

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 504.06

Е. Н. Свечкаренко¹, Т. В. Трусова¹, И. И. Гомаль, канд. техн. наук²

1 – Государственное бюджетное учреждение «ДОНГИПРОШАХТ», г. Донецк

2 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ЛИКВИДАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Рассмотрены существующие и перспективные направления снижения вредного воздействия породных отвалов на окружающую среду. Установлено, что в настоящее время, с учетом сложившейся ситуации, наиболее реально и целесообразно осуществлять переработку породы отвалов, как техногенных месторождений, для улучшения экологической обстановки региона и максимального извлечения полезных компонентов для дальнейшего использования в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: породные отвалы, экологическая обстановка, техногенные месторождения, переработка отходов угледобычи

Состояние проблемы

В настоящее время в Донецкой Народной Республике породное хозяйство только ликвидированных шахт и обогатительных фабрик представлено 156 отвалами, общей вместимостью 222553 тыс. м³ с занятием земельных площадей 829,55 га. Породные отвалы оказывают неблагоприятное воздействие на экологическую обстановку региона и являются активными источниками загрязнения воздушной среды, почв, грунтовых и подземных вод.

Накопление, складирование отходов горнодобывающей промышленности на отвалах сопровождается выбросом многочисленных токсичных соединений в атмосферу. Горящие отвалы выделяют в атмосферу множество ядовитых газов – сероводород, диоксиды серы и азота, бензол, оксиды азота и углерода и ряд других парниковых газов [1].

В основном склоны отвалов имеют большую крутизну, что способствует смыву потоками талых и ливневых вод до 400 м³/га в год породы на прилегающие территории, а ветровая эрозия приводит к выносу более 150 т/год породы с гектара его поверхности, при этом рассеивание вредных веществ по розе ветров достигает 3 км [2].

Породы отвалов при взаимодействии с воздухом и выпадающими осадками окисляются, ядовитые продукты окисления смываются в гидрографическую сеть, а также проникают в грунтовые воды, загрязняя их [3].

Проблема ликвидации негативных экологических последствий от терриконов возникла сразу же после начала добычи угля и волнует ученых и производителей всех угледобывающих стран. В западных странах огромные штрафы вынуждают предприятия не выдавать породу на поверхность, а оставлять ее в выработанном пространстве шахт, серьезно заниматься предотвращением и ликвидацией экологического ущерба. В нашей стране законодательство не достаточно стимулирует предприятия заниматься этой проблемой. Например, на шахте им. Бажанова плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в пределах установленных лимитов и штрафные санкции за выброс сверх предельно допустимых концентраций в 2012 г. были сопоставимы со стоимостью трех вагонов угля. Возникает риторический вопрос – будет ли шахта заниматься экологией или ей проще заплатить.

Наряду с негативным воздействием на окружающую среду, породные отвалы в то же время являются ценным источником вторичного сырья, которое можно достаточно эффективно использовать в различных отраслях.

Цель исследования

Разработка комплексного подхода к оценке и решению экологических проблем, вызванных породными отвалами и обоснование направлений переработки их, как техногенных месторождений, для улучшения экологической обстановки региона и максимального извлечения полезных компонентов для дальнейшего использования в различных отраслях промышленности.

Анализ последних исследований и публикаций

Исследования воздействия процесса негативного воздействия терриконов на окружающую среду достаточно глубоко и последовательно изучены, обобщены в научной литературе. Данной проблеме посвящен ряд научных работ зарубежных ученых – С. Дандина, З. Рожанского, Я. Безика, Я. М. Некки, М. Джима Хендри, М. Марциш [3–7], а также отечественных исследователей – Л. Г. Зубовой, А. Р. Зубова, Н. В. Олейника, С. П. Высоцкого, В. Е. Закруткина, Е. В. Гибкова, В. В. Шаповалова, С. З. К. Калаевой [8–14] и других.

Однако в этих работах исследования в основном посвящены одному конкретному вопросу, отсутствует комплексный подход к решению проблемы снижения экологического ущерба, вызванного деструктивным воздействием породных отвалов на окружающую среду.

