: Яблонев А.Л. Теоретическое обоснование рациональных параметров торфяного куска трубчатой формы // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2025. № 1 (25). С. 32–39.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF RATIONAL PARAMETERS OF A TUBULAR SOD PEAT

A.L. YABLONEV, Dr. Sc.

Tver State Technical University
22, Af. Nikitin emb., Tver, 170026, e-mail: alvovich@mail.ru

The tubular form of sod peat is rightfully considered the most promising, since it has a larger moisture evaporation area, ignites better and burns more stably in solid fuel boilers. Such sod is characterized by such parameters as the outer diameter, inner diameter, length. Naturally, questions arise about the parameters, that can be called rational or optimal, according to the criteria of bending strength, manufacturability and uniformity of drying. This article attempts to answer these questions theoretically. Recommended rational ratios of diameters and the diameters of peat pieces themselves are given. It is noted, that the necessary experimental verification of the obtained results in laboratory conditions is assumed.

Keywords: sod peat, bending strength, tubular cross-sectional shape of the sod, bending moment, wall thickness of the sod, drying time of the sod, breaking load.

Поступила в редакцию/received: 16.11.2024; после рецензирования/ revised: 27.11.2024;
принята/accepted: 12.12.2024

УДК 622.332: 622.271.45

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БУРОГО УГЛЯ

Л.В. ЛОБАЧЕВА, канд. техн. наук

Тверской государственный технический университет
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: firslud@mail.ru

© Лобачева Л.В., 2025

Рассмотрены основные подходы к разработке геотехнологий комплексного освоения техногенных месторождений добычи бурого угля. Обоснованы технологические принципы комплексного освоения месторождений бурого угля. Представлены

результаты исследования техногенного сырья на содержание тяжелых металлов и уровень кислотности. Показано, что решение проблемы состоит в комплексном подходе к изучению и созданию геотехнологий переработки отходов добычи бурого угля и экстракции полезных компонентов отходов его добычи. Предложены технологическая схема и технические решения по получению и использованию продуктов извлечения отходов производства.

Ключевые слова: бурый уголь, отходы, техногенное месторождение, экстракция, комплексное освоение месторождений, полезные компоненты, минерально-сырьевая база, отвал.

DOI: 10.46573/2658-5030-2025-1-39-47

ВВЕДЕНИЕ

В горной промышленности рациональное комплексное освоение недр является важным критерием не только получения оптимальных технико-экономических параметров разработки угольных месторождений с максимальными показателями использования добываемой горной массы, но и интеграции в эксплуатацию ранее образованных техногенных массивов, формируемых из отходов производства [1–4].

Многолетнее освоение угольных месторождений обусловило значительное сокращение и снижение качества балансов запасов, а также привело к формированию техногенных месторождений, приобретающих в настоящее время особое значение [1, 2, 5].

Техногенные месторождения представляют собой массивы техногенного минерального сырья, образованные в результате его складирования или размещения на поверхности, под землей, водой и пригодные для эффективного промышленного использования. Комплексное освоение недр, в частности техногенных месторождений, помимо экономического значения представляет и экологический интерес, поскольку их разработка способствует сохранению недр, восстановлению земельных ресурсов и повышает уровень экологической безопасности в местах расположения горнодобывающих предприятий [6].

Актуальность и необходимость решения проблемы снижения объемов отходов горнодобывающих предприятий, их эффективной переработки и использования определяется целями и задачами Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года, предполагающей «создание условий для освоения техногенных месторождений, извлечение ценных компонентов из вскрышных, вмещающих пород, а также попутных промышленных вод», а также Стратегией развития промышленности России по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года [5]. Комплексное освоение угольных и техногенных месторождений обеспечит необходимые условия для увеличения минерально-сырьевой базы и создания горнопромышленных комплексов с расширенным циклом добычи руды и утилизации отходов [1–3, 5–9].

В связи с вышеперечисленным цель статьи состоит в обосновании технологии комплексного освоения техногенных месторождений добычи бурого угля, способствующей устойчивому развитию горнопромышленного производства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разработка современных технологий комплексного освоения техногенных месторождений базируется на геологической, гидрогеологической и геотехнологической их изученности, более тщательной оценке и соблюдении технологических режимов эксплуатации отвалов.

