

ГЕОЭКОЛОГИЯ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 504.55.054:622(470.6)

DOI: 10.21440/0536-1028-2021-7-80-91

К концепции охраны окружающей среды угледобывающего региона

Валиев Н. Г.¹, Страданченко С. Г.^{2*}, Масленников С. А.²,
Голодов М. А.², Армейсков В. Н.²

¹ Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

² Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ, г. Шахты, Россия

*e-mail: ssg72@mail.ru

Реферат

Целью работы является обоснование актуальности конверсии горного производства на технологии, обеспечивающие более безопасное для окружающей среды использование минеральных запасов недр.

Методика проведения исследований включает анализ теории и практики применения природоохранных технологий и многофакторный эксперимент.

Результаты. Предложен критерий эффективности технологий добычи минерального сырья в виде снижения влияния продуктов деятельности добычных и перерабатывающих предприятий на состояние окружающей природной среды. Рассмотрена проблема минимизации наносимого окружающей среде ущерба от хранения отходов обогащения углей в отвалах и хранилищах путем утилизации их компонентов. Сформулирован механизм загрязнения окружающей среды. Исследованы аспекты извлечения металлов из хвостов обогащения в мельнице-дезинтеграторе. Дан прогноз уменьшения угрозы живому веществу путем реализации концепции радикальной безотходной переработки некондиционного минерального сырья. Отмечена необходимость совершенствования процессов дробления, тонкого измельчения и классификации минералов в мельницах для уменьшения вредных для окружающей среды отходов угольного производства.

Выводы и область применения результатов. Показано, что ухудшение условий разработки месторождений минерального сырья повышает опасность техногенного воздействия на окружающую среду в регионах его добычи. Численность населения Земли увеличивается и, соответственно, растут объемы добычи ресурсов для удовлетворения его потребностей. Возрастающую угрозу живому веществу можно снизить радикальными мерами, среди которых приоритетна безотходная переработка некондиционного минерального сырья. Результаты исследования могут быть востребованы при разработке месторождений твердых металлосодержащих технологически вскрываемых руд.

Ключевые слова: уголь; окружающая среда; отходы обогащения; утилизация; извлечение металлов; мельница-дезинтегратор.

Введение. России принадлежит 16 % всех природных минерально-сырьевых ресурсов мира, но ее база характеризуется истощением богатых и крупных месторождений полезных ископаемых. Поэтому увеличивается актуальность поиска и освоения технологий, обеспечивающих полное и комплексное использование запасов недр [1–4].

Одним из критериев эффективности технологий добычи минерального сырья является влияние деятельности добычных и перерабатывающих предприятий на состояние окружающей природной среды [5–9].

В России накоплено более 12 млрд т твердых отходов. Ежегодно образуется до 75 млн т отходов, из которых утилизируется лишь 18 %. На территории Ростов-

ской области ежегодно образуется от 7 до 8 млн т промышленных отходов, большая часть которых приходится на долю хвостов обогащения углей. Выщелоченные осадками из хвостов обогащения углей металлы угнетают биоту.

При оценке влияния хвостохранилищ на окружающую среду учитывают занятость земли и снижение продуктивности сельского хозяйства. Фактический же ущерб больше. Горнодобывающая промышленность поставляет около 20 % загрязнителей, оказывая негативное воздействие на окружающую среду (рис. 1).

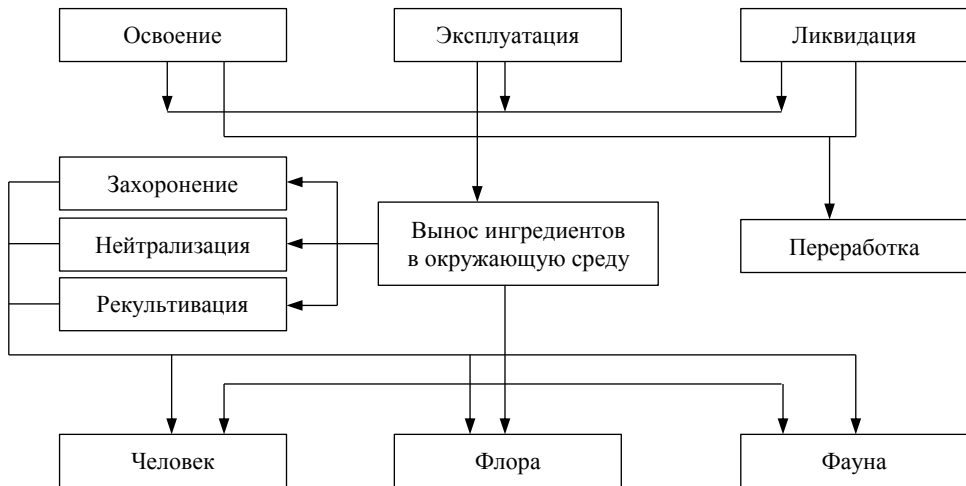


Рисунок 1. Схема воздействия горного предприятия на окружающую среду
Figure 1. Scheme of a mining enterprise impact on the environment

Одно из направлений снижения опасности отходов – их возвращение в природный круговорот.