Изложение основного материала

Несмотря на кажущуюся внешнюю схожесть, каждый террикон является уникальным. Поэтому необходимо, на наш взгляд, использовать комплексный подход к его оценке и идти по нескольким направлениям ликвидации негативного воздействия терриконов на экологию:

1. Оценить техническое состояние террикона:
 - где расположен террикон (в городской черте или за городом);
 - является террикон действующим или нет;
 - по горению (горящие, угасающие, погасшие, негоревшие);
 - по наличию или отсутствию необходимости проведения горнотехнического этапа рекультивации;
 - степень окисления горной породы в нем;
 - расстояние, на котором расположены объекты от террикона;
 - минералогический состав пород отвала в зависимости от степени метаморфизма добываемого угля и свойств вмещающих пород;
2. Оценить степень негативного воздействия, наносимого окружающей среде (воздух, поверхностные и подземные воды, почва и растительность).
3. Определить максимальный экологический ущерб, наносимый терриконом окружающей среде и выбрать наиболее неотложный фактор, который необходимо нейтрализовать в первую очередь.
4. Изучить существующие и перспективные методы решения поставленных задач, выбрать наиболее эффективные и учитывающие реальные условия.
5. Провести технико-экономическую оценку выбранных технологий.
6. Разработать организационно-технологические мероприятия – определить источник финансирования, наличие технологии и оборудования, методы и способы рекультивации.
7. Определить приоритетные направления использования породы отвалов, например, если в породах отвала имеются редкоземельные элементы в количестве достаточном для их экономически выгодного извлечения, то естественно использовать породы для отсыпки балластного слоя при строительстве дорог явно нецелесообразно.

Рассмотрим более подробно наиболее перспективные, на наш взгляд, методы снижения экологического ущерба от терриконов (рисунок).