Объектом исследования является техногенное месторождение отходов бурого угля, расположенное в Нелидовском районе Тверской области. Нелидовское месторождение относится к Подмосковному буроугольному бассейну, с общим количеством балансовых запасов 65,728 млн т угля. Песчано-глинистая угленосная толща нижнего карбона имеет мощность около 50 м, подстилается и перекрывается карбонатными отложениями. Отложения верхнего девона (вскрытая мощность до 40 м) представлены доломитами, доломитизированными известняками и подстилающими их глинами с прослоями песка и песчаника. Четвертичные отложения, представленные преимущественно валунными глинами, имеют мощность 10...30 м, возрастающую в погребенных дочетвертичных долинах до 500 м при глубине 75...80 м. В районе прослеживается тектонический прогиб отложений с амплитудой до 40...60 м. На Нелидовском месторождении разведочными скважинами выявлены гляционарушения с амплитудой от 10 до 21 м [11].

Экспериментальное исследование включало два этапа, на которых оценивалось состояние и уровень изменений техногенного массива Нелидовского месторождения, проводился почвенный анализ техногенного сырья. Образцы грунта породного отвала отбирались на предмет определения тяжелых металлов по стандартной методике [13–15] и показателя кислотности почвенной среды с помощью электронного анализатора уровня рН.

Отвальные отходы, складываемые в течение длительного периода, со временем изменяют свои свойства, поэтому знание динамики этого процесса оказывает определяющее влияние на выбор технологии промышленной эксплуатации техногенного сырья. В качестве интегрального показателя состояния отвальных отходов можно использовать функцию распределения концентрации j -го ингредиента (C_j). В случае фазового пространства (t, τ), где τ – период сохранения концентрации j -го ингредиента, применимо следующее уравнение [15]:

$$\frac{\partial C_j}{\partial t} + \frac{\partial C_j}{\partial \tau} = -k_j C_j.$$

С учетом условий формирования техногенных массивов краевые условия представленного уравнения имеют вид:

$$C_j(0, \tau) = C_{j0} = \text{const}; \quad C_j(t, 0) = C_{jn} = \text{const},$$

где C_{j0}, C_{jn} – распределение концентрации j -го ингредиента в начальный момент времени (в момент его образования) и в момент времени, соответствующий началу складирования.

Решение уравнения имеет следующий вид [15]:

$$C_j(t, \tau) = \begin{cases} C_{j0} \exp(-k_j t) & \text{при } 0 \leq t \leq \tau \\ C_{jn} \exp(-k_j \tau) & \text{при } t > \tau \end{cases}.$$

На втором этапе проводился анализ возможности использования полезных компонентов техногенного сырья.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для обоснования технологии комплексного освоения техногенных месторождений были проанализированы данные об условиях формирования, складирования и хранения отвальных отходов.

На шахтах Нелидовского месторождения бурого угля для транспортирования породы на отвал преимущественно использовались канатная откатка скипами или вагонетками по рельсовым путям, в результате чего образовались отвалы конической формы (рис. 1). По условиям хранения отходы относятся к категории «лежалые», т.е. они хранились в течение определенного времени и подверглись процессам вторичного минералообразования и изменению структуры массива [1, 16]. Техногенные массивы расположены близко к производству (шахте), для каждой шахты был создан свой отвал. Формирование исследуемого техногенного массива проводилось по технологии слоистого строения отвала. В разные периоды эксплуатации отсыпались неоднородные по свойствам (крупности кусков, их составу, влажности и т.д.) порции техногенного сырья. Слои с более крупными кусками породы чередуются со слоями мелочи (рис. 2).



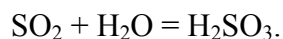
Рис. 1. Техногенное месторождение Нелидовских шахт



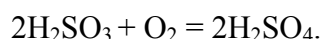
Рис. 2. Породные отходы Нелидовского техногенного месторождения

Пласты, включающие обогащенные углем крупнообломочные куски, подвергались более интенсивному горению и представляют собой слои спекшихся кусков горелых пород. Включения, сложенные рыхлыми породами, горели менее интенсивно.