Для утилизации хвостов необходимо совершенствовать процессы дробления, тонкого измельчения и классификации минералов, потому что размеры и активность продуктов утилизации нередко определяют показатели их использования, например при изготовлении бетонов и выщелачивании металлов [10–12].

Концепция охраны окружающей среды включает в себя комплекс мер по сохранению атмосферного воздуха, вод, земель, почв, недр, биоразнообразия, защите охраняемых природных территорий от антропогенного воздействия продуктов горного производства, в том числе в процессах обращения с минеральными отходами.

Процессы обращения с минеральными отходами добычи и переработки руд должны получить комплексное экологическое обоснование, подтверждающее стремление минимизировать негативное техногенное воздействие на окружающую среду при приемлемых затратах.

Концепция охраны окружающей среды в качестве приоритетного объекта своей деятельности рассматривает живое вещество или совокупность живых организмов в биосфере вне зависимости от их систематической принадлежности.

Задачи института экологии природопользования: выявление механизма функционирования окружающей среды, предложение новых решений в экосистемах, прогнозирование изменений от воздействия человека, разработка технологий предупреждения и ликвидации экологического ущерба при развитии опасных природных и наведенных экзогенных процессов.

Таблица 1. Содержание металлов в отвалах угольных шахт Донбасса
Table 1. Content of metals in dumps of Donbass coal mines

Район	Содержание металлов, г/т									
	Mn	Ni	Co	V	Cr	Zr	Pb	Zn	Be	
Каменско-Гундоровский	300–700	40–80	10–20	80–20	100–200	50–100	10–30	–	–	–
Белокалитвинский	100–600	30–10	–	30–100	30–100	50–100	–	–	–	–
Гуково-Зверевский	200–600	10–100	–	60–100	50–200	60–100	10–100	–	–	–
Красно-Донецкий	200–600	15–30	–	50–80	50–60	–	20–30	–	–	–
Сулино-Садкинский	200–500	30–50	10–20	80–150	–	50–60	10–20	30–50	1,5–3,0	–
Шахтинско-Несветаевский	100–1000	10–100	–	50–500	50–200	50–200	15–3000	–	–	–

Таблица 2. Содержание металлов в отвалах обогатительных фабрик
Table 2. Content of metals in dumps of concentration plants

Обогатительная фабрика	Содержание металлов, г/т										
	Mn	Ni	Co	V	Cr	Mo	Zr	Pb	Zn	Be	Sr
Донецкая	640,9	74,2	17,4	124,0	222,1	5,0	113,6	74,0	149,1	3,0	175,2
Гуковская	989,4	39,7	14,9	79,9	148,6	5,6	99,0	49,8	83,7	4,0	594,3
Шолоховская	324,1	55,2	24,1	242,0	242,0	6,2	104,2	55,5	263,0	2,6	356,4
Несветаевская	790,5	49,6	10,4	99,3	198,0	3,0	99,0	39,9	148,8	3,0	151,0

Эти положения концепции охраны окружающей среды формируют цель настоящего исследования – обоснование актуальности поиска и освоения прорывных технологий, обеспечивающих более полное и безопасное для окружающей среды использование запасов недр, в частности углей.

Методика. Цель достигается комплексным методом, включающим анализ теории и практики применения природоохранных технологий добычи углей с точки зрения экологии природопользования. Основным методом является лабораторный эксперимент на предприятиях России и зарубежья. Продукционные растворы выщелачивания хвостов обогащения углей анализировали на содержание металлов в рентгеновском спектрометре «Спектроскан МАХ-GV». Пробы упаривали и добавляли раствор соды для перевода металлов в нерастворимую форму. Гель отфильтровывался и после упаривания и сушки сокращенные пробы прокачивали для удаления кристаллически связанной воды.