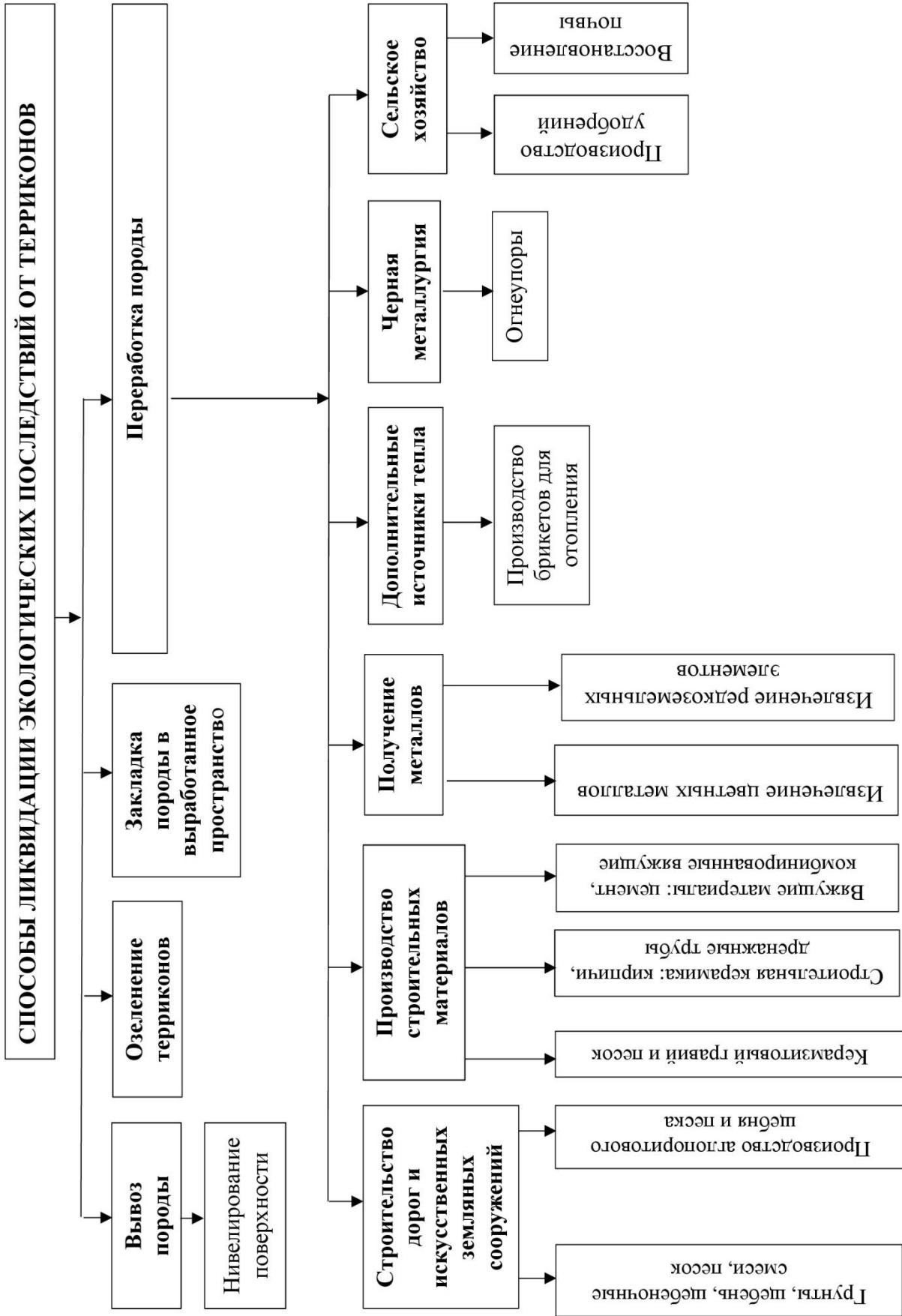


Рисунок – Укрупненная структурная схема способов ликвидации экологических последствий от терриконов

Самым действенным способом ликвидации терриконов, который решает практически все возникшие экологические проблемы, является вывоз породы с них за пределы города, в балки и овраги, для нивелирования поверхности с последующей ее рекультивацией. При этом снижается размер экологической платы за размещение отходов производства, высвобождаются значительные площади дефицитной и дорогой земли в городской среде. Стоимость 1 га земли в Донецке в зависимости от района колеблется от 171 400 до 975 100 \$ и составляет в среднем по городу 434 400 \$ [15]. Площадь под терриконами составляет около 1000 га, а с учетом санитарно-защитной зоны, которая согласно действующему законодательству должна быть вокруг террикона шириной 500 м, эта площадь значительно увеличивается. Таким образом за счет продажи высвободившихся территорий можно получить около 360 млн долларов и возратить ценные земельные площади в народное хозяйство [15]. При восстановлении экономики Донбасса стоимость и востребованность земельных ресурсов будет неуклонно возрастать.

В Донецке уже был некоторый положительный опыт ликвидации терриконов, несколько жилых домов и общественных зданий в центре города были построены на территории бывших терриконов. Порода терриконов была использована при строительстве скоростной объездной дороги.

Однако вывоз породы сопряжен с большими финансовыми издержками, необходимостью привлечения огромного числа автомобилей. Большегрузные автомобили практически уничтожают дороги по пути следования и существенно затрудняют логистику городского транспорта. Кроме того, происходит интенсивное запыление территории возле террикона и по пути следования автомобилей.

В работах [9, 16–18] утверждается, что наиболее эффективным направлением оптимизации терриконовых ландшафтов в городской среде является лесная рекультивация. С этим трудно не согласиться. При озеленении поверхности отвалов дефляция практически прекращается; пыль поглощается насаждениями; появляется возможность зарегулирования поверхностного стока и предотвращения эрозионных процессов; происходит замедление процессов горения, так как корни деревьев удерживают влагу осадков, без которой невозможно окисление пирита расположенных ниже слоев, влага проникает неглубоко, т. е. увлажняет только верхний перегоревший слой; позволяет восстановить энергетический баланс и биологическую продуктивность пахотных земель вокруг отвалов до уровня естественной [9].

Имеется незначительный положительный опыт работы в данном направлении. Согласно, данным ДОД ГК Укруглереструктуризации [15], насчитывается всего 24 полностью и 10 частично залесенных отвалов, расположенных в городах Донецк, Макеевка, Торез. Это связано с огромными подготовительными организационно-технологическими мероприятиями: необходима предварительная горнотехническая рекультивация терриконов, завоз грунта, заготовка саженцев специальных пород деревьев и т. д. Кроме того, озеленение на горящих отвалах, которых хотя и меньшинство (около 15 %), существенно затруднено. Но самое главное, лесные насаждения растут несколько лет, а иногда надо снизить негативное экологическое влияние отвалов, как говорится «здесь и сейчас».