После отсыпки отвальной породы за счет процессов горения техногенного массива в атмосферный воздух выделяется диоксид серы, а при взаимодействии с атмосферными водами – сернистая кислота:



В техногенных месторождениях сернистая кислота существует только в водных растворах, поэтому при взаимодействии ее с кислородом воздуха образуется серная кислота:



Серная кислота вступает в химические реакции с отвальной породой, что приводит к образованию химически активных водорастворимых соединений, в том числе кислоторастворимых соединений тяжелых металлов. Поэтому уровень кислотности породной массы и содержание в ней тяжелых металлов являются важными характеристиками, определяющими направленность использования отходов добычи угля [17].

Отбор проб проводился на разных уровнях техногенного массива Нелидовского бурого угля месторождения [16]. Результаты определения тяжелых металлов и уровня кислотности исследуемого техногенного сырья приведены в таблице.

Значение pH и содержание тяжелых металлов в отвальной породе, мг/кг

Номер образца	Zn	Cd	Cu	Sr	Mn	pH
1	24,7	12,4	11,3	22,1	27,5	2,4
2	23,2	10,1	9,7	34,8	38,3	2,8
3	26,8	4,5	8,8	27,6	29,1	3,1
4	21,4	8,6	12,5	19,2	10,3	2,4

Высокая кислотность отвальной породы, о которой свидетельствуют результаты исследования, способствует выщелачиванию техногенных месторождений. Содержание тяжелых металлов практически не превышает нормативных значений, что подтверждает влияние уровня кислотности на подвижность компонентов отвала.

Поскольку техногенный массив Нелидовского месторождения бурого угля создавался как хранилище отходов производства, дальнейшее использование которых не предполагалось, не были учтены процессы обрушения, а также не были приняты меры по управлению деформацией отвала. Такой подход на современном этапе развития геотехнологии освоения недр считается нерациональным.

Результаты исследования динамики распределения физико-химических свойств ингредиентов отвальной массы представлены на рис. 3. Для упрощения оценки данных эксперимента введены следующие обозначения: $P_j = C_j / C_{j0}$, $\Psi = t / \tau$.

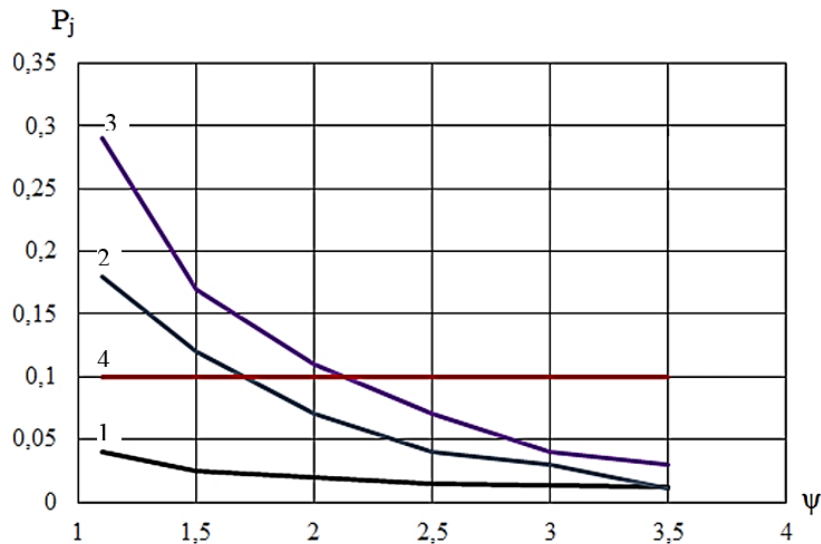


Рис. 3. Динамика распределения j -го ингредиента техногенного сырья при отношении C_j / C_{j0} , равном: 1 – 0,8; 2 – 0,5; 3 – 0,1; 4 – предельно допустимому значению

Анализ полученных данных свидетельствует, что распределение средних значений физико-химических свойств техногенного сырья при их размещении на земной поверхности изменяется до некоторого фиксированного значения, численно равного $C_{jn} \exp(-k_j \tau)$.

Технологическая схема освоения техногенного месторождения, относящегося к длительно лежалым, должна предусматривать валовую выемку сырья механизированными комплексами, транспортирование добытого сырья на участок переработки и дальнейшего использования.