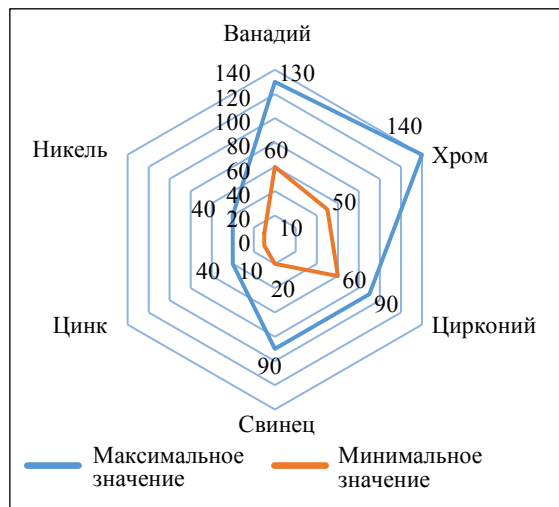


Рисунок 2. Изменение содержания металлов в хвостах обогащения углей

Figure 2. Change in the content of metals in silt coal

Результаты. Процесс накопления хвостов переработки угля на месторождениях Донбасса является универсальным, как и механизм воздействия продуктов дезинтеграции хвостов на окружающую среду.

Недостатком традиционных технологий извлечения ценных компонентов из хвостов является неполное извлечение металлов до норм ПДК.

Традиционным технологиям извлечения металлов из хвостов противопоставляется технология выщелачивания в дезинтеграторе, которая позволяет извлекать металлы из хвостов до нужного уровня.

Месторождения углей локализованы преимущественно в Старобельско-Миллеровском и Новомосковском угленосных районах Донецкого бассейна.

За почти 300 лет добычи углей в Донбассе сформировано около 1300 терриконов общим объемом 1 000 000 тыс м³ на площади 5500 га. Негативная нагрузка горного производства на окружающую природную среду складывается из следующих составляющих: отвлечение земли под отвалы, изменение бонитета почв, химизация гидросистем растворимыми соединениями металлов.

После извлечения на дневную поверхность минералов развиваются процессы перехода металлов в растворимые соединения, масштаб которых зависит от ми-

нерального состава углей. Внутри отвалов создаются благоприятные условия для окисления автотрофными микроорганизмами, получающими энергию при окислении серы и ее продуктов.

При рекультивации отвалов процессы естественного выщелачивания в хранилищах хвостов после покрытия их слоем грунта и последующего озеленения не прекращаются. Водная эрозия отвалов угледобычи характеризуется выносом содержащихся в породах опасных компонентов. Снизить активность водной эрозии пытаются посадкой деревьев и кустов. Содержание металлов в отвалах шахт характеризуется в табл. 1. Содержание металлов в отвалах обогатительных фабрик показано в табл. 2.

Таблица 3. Свойства производственной пыли
Table 3. Industrial dust properties

Крупность, мм	Ранг опасности	Механизм действия	Ущерб здоровью человека
200–500	3	Комкование и огрубление кожи, шерсти и пуха. Ожог растений	Кожные заболевания, нарушение функции зрения, слуха, обоняния
50–200	2	Цементация и склеивание поверхности живых организмов	Кожные заболевания, нарушение функции зрения, слуха, обоняния
Менее 50	1	Участие в процессах жизнедеятельности	Заболеваемость за счет химического, физического и др. видов воздействия

Границы изменения содержания металлов в хвостах обогащения углей представлены на рис. 2.

Пыль представляет собой минеральные частицы размером от 0 до 500 микрон. Факторы ее воздействия на живое вещество ранжированы в табл. 3.

Пылевое загрязнение окружающей среды осуществляется в процессе буровзрывных, погрузочно-разгрузочных, транспортных, дробильно-сортировочных, планировочных и отвальных работ.

Пыль содержит компоненты, которые провоцируют заболевания. У горнорабочих отмечается ускоренное развитие патологии биоэлектрической и сократительной функции сердца, атерогенные изменения крови, нейроциркуляторная дистония, миокардиодистрофия, атеросклероз, хроническая сердечная недостаточность и другие заболевания. Установлена корреляция между химическим загрязнением окружающей среды и частотой аллергий, бронхолегочной патологией, гиперплазией щитовидной железы, кариесом, нарушением нервно-психического и физического развития, врожденными пороками развития и злокачественными образованиями.

Наиболее перспективны для использования в народном хозяйстве горелые породы и обожженные глинисто-песчаные минералы. На их основе могут быть изготовлены бетонные блоки и панели, например крепежные бетониты для крепления горных подземных выработок.

При неполном обжиге горелые породы содержат компоненты, которые существенно изменяют объем при колебаниях влажности и температуры среды, а также при взаимодействии с кислородом воздуха и водой. Из качеств горелых пород нежелательны водопоглощение и влажность, капиллярное всасывание и гидрофильный характер поверхности.

Борьба с негативным влиянием отвалов хвостов угледобычи включает в себя предотвращение пылевых выбросов, ограничение доступа атмосферных осадков, рекультивацию и озеленение.