Теоретически породу отвалов можно использовать в качестве закладного материала, однако технологические транспортные цепочки шахт запроектированы для выдачи угля и породы из шахты. Поэтому для спуска закладочного материала в шахту необходимо реконструировать оборудование, перестраивать логистику, что весьма затратно и практически невозможно в условиях действующего предприятия без его остановки. Кроме того, в связи с массовым закрытием угольных шахт объем выработанного пространства действующих шахт, в которое можно закладывать породу, значительно меньше объема накопленных породных отвалов.

Вывоз и озеленение бесспорно являются самыми эффективными направлениями борьбы с экологическим ущербом от терриконов. Однако для вывоза нужны огромные фи-

нансовые ресурсы и их возможно привлечь только при острой необходимости – или нужна площадь под строительство особо важных объектов, или необходимо предотвратить катастрофические экологические последствия. Реально такие средства можно получить только от заинтересованных крупных инвесторов или государственного бюджета. Озеленение требует также существенных финансовых затрат и самое главное – положительный эффект можно получить в сравнительно далекой перспективе.

Таким образом, в настоящее время, с учетом сложившейся ситуации, эти направления, как и использование породы отвалов в качестве закладного материала, в ближайшей перспективе осуществить практически невозможно. Поэтому, на наш взгляд, с учетом сложившейся ситуации целесообразно осуществлять переработку породы отвалов, реализовывать полученную продукцию и на полученные средства осуществлять экологические мероприятия. Стоимость утилизации терриконов будет определяться стоимостью конечной продукции, получаемой из породы отвалов. При этом целесообразно привлекать к этой работе малые и средние предприятия, как более гибкие и позволяющие быстро начать производство.

Переработка породных отвалов является также одним из направлений диверсификации производства ликвидированных шахт, обеспечивающих освоение новых видов производств на базе техногенных месторождений. Огромные запасы техногенного сырья в породных отвалах, разработка которых является гораздо менее затратной по сравнению с добычей полезных ископаемых, позволяют сделать вывод о перспективности их разработки.

Однако необходимо комплексно подходить к выбору технологии переработки отвалов. В соответствии с минералогическим составом породы вначале необходимо определить наличие всех полезных компонентов. Для полного их извлечения, снижения затрат и получения максимального экономического эффекта необходимо определить последовательность выполнения таким образом, чтобы не потерять другие полезные компоненты.

Кроме того, очень часто для одной технологии, например, извлечение угля, необходимо дробление породы, грохочение, сепарирование, обезвоживание – эти все или отдельные операции необходимы и для других технологий. Правильное планирование порядка применения выбранных технологий переработки отвалов позволит сэкономить средства на выполнение данных подготовительных операций.

И только после извлечения всех возможных полезных компонентов оставшуюся пустую породу можно уже использовать для менее ответственных направлений – дорожное строительство, нивелирование земной поверхности и т. д.

Породу отвалов возможно использовать в качестве энергетического сырья. Согласно разным источникам [8, 12] в породных отвалах находится 12–25 % органического углерода. Разработаны различные технологии, позволяющие утилизировать отходы угольной промышленности и перерабатывать их в топливо. Учеными Донецкого национального технического университета предложена обогатительная мини-фабрика, представляющая собой технологический комплекс, состоящий из вибрационных грохотов и сепараторов, которую можно размещать непосредственно у шахтных отвалов [19]. В Национальном горном университете (г. Днепропетровск) предложен способ окускования топлива органического происхождения и установка для его реализации [20], позволяющие формировать из углеотходов топливные брикеты, имеющие высокие теплоэнергетические (2000–4500 кДж/кг) и механические свойства. Работы в данном направлении ведутся и в других угледобывающих странах, например, в Польше есть разработки по извлечению угля из породных отвалов [7].