На базе теоретических и экспериментальных исследований отечественных специалистов по созданию технологий эффективной переработки отходов добычи бурого угля в качестве основных технических решений по использованию сырья Нелидовского техногенного месторождения можно предложить [6, 8, 15, 16, 19]:

- создание сырьевых смесей для изготовления автоклавных изделий;
- применение в качестве вяжущего компонента для изготовления бесцементных бетонных изделий;
- получение сырьевой смеси для теплоизоляционного гранулированного материала;
- выпуск сорбентов на основе гуматов на очистки сточных вод;
- производство гуминовых препаратов для целей сельскохозяйственного производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные на техногенном месторождении исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Выполнен анализ состояния Нелидовского техногенного месторождения для обоснования и выбора направления геотехнологии его комплексного освоения.
2. Исследование проб породной массы по показателю рН свидетельствует о высоком уровне кислотности ($pH = 2,4-3,1$), что увеличивает подвижность компонентов отвальной породы.

3. Содержание тяжелых металлов в образцах техногенного сырья в целом не превышает нормативных значений, что подтверждает влияние кислотности породы на выщелачивание техногенных массивов.

4. Для оценки динамики распределения физико-химических свойств техногенного сырья применимо уравнение первого порядка в частных производных, решения которого позволяют провести прогноз состояния отвальной породы.

5. Предлагаемая технологическая схема освоения техногенного месторождения включает валовую выемку сырья механизированными комплексами, транспортирование добытого сырья на участок переработки и дальнейшего использования.

6. Отходы добычи бурого угля могут быть использованы в качестве продуктов в различных отраслях промышленности, востребованных на внутреннем рынке РФ.

Таким образом, эффективное освоение техногенных месторождений должно включать технологические процессы, направленные на повышение уровня и комплексности извлечения полезных компонентов за счет уменьшения их потерь в недрах, в процессах переработки и утилизации отходов производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Илимбетов А.Ф., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Разработка технологии формирования и комплексного освоения техногенных месторождений на основе отходов переработки руд // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2008. № 4. С. 247–256.

2. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Развитие теории проектирования и реализации идей комплексного освоения недр // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2008. № 4. С. 20–41.

3. Рыльникова М.В., Олизаренко В.В., Туркин И.С. Обоснование технологии и комплекса оборудования для ступенчатого обезвоживания техногенного сырья при комплексном освоении рудных месторождений // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2014. № 9. С. 62–69.

4. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Юн А.Б., Терентьева И.В. Становление нового технологического уклада комплексного освоения недр при истощении балансовых запасов месторождений // *Горный журнал*. 2019. № 4. С. 11–14.

5. Макаров А.Б., Хасанова Г.Г., Талалай А.Г. Техногенные месторождения: особенности исследования // *Известия Уральского государственного горного университета*. 2019. Вып. 3 (55). С. 58–62.

6. Архипов, А.В. Техногенные месторождения. Разработка и формирование: монография. Апатиты: КНЦ РАН, 2017. 175 с.

7. Захаров Е.И., Маликов А.А., Фридлиндер Г.В., Ганин М.П. Геотехнологии комплексного освоения угольных и техногенных месторождений Подмосковского угольного бассейна // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2020. Вып. 2. С. 238–247.

8. Качурин Н.М., Зоркин И.Е., Мосина Е.К. Геотехнология комплексного освоения месторождений бурого угля // *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2013. Вып. 1. С. 119–130.

9. Чернегов Ю.А. Методы изучения и освоения техногенных месторождений // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2009. № 3. С. 371–375.

10. Киреева А.С. Современное состояние и экологическая оценка влияния породных отвалов предприятий угольной промышленности // *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2022. Вып. 1. С. 62–71.

11. Геологическое описание Нелидово-Селижаровского угленосного района. URL: <https://industrial-wood.ru/geologiya-mestorozhdeniy-uglya/15669-geologicheskoe-opisanie-nelidovo-selizharovskogo-uglenosnogo-rayona.html> (дата обращения: 10.11.2024).

12. ГОСТ Р 59248-2020. Угли бурые, каменные, антрацит, горячие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и подготовки проб для лабораторных испытаний. М.: Стандартинформ, 2021. 12 с.

13. ГОСТ Р 55660-2013. Топливо твердое минеральное. Определение выхода летучих веществ. М.: Стандартинформ, 2019. 14 с.