История становления и развития угледобычи Донбасса, а также сегодняшнее состояние его территории свидетельствуют о неэффективности процессов рекультивации. Вначале это объяснялось недостаточной технической вооруженностью процессов рекультивации. В новое время отвалы остаются без хозяев, так как их рекультивация не всегда рентабельна. Захоронение хвостов обогащения чревато потерей ценных компонентов, в том числе металлов.

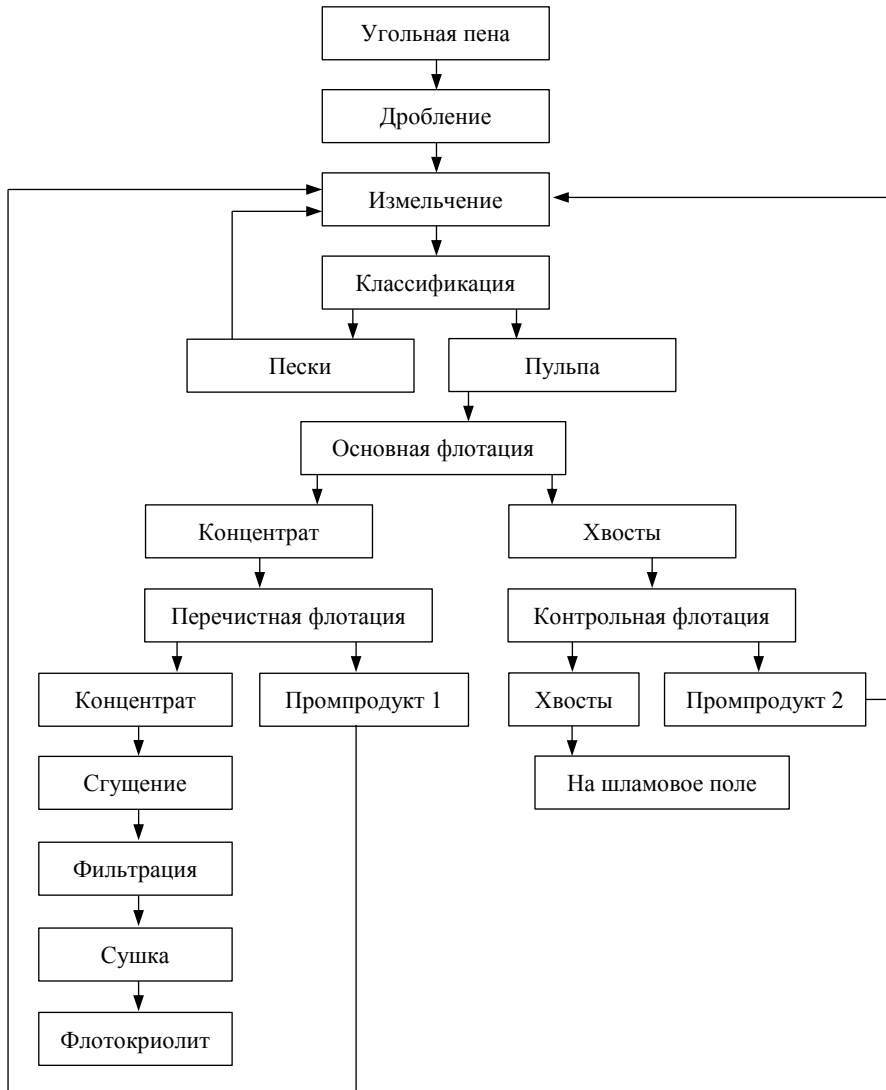


Рисунок 3. Алгоритм утилизации хвостов обогащения угля
 Figure 3. Algorithm for utilization of silt coal

В добываемых донецких углях содержится драгоценных компонентов на сумму, в 20 раз превышающую стоимость сжигаемых углей.

Примерно 80 % добываемого угля направляется на производство энергии, до 20 % используется металлургической промышленностью.

Принимаемые меры снижения загрязнения окружающей среды металлами не могут быть результативными, поскольку не устраняют контакта отходов с ее экосистемами.

Радикально проблема может быть решена утилизацией отходов производства угля, которая позволит не только получить необходимые народному хозяйству товарные продукты, но и снизит негативную нагрузку на экологическую обстановку. При утилизации хвостов обогащения угля конечными продуктами являются уголь (30–10 мм, 0–10 мм) и сопутствующие компоненты (рис. 3).

Известные технологии переработки хвостов обогащения образуют вторичные хвосты, снижая опасность, но не ликвидируя ее в целом, что усложняет дальнейшую утилизацию.