Породы угольных отвалов предлагается также применять в сельском хозяйстве. В их состав входят необходимые растениям микроэлементы В, Zn, Ni, Mo, Mn, Cu, Co и органические вещества, позволяющее получать комплексное удобрение, повышающее биологическую активность почв и способствующее росту и развитию растений [9]. Авторы предлагают отвальные породы отнести к органоминеральному сырью, которое можно эффективно использовать в сельском хозяйстве для восстановления кислых и подверженных эрозии почв.

Породные отвалы угольных шахт Донбасса являются техногенными месторождениями полезных ископаемых, в них содержатся цветные, редкие и благородные металлы, в том числе также достаточно высокое содержание Al, Ga, Ge, Bi и т. д. В работах [8, 21] установлено, что в породных отвалах содержится до 25 % глинозема, сырья для производства алюминия, проведен анализ существующих и предложена новая технология извлечения глинозема из техногенных месторождений с низким содержанием алюминия.

Ценными и потенциально-ценными элементами, которые находятся в составе породных отвалов, являются германий, галлий, свинец, молибден, никель, кобальт, олово, цинк, радиоактивные элементы и др. Содержание большинства этих компонентов обычно близко к кларковым значениям и согласно инструкции [22] определены как «малые» элементы, которые подразделяются на:

- малые, с их содержанием в полезных ископаемых – 1000–10 г/т;
- редкие – 10–0,1 г/т;
- ультраредкие – менее 0,1 г/т.

Угольные месторождения формировались при различных условиях. Это отразилось на накоплении и распределении ценных элементов в залежах угля различной степени метаморфизма. Поскольку метаморфизм угля и породы тесно связаны, степень метаморфизма угля служит критерием метаморфизма вмещающих пород. Соответственно отвалы, которые отсыпаются из вмещающих пород, можно классифицировать по степени метаморфизма как слабо-, средне-, и сильнометаморфизированные [8]. В зависимости от степени метаморфизма в породе отвалов отмечается различное содержание компонентов. В слабометаморфизированных породах, как правило, отмечается более высокое содержание ценных компонентов в сравнении с сильнометаморфизированными породами. Содержание малых компонентов является основой для технико-экономического обоснования их промышленного извлечения.

В ГБУ «ДОНГИПРОШАХТ» сохранены уникальные архивы, что позволило провести детальный анализ технических характеристик терриконов, их минералогического состава и наметить направления переработки. Целесообразность извлечения ценных и потенциально ценных компонентов рассмотрим на примере типичных для Донбасса породных отвалов Торезско-Снежнянского района: № 2 и № 3 шахты № 3-бис; № 4 шахты № 9; № 2 шахты им. К. И. Киселева и отвала ЦОФ «Снежнянская». Рассматриваемые отвалы являются недействующими и расположены с соблюдением санитарно-защитной зоны до жилой застройки, следовательно, их переработка не окажет непосредственного негативного влияния на здоровье населения прилегающих территорий. В соответствии с паспортами породных отвалов эксплуатация их была прекращена от 10 до 60 лет назад.

Содержание ценных и потенциально ценных компонентов в рассматриваемых породных отвалах приняты на основании отчетов геологических исследований шахт [23–26].

Для обоснования извлечения малых химических компонентов из породных отвалов рассматривается количественная оценка их содержания, которая является одним из критериев оценки технико-экономической целесообразности их извлечения при переработке породных отвалов. Оценка использования породы как промышленного сырья должна содержать в себе экономическую и экологическую составляющие, предполагающую снижение ущерба природной среде [15]. Содержание малых элементов, определяющее целесообразность их извлечения, принято согласно инструкции [22] и приведено в таблице, анализ которой показывает, что содержание германия в породе данных отвалов составляет от 0,83 до 1,4 г/т. В соответствии с протоколом Государственной комиссии по запасам № 1476-к [23] промышленное значение для извлечения германия имеют энергетические угли только марок «Г» и «Д» с содержанием германия не менее 10 г/т.

Галлий добывается исключительно вместе с германием и представляет практический интерес при его содержании не менее 10 г/т при условии, что содержание германия больше 5 г/т.