14. ПНД Ф 12.1:2.2:2.3.2-03. Отбор проб почв, грунтов, осадков биологических очистных сооружений, шламов промышленных сточных вод, донных отложений искусственно созданных водоемов, прудов-накопителей и гидротехнических сооружений. М.: ФБУ «ФЦАО», 2014. 14 с.

15. Ефимов В.И., Факторович В.В., Рыбак В.Л., Мосина Е.К. Экологическая безопасность комплексного освоения угольных и техногенных месторождений // *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2015. Вып. 3. С. 3–14.

16. Лобачева Л.В., Левинский В.В. Исследование воздействия отходов добычи бурого угля на окружающую среду // *Экология и безопасность жизнедеятельности: Сборник статей XXIII Международной научно-практической конференции*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. С. 236–239.

17. Рыбак В.Л. Совершенствование методов прогноза переноса пыли, диффузии жидких и газообразных примесей в зонах действия породных отвалов угольных шахт: дис. ... канд. техн. наук. Тула, 2016. 172 с.

18. Арасланова Л.Х. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов сорбентами на основе промышленных отходов: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2023. 131 с.

19. Качурин Н.М., Ефимов В.И., Никулин И.Б. Принципы формирования эколого-экономической оценки использования отходов углеобогащения // *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2016. № 3. С. 232–243.

Для цитирования: Лобачева Л.В. Обоснование технологии комплексного освоения техногенных месторождений бурого угля // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2025. № 1 (25). С. 39–47.

JUSTIFICATION OF TECHNOLOGY FOR INTEGRATED DEVELOPMENT OF TECHNOGENIC BROWN COAL DEPOSITS

L.V. LOBACHEVA, Cand. Sc.

Tver State Technical University
22, Af. Nikitin emb., Tver, 170026, e-mail: firslud@mail.ru

The basic approaches for the development of geotechnologies of complex development of technogenic deposits of lignite coal production are considered. Technological principles of complex development of lignite deposits are substantiated. The results of

*Вестник Тверского государственного технического университета.
Серия «Технические науки». № 1 (25), 2025*

research of technogenic raw materials for the content of heavy metals and acidity level are presented. It is shown that the solution of the problem lies in an integrated approach to the study and creation of geotechnologies for processing of lignite mining waste and extraction of useful components of lignite mining waste. The technological scheme and technical solutions for obtaining and utilization of extraction products of mining waste are proposed.

Keywords: lignite coal, waste, technogenic deposit, extraction, integrated field development, useful components, mineral resource base, dump.

Поступила в редакцию/received: 12.12.2024; после рецензирования/revision: 14.12.2024; принята/accepted: 17.12.2024

УДК 622.24.08

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА КОЛИЧЕСТВО ОТКАЗОВ БУРОВЫХ СТАНКОВ СБШ-250

М.Б. ХАМИДОВ, асп.

Университет науки и технологий МИСИС,
119049, Москва, Ленинский пр., 4, стр. 1, e-mail: mukhammadkhamidoc@gmail.com

© Хамидов М.Б., 2025

На основе данных эксплуатации буровых станков СБШ-250 в период с 2013 по 2023 годы на карьере Кальмакыр установлена частота отказов для станков и их основных систем: мачты, ходовой тележки, редуктора, компрессора, гидросистемы. Показано, что количество отказов изменяется циклично в процессе эксплуатации станков, при этом их число для узлов незначительно варьируется у различных станков. Больше количество возникает в различные периоды от начала эксплуатации узлов, а максимальное приходится на компрессор и гидросистему. Учет цикличности отказов может быть использован при прогнозе производительности и расчете необходимого количества запасных частей.

Ключевые слова: буровой станок СБШ-250, открытые горные работы, отказ оборудования, надежность бурового оборудования, срок эксплуатации, анализ отказов.

DOI: 10.46573/2658-5030-2025-1-47-54

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Узбекистан открытые горные работы занимают важное место в добыче полезных ископаемых и характеризуются активным использованием буровзрывных работ. Эти работы обеспечивают возможность проведения последующих операций по извлечению и транспортировке руды. Для бурения скважин под взрывные заряды наиболее широко распространены буровые станки модели СБШ-250, производимые ОАО «Рудгормаш» (рис. 1). Эксплуатация данного оборудования на протяжении продолжительного времени подчеркивает его значительную роль в обеспечении стабильной работы карьеров и эффективного использования ресурсов [1, 2].