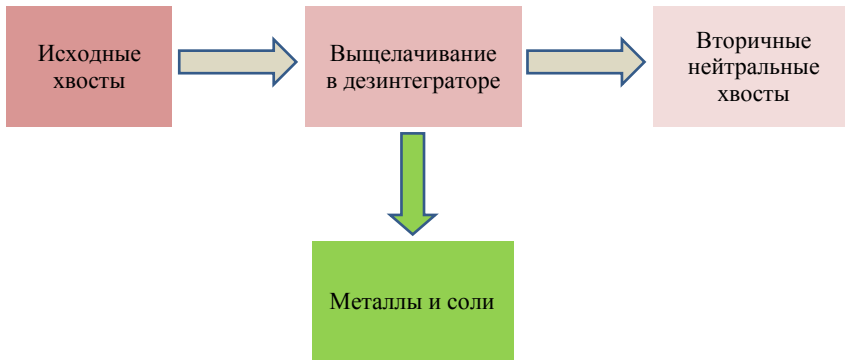


Рисунок 4. Схема извлечения металлов из хвостов обогащения углей
Figure 4. Scheme of metal recovery from silt coal

Металлы из хвостов обогащения углей могут быть извлечены выщелачиванием в скоростной мельнице-дезинтеграторе, после чего вторичные хвосты применяются без ограничений (рис. 4).

Хвосты обогащения измельчали до размеров –2,5 мм, затем сушили при температуре 60 °С в течение 12–24 ч, чтобы максимальная влажность материалов не превышала 2 %. Исследовали две партии растворов, полученных при выщелачивании в дезинтеграторе разноразных горелых и негорелых отходов. Начальное содержание металлов в хвостах обогащения углей характеризуется в табл. 4.

В результате упаривания, сушки и прокаливания пробы сократились в 10–12 раз (табл. 5).

Извлечение марганца в выпаренный и прокаленный продукт составляет 1,3 %, никеля – 102,1 %, кобальта – 104,5 %, хрома – 18,0 %, свинца – 43,5 %, цинка – 36,6 %. Извлечение металлов больше 100 % объясняется возможным превышением их содержания в выщелачиваемых материалах над содержанием в пробах исходных материалов. Извлечение металлов достаточно высокое, хотя их содержание в растворах низкое, мг/л: марганец – 1,0; никель – 7,0; кобальт – 2,0; хром – 4,0; свинец – 3,0; цинк – 5,0.

Анализ и обсуждение. Полученные с доверительной вероятностью 95 % результаты исследований свидетельствуют о том, что выщелачивание металлов из отходов добычи угля возможно.

Особенности вторичных хвостов обогащения углей:

– в процессе активации в раствор переходят практически все металлы и соли, поэтому хвосты становятся доступными к использованию без ограничений;

– масса вторичных хвостов представляет собой пластичную смесь дисперсных компонентов, до 60 % которой составляют активные частицы размером не более 0,076 мм, что сокращает затраты на производство продукции.

Технологии с выщелачиванием металлов и полной утилизацией отходов переработки углей станут привлекательными с экономической точки зрения, когда

современные методы подготовки минерального сырья к использованию в промышленности уступят природоохранным методам, а в экономическом сравнении альтернативных вариантов технологии будет участвовать величина компенсации за действительный ущерб всему живому от хранения отходов на земной поверхности, а не штрафы [13–15].

Таблица 4. Содержание металлов в хвостах обогащения угля, г/т
Table 4. The content of metals in silt coal, g/t

Элемент	Минимум	Максимум	Среднее
Марганец	310	330	320
Никель	10	40	25
Кобальт	5	10	5
Ванадий	60	130	95
Хром	50	140	85
Молибден	1	2	1,5
Цирконий	60	90	75
Свинец	20	90	55
Цинк	10	40	50
Бериллий	2	2,6	2,3

Эффективность технологии оценивается на основании долговременных статистических показателей, она определяется соотношением компенсационных затрат и ущерба от хранения отходов, производственной мощности утилизирующего предприятия и его технологического уровня [16–18].

Концепция обращения с некондиционным минеральным сырьем исходит из того, что поскольку нет возможности оценить действительный ущерб человеку, флоре и фауне, следует технологически исключить возможность нанесения этого ущерба, т. е. не консервировать, а утилизировать хвосты.

Полное извлечение тяжелых металлов и солей ликвидирует опасность миграции продуктов природного выщелачивания хвостов в окружающую среду, что обеспечивает решение задачи исследования.

Совершенствование технологии измельчения минерального сырья включает в себя создание комплексов, в которых мельницы различного типа комбинируют, что уменьшает объем отходов. Так, в цепи закладочного комплекса производительностью 70 м³/ч дезинтегратор ДУ-65 обеспечивал выход активного класса до 55 %. Комбинирование его с вертикальной вибромельницей увеличило выход активной фракции до 70 %, что позволило утилизируемому шлаку конкурировать с товарным цементом.