Таблица – Содержание ценных и потенциально ценных компонентов в анализируемых породных отвалах

| Наименование и обозначение элементов | Содержание компонентов отходов угледобычи и углепереработки, г/т | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------------|------------------------------------|---------------------|---|
| | Отвалы № 2 и № 3 шахты № 3-бис | Отвал № 4 шахты № 9 | Отвал № 2 шахты им. К. И. Киселева | Отвал ЦОФ «Снежная» | Содержание малых элементов, определяющее целесообразность их извлечения |
| Литий, Li | 25,7 | 31 | 49,75 | 31 | 100 |
| Бериллий, Be | 2 | 2 | 1,93 | 2 | 50 |
| Бор, B | 55,7 | – | – | – | 200 |
| Титан, Ti | 4285,7 | 4367 | 963,00 | 4367 | 4500 (кларк) |
| Ванадий, V | 95,71 | 97 | 28,25 | 97 | 100 |
| Хром, Cr | 107,1 | 99 | 25,00 | 99 | 100 |
| Марганец, Mn | 1157,1 | 726 | 595,25 | 726 | 1000 |
| Кобальт, Co | 15,7 | 20 | 14,00 | 20 | 100 |
| Никель, Ni | 50 | 54 | 30,50 | 54 | 100 |
| Медь, Cu | 75,7 | 60 | 30,50 | 60 | 100 |
| Цинк, Zn | 75,7 | 99 | 48,50 | 99 | 100 |
| Галий, Ga | 8,3 | – | 8,38 | – | 20 |
| Германий, Ge | 1,4 | – | 0,83 | – | 10 |
| Мышьяк, As | – | – | 191,67 | – | 300 |
| Свинец, Pb | 19,3 | 30 | 18,75 | 30 | 50 |
| Вольфрам, W | < 3 | – | 3,00 | – | 50 |
| Висмут, Bi | 1,84 | 1,8 | 1,65 | 1,8 | 20 |
| Ниобий, Nb | 17,9 | 18 | 3,50 | 18 | 100 |
| Молибден, Mo | 1,76 | 2,1 | 3,00 | 2,1 | 100 |
| Олово, Sn | 3,7 | 6,8 | 3,20 | 6,8 | 50 |
| Цирконий, Zr | – | 214 | 79,50 | 214 | 500 |
| Иттербий, Yb | 2,7 | 2,9 | – | 2,9 | Количественное изучение производится совместно для La, Y, Yb, Ce, Sc. $\Sigma \geq 500$ |
| Скандий, Sc | 7,3 | 6,8 | 5,75 | 6,8 | |
| Лантан, La | 14,3 | 17 | 13,75 | 17 | |
| Иттрий, Y | 19,3 | 19 | 27,00 | 19 | |
| Церий, Ce | < 30 | – | – | – | |
| Барий, Ba | 471,4 | 537 | 151,50 | 537 | 1000 |
| Стронций, Sr | < 300 | – | – | – | 1000 |
| Серебро, Ag | 0,14 | 0,3 | 0,03 | 0,3 | 50 |
| Кадмий, Cd | < 2 | – | – | – | 10 |
| Сурьма, Sb | < 50 | – | – | – | 300 |
| Золото, Au | < 30 | – | – | – | 0,1 |
| Ртуть, Hg | 0,035 | – | 0,12 | – | 1–0,5 |
| Индий, In | < 10 | – | – | – | 10 |
| Таллий, Tl | < 10 | – | – | – | 10 |
| Фтор, F | – | – | 79,00 | – | 500 |

Анализ содержания малых элементов (германий, галлий, скандий, молибден, цинк, свинец и др.) в предлагаемых к переработке породных отвалах Торезско-Снежнянского района показал, что при добыче высокометаморфизированных углей марки «А» количество ценных и потенциально-ценных компонентов значительно меньше содержания, определяющего целесообразность их извлечения и поэтому в данный момент не имеет промышленного значения. Поэтому их целесообразно использовать для производства строительных материалов и дорожного строительства.

Выводы

Необходимо комплексно подходить к оценке породных отвалов, выбору всех возможных способов ликвидации экологического ущерба и технологий переработки породы отвалов и последовательности их применения.