Выводы. Ухудшение условий разработки угольных месторождений повышает опасность техногенного воздействия на окружающую среду в регионах добычи.

Численность населения Земли будет увеличиваться и, соответственно, будут расти объемы добычи ресурсов для удовлетворения его потребностей. Возрастающую угрозу живому веществу можно снизить только ограничительными мерами, среди которых приоритетна радикальная безотходная переработка некондиционного минерального сырья.

Поэтому повышается ценность исследований, которые отвечают на вопрос не только о том, как конкретная технология угрожает окружающей среде, но и о том, как предотвратить или уменьшить угрозу.

Детализированы аспекты концепции охраны окружающей среды от антропогенного воздействия продуктов добычи углей. Дано комплексное экологическое обоснование возможности минимизировать негативное техногенное воздействие на окружающую среду путем извлечения металлической компоненты разубоживающих пород.

Таблица 5. Состав сухого концентрата из разнородных хвостов обогащения
Table 5. Composition of dry concentrate from mixed tailings

Металл	Горелые хвосты, %	Негорелые хвосты, %	Приращение, %
Cr	0,10	0,15	+0,05
Fe	2,75	3,06	+0,31
Ni	0,30	0,17	-0,13
Mn	0,10	0,10	0,00
Co	0,10	0,12	+0,02
Cu	0,40	0,30	-0,10
Pb	0,10	0,10	0,00
Zn	0,30	0,14	-0,16

Охарактеризован механизм функционирования окружающей среды при поражении продуктами хранения хвостов обогащения угля и предложено новое решение по защите экосистем.

Полученные результаты исследования могут быть востребованы при разработке месторождений твердых металлосодержащих технологически вскрываемых руд.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Валиев Н. Г., Пропп В. Д., Вандышев А. М. Кафедре горного дела УГГУ – 100 лет // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 8. С. 130–143.
2. Голик В. И., Дмитрак Ю. В., Комащенко В. И., Разоренов Ю. И. Экологические аспекты хранения хвостов обогащения руд в горном регионе // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 6. С. 35–39.
3. Tolvanen A., Eilu P., Juutinen A., Kangas K., Kivinen M., Markovaara-Koivisto M., Naskali A., Salokannel V., Tuulentie S., Similä Ju. Mining in the Arctic environment – A review from ecological, socioeconomic and legal perspectives // Journal of Environmental Management. 2019. Vol. 23. P. 832–844.
4. Domingues Maria S. Q., Baptista Adelina L. F., Diogo Miguel Tato. Engineering complex systems applied to risk management in the mining industry // International Journal of Mining Science and Technology. 2017. Vol. 27. P. 611–616.
5. Голик В. И., Дмитрак Ю. В., Габараев О. З., Кожиев Х. Х. Минимизация влияния горного производства на окружающую среду // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 6. С. 26–29.
6. Земсков А. Н., Лискова М. Ю., Смирнова Е. В. Анализ условий труда горнорабочих и мероприятия по нормализации пылевого и газового состава атмосферы шахт и рудников // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2017. № 2. С. 58–68.
7. Ляшенко В. И. Научно-технические предпосылки повышения экологической безопасности в горнодобывающем регионе // Черная металлургия. 2015. № 1. С. 21–30.
8. Vintroà C., Sanmiquelb L., Freijoc M. Environmental sustainability in the mining sector: evidence from Catalan companies // Journal of Cleaner Production. 2014. Vol. 84. P. 155–163.
9. Чен Х. Л. Краткий анализ технических моментов об оценке воздействия хвостохранилищ на окружающую среду // Передовые исследования материалов. 2014. Т. 955–959. С. 1685–1689.
10. Дмитрак Ю. В. Теория движения мелочей загрузки и повышения эффективности оборудования для тонкого измельчения горных пород: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2000. 44 с.
11. Doifode S. K., Matani A. G. Effective industrial waste utilization technologies towards cleaner environment // International Journal of Chemical and Physical Sciences. 2015. Vol. 4. Special Issue. NCSC. P. 536–540.

12. Голик В. И., Комащенко В. И., Страданченко С. Г., Масленников С. А., Пушкина В. В. Исследование технологий выщелачивания металлов из хвостов обогащения // Уголь. 2012. № 9(1038). С. 91–93.

13. Разоренов Ю. И., Голик В. И., Куликов М. М. Экономика и менеджмент горной промышленности. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2010. 247 с.

14. Комащенко В. И. Эколого-экономическая целесообразность утилизации горнопромышленных отходов с целью их переработки // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2015. № 4. С. 23–30.

15. Голик В. И., Дмитрак Ю. В., Комащенко В. И., Бурдзиева О. Г. Геофизические методы контроля руд при выщелачивании // Геофизика. 2018. № 1. С. 85–91.

16. Молев М. Д., Армейсков В. Н., Голодов М. А. Геофизическое прогнозирование экологической безопасности угледобывающих регионов на основе решения многокритериальных задач // ГИАБ. 2019. № 3. С. 63–73.

17. Качурин Н. М., Стась Г. В., Корчагина Т. В., Змеев М. В. Геомеханические и аэрогазодинамические последствия подработки территорий горных отводов шахт Восточного Донбасса // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2017. Вып. 1. С. 170–182.

18. Gasho E. G., Gasho I. A. Economics and ecology symbiosis: transition to principles of best available techniques // Journal of Physics: Conf. Ser. 2018. P. 22–24.

Поступила в редакцию 24 июня 2021 года

Сведения об авторах:

Валиев Нияз Гадым оглы – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой горного дела Уральского государственного горного университета, главный редактор издания «Известия вузов. Горный журнал». E-mail: gtdf.gd@m.ursmu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5556-2217>

Страданченко Сергей Георгиевич – доктор технических наук, профессор, ректор Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета. E-mail: ssg72@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8621-1144>

Масленников Станислав Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительства и техносферной безопасности Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета. E-mail: mail@sssu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2821-6666>

Голодов Максим Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и техносферной безопасности Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета. E-mail: doc_zamdivr@sssu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3020-6339>

Армейсков Виталий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и техносферной безопасности Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета. E-mail: doc_zamdirahr@sssu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9689-2274>

DOI: 10.21440/0536-1028-2021-7-80-91

Environmental protection of a coal-mining region

Niiiaz G. Valiev¹, Sergei G. Stradanchenko², Stanislav A. Maslennikov², Maksim A. Golodov², Vitalii N. Armeiskov²

¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

² Institute of Service and Entrepreneurship (branch) DSTU, Shakhty, Russia.

Abstract

Research objective is to substantiate the relevance of mining transition to eco-friendly technologies of subsurface use.

Methods of research include analyzing theory and practice of environmental technologies application and carrying out a multifactor experiment.

Results. An efficiency criterion for mineral resources extraction technologies is proposed that involves reducing the effect made by the by-products of mining and processing enterprises on the state of the environment. The problem is considered of minimizing the environmental damage from storing silt coal in dumps and storages by utilizing their components. The mechanism of environmental pollution has been formulated. Aspects of metal recovery from beneficiation tailings in a disintegrator mill are investigated. A reduced threat to living matter is predicted by implementing the concept of radical waste-free processing of substandard mineral raw materials. The need to improve the processes of crushing, fine grinding, and classification of minerals in mills to reduce the waste of coal production, harmful to the environment, is noted.

Conclusions and scope of the results. Deteriorated conditions of mineral deposits development raise the risk of man-made impact on the environment in coal-mining regions. The global human population

grows resulting in increased resources production to respond to resource needs. The growing threat to living matter can be reduced by radical measures, the non-waste processing of substandard mineral raw materials being the priority. The research results can be helpful in the development of deposits of solid metal-containing technologically exposed ores.

Keywords: coal; environment; tails; utilization; metal extraction; disintegrator mill.