Переработка породных отвалов является эффективным методом снижения экологической нагрузки на окружающую среду и одновременно источником сырья для различных отраслей промышленности. Она должна производиться с обоснованием извлечения из породы всех полезных компонентов: угольной составляющей, сырья для стройиндустрии и других отраслей народного хозяйства с учетом целесообразности извлечения редкоземельных элементов, находящихся в их составе. Такой подход, положенный в основу освоения техногенных месторождений, позволит перейти к рациональному природопользованию с обеспечением взаимосвязей разных экологических и социально-экономических факторов, результатом которого станет снижение негативного влияния последствий деятельности горных предприятий на окружающую среду.

Список литературы

1. The origin of GHG's emission from self-heating coal waste dump: Atmogeochemical interactions and environmental implications / M. Górka, Ya. Bezyk, D. Strapoć, Ja. Nęcki. – Текст : электронный // International Journal of Coal Geology. – 2022. – V. 250. – 103912 p. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.coal.2021.103912> (дата обращения: 15.07.2024).
2. Высоцкий, С. П. Экологический мониторинг породных отвалов горнопромышленных агломераций / С. П. Высоцкий, Д. А. Козырь // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 11. – С. 37–46. – DOI: 10.18799/24131830/2021/11/2964.
3. Welch, Ch. The geochemistry and hydrology of coal waste rock dumps: A systematic global review / Ch. Welch, S. Lee Barbour, M. Jim Hendry. – Текст : электронный // The Science of the Total Environment. – 2021. – Vol. 795. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148798. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34247080/> (дата обращения: 15.07.2024).
4. A review on the geotechnical response of fly ash-colliery spoil blend and stability of coal mine dump / Sh. Dandin, M. Kulkarni, M. Wagale, S. Sathe. – Текст : электронный // Cleaner Waste Systems. – 2022 – Vol. 3. – 100040 p. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100040> (дата обращения: 15.07.2024).
5. Rózański, Z. Management of mining waste and the areas of its storage environmental aspects / Z. Rózański. – Текст : электронный // Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management. – 2019. – Vol. 35, Issue 3. – P. 119–142. – DOI: 10.24425/gsm.2019.128525 (дата обращения: 15.07.2024).
6. Marcisz, M. Possibilities of reclamation and using of large-surface coal mining dumping grounds in Poland / M. Marcisz, K. Probiez, Ł. Gawor. – Текст : электронный // Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management. – 2020. – Vol. 36, Issue 1. – P. 105–122. – URL: <https://gsm.min-pan.krakow.pl/pdf-119899-48682?filename=Possibilities%20of.pdf> (дата обращения: 15.07.2024).
7. Coal recovery from a coal waste dump / Zenon Rózański, Tomasz Suponik, Piotr Matusiak [et al.]. – Текст : электронный // E3S Web of Conferences. – 2016. – Vol. 8. – URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2016/03/e3sconf_mec2016_01052/e3sconf_mec2016_01052.html (дата обращения: 15.07.2024).
8. Получение металлов из терриконов угольных шахт Донбасса : монография / Л. Г. Зубова, А. Р. Зубов, К. И. Верех-Белюсова, Н. В. Олейник. – Луганск : Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 144 с. – ISBN 978-966-590-946-0.
9. Зубова, Л. Г. Терриконы и их лесная рекультивация : монография / Л. Г. Зубова, А. Р. Зубов, А. А. Зубов. – Волгоград : ФНЦ агроэкологии РАН, 2022. – 372 с. – ISBN 978-5-6045498-3-4.
10. Угледобывающие районы как очаг экологической напряженности / В. Е. Закруткин, Е. В. Гибков, Г. Ю. Складенко, О. С. Решетняк // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия

«Естественные науки». – 2018. – № 2(198). – С. 75–83.