REFERENCES

1. Valiev N. G., Propp V. D., Vandyshev A. M. The 100th anniversary of the department of mining engineering of UrSMU. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 8: 130–143. (In Russ.)
2. Golik V. I., Dmitrak Iu. V., Komashchenko V. I., Razorenov Iu. I. Environmental aspects of storing tails of ore dressing in a mountain region. *Ekologiya i promyshlennost Rossii = Ecology and Industry of Russia*. 2018; 22(6): 35–39. (In Russ.)
3. Tolvanen A., Eilu P., Juutinen A., Kangas K., Kivinen M., Markovaara-Koivisto M., Naskali A., Salokannel V., Tuulentie S., Similä Ju. Mining in the Arctic environment – A review from ecological, socioeconomic and legal perspectives. *Journal of Environmental Management*. 2019; 23: 832–844.
4. Domingues Maria S. Q., Baptista Adelina L. F., Diogo Miguel Tato. Engineering complex systems applied to risk management in the mining industry. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2017; 27: 611–616.
5. Golik V. I., Dmitrak Iu. V., Gabaraev O. Z., Kozhiev Kh. Kh. Minimizing the impact of mining on the environment. *Ekologiya i promyshlennost Rossii = Ecology and Industry of Russia*. 2018; 22(6): 26–29. (In Russ.)
6. Zemskov A. N., Liskova M. Iu., Smirnova E. V. The analysis of working conditions of miners and measures dust and gas composition of the atmosphere mines. *Izvestiia Tulskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Nauki o Zemle = Proceedings of the Tula State University. Earth Sciences*. 2017; 2: 58–68. (In Russ.)
7. Liashenko V. I. The scientific and technical preconditions of the improvement in the ecological safety in the mining region. *Chernaia metallurgiya = Ferrous Metallurgy*. 2015; 1: 21–30. (In Russ.)
8. Vintróa C., Sanmiquelb L., Freijoc M. Environmental sustainability in the mining sector: evidence from Catalan companies. *Journal of Cleaner Production*. 2014; 84: 155–163.
9. Chen Kh. L. Brief analysis of the technical points about the tailings pond environmental impact assessment. *Peredovye issledovaniia materialov = Advanced Materials Research*. 2014; 955–959: 1685–1689. (In Russ.)
10. Dmitrak Iu. V. *The theory of grinding load motion and increasing the efficiency of equipment for fine grinding of rocks: DSc in Engineering abstract of diss.* Moscow, 2000. (In Russ.)
11. Doifode S. K., Matani A. G. Effective industrial waste utilization technologies towards cleaner environment. *International Journal of Chemical and Physical Sciences*. 2015; 4; Special Issue; NCSC: 536–540.
12. Golik V. I., Komashchenko V. I., Stradanchenko S. G., Maslennikov S. A., Pushkina V. V. Research technology leaching of metals from the tailings of beneficiation. *Ugol = Coal*. 2012; 9(1038): 91–93. (In Russ.)
13. Razorenov Iu. I., Golik V. I., Kulikov M. M. *Economics and management of mining*. Novocherkassk: YRSPU (NPI) Publishing; 2010. (In Russ.)
14. Komashchenko V. I. Environmental-economical expediency of utilizing mining-industrial wastes for their converting. *Izvestiia Tulskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Nauki o Zemle = Proceedings of the Tula State University. Earth Sciences*. 2015; 4: 23–30. (In Russ.)
15. Golik V. I., Dmitrak Iu. V., Komashchenko V. I., Burdzieva O. G. Geophysical methods of control of ores for leaching. *Geofizika = Geophysics*. 2018; 1: 85–91. (In Russ.)
16. Molev M. D., Armeiskov V. N., Golodov M. A. Geophysical prediction of environmental safety in coal mining regions using complex criteria. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2019; 3: 63–73. (In Russ.)
17. Kachurin N. M., Stas G. V., Korchagina T. V., Zmeev M. V. Geomechanical and aerogasdynamical consequences of underworking mining leases territories of Eastern Donets basin mines. *Izvestiia Tulskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Nauki o Zemle = Proceedings of the Tula State University. Earth Sciences*. 2017; 1: 170–182. (In Russ.)
18. Gasho E. G., Gasho I. A. Economics and ecology symbiosis: transition to principles of best available techniques. *Journal of Physics: Conf. Ser.* 2018. P. 22–24.

Received 24 June 2021

Information about authors:

Niiaz G. Valiev – DSc (Engineering), Professor, Head of the Department of Mining, Editor-in-chief of the "News of the Higher Institutions. Mining Journal", Ural State Mining University. E-mail: gtf.gd@m.ursmu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5556-2217>

Sergei G. Stradanchenko – DSc (Engineering), Professor, Rector, Institute of Services and Entrepreneurship (branch) DSTU. E-mail: ssg72@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8621-1144>

Stanislav A. Maslennikov – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Construction and Technosphere Safety, Institute of Service and Entrepreneurship (branch) DSTU. E-mail: mail@sssu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2821-6666>

Maksim A. Golodov – PhD (Engineering), associate professor of the Department of Construction and Technosphere Safety, Institute of Service and Entrepreneurship (branch) DSTU. E-mail: doc_zamdivr@sssu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3020-6339>

Vitalii N. Armeiskov – PhD (Engineering), associate professor of the Department of Construction and Technosphere Safety, Institute of Service and Entrepreneurship (branch) DSTU. E-mail: doc_zamdirahr@sssu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9689-2274>

Для цитирования: Валиев Н. Г., Странанченко С. Г., Масленников С. А., Голодов М. А., Армейсков В. Н. К концепции охраны окружающей среды угледобывающего региона // Известия вузов. Горный журнал. 2021. № 7. С. 80–91. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-7-80-91

For citation: Valiev N. G., Stradanchenko S. G., Maslennikov S. A., Golodov M. A., Armeiskov V. N. Environmental protection of a coal-mining region. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2021; 7: 80–91 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2021-7-80-91