11. Терриконы углепромышленных районов Донбасса как источник воздействия на окружающую среду / В. Е. Закруткин, Л. Г. Зубова, Е. В. Гибков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия «Естественные науки». – 2017. – № 3-1(195-1). – С. 69–75.
12. Терриконы : монография / Л. Г. Зубова, А. Р. Зубов, А. А. Зубов [и др.]. – Луганск : Ноулидж, 2015. – 712 с. – ISBN 978-617-579-953-6.
13. Шаповалов, В. В. Ресурсосберегающая технология утилизации породных отвалов горнодобывающих производств / В. В. Шаповалов, Д. А. Козырь // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334, № 4. – С. 175–184. – DOI 10.18799/24131830/2023/4/3965.
14. Породные отвалы угольных шахт России / С. З. К. Калаева, С. М. Богданов, Н. О. Лукин, А. А. Огер // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2016. – № 1. – С. 3–23.
15. Хоменко, Я. В. Оценка проблемы терриконов Донбасса / Я. В. Хоменко, А. С. Солдатова // Економічний вісник Донбасу. – 2015. – № 1(39). – С. 12–19.
16. Зубова, Л. Г. Лесная рекультивация терриконов / Л. Г. Зубова, А. Р. Зубов, А. А. Зубов // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2020. – Т. 16, № 3. – С. 64–73.
17. Проблемы рекультивации угольных шахт Донбасса / М. З. Мадаева, Е. А. Хадзарагова, В. Б. Келехсаев, А. С. Олисаев // Устойчивое развитие горных территорий. – 2019. – Т. 11, № 1(39). – С. 55–64. – DOI: 10.21177/1998-4502-2019-11-1-55-64.
18. Жуков, С. П. Древесные растения на породных отвалах Донецко-Макеевской городской агломерации / С. П. Жуков // Экобиотех. – 2020. – Т. 3, № 3. – С. 412–417. – DOI: 10.31163/2618-964X-2020-3-3-412-417.
19. Разработка донецких ученых позволит добывать до 12 % угля из переработанной породы терриконов. – Текст : электронный // Донецкое агентство новостей : [сайт]. – 2015. – 21 сент. – URL: <https://dan-news.ru/culture/razrabotka-doneckix-uchenyx-pozvolit-dobyvat-do-12-uglya-iz-pererabotannoj-porody-terrikonov/?ysclid=ly5xartewa373992356> (дата обращения: 15.07.2024).
20. Патент № 2333938 Российская Федерация, МПК C10L 5/08 (2006.01), B30B 11/22 (2006.01). Способ окускования топлива органического происхождения и установка для его реализации : № 2005126491/04 : заявл. 22.08.2005 : опубл. 27.02.2007 / П. И. Пилов, В. И. Бондаренко, В. И. Мальченко [и др.]. – Текст : электронный ; заявитель Национальный горный университет (UA), Научно-исследовательский институт горных проблем (UA). – 7 с. // Yandex.ru : [сайт]. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2333938C2_20080920 (дата обращения: 15.07.2024).
21. Шаповалов, В. В. Ресурсосберегающая технология комплексной утилизации отвалов угледобывающих производств с получением глинозема и вяжущих материалов / В. В. Шаповалов, Д. А. Козырь // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2021. – № 5(151). – С. 54–60.
22. Инструкция по изучению и оценке попутных твердых полезных ископаемых и компонентов при разведке месторождений угля и горючих сланцев. – Москва : Наука, 1987. – 136 с.
23. Отчет о разведке месторождений антрацита. Разведка и переоценка запасов антрацита полей шахт № 3-бис, «Объединенная», № 2 и № 43 ГХК «Торезантрацит» / ПО «Укруглегеология». Госрегистрация № У-99-36/10 – Донецк, 2003. – Книга 1. – 244 с.
24. Геологический отчет о доразведке резервного блока шахты № 9 и полей шахт № 4, 24 комбината «Торезантрацит» / Главное управление геологии и технического бурения / Трест шахтной геологии и технического бурения / Западноантрацитовское управление. Госрегистрация № 39-74-10/2. – Донецк, 1971. – 316 с.
25. Геологический отчет о доразведке поля резервного блока шахты им. К. И. Киселева ПО «Торезантрацит» / ПО «Укруглегеология» / Западноантрацитовская ГРЭ. Госрегистрация № 39-79-10/1. – Донецк, 1978. – 211 с.
26. Геологический отчет о переоценке запасов антрацита поля шахты им. К. И. Киселева ПО «Торезантрацит» / ПО «Укруглегеология» / Западноантрацитовская ГРЭ. Госрегистрация №39-86-16/1. – Донецк, 1987. – Книга 1. – 242 с.

Е. Н. Свечкаренок¹, Т. В. Трусова¹, И. И. Гомаль²

*1 – Государственное бюджетное учреждение «ДОНГИПРОШАХТ», г. Донецк
2 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк*
Комплексный подход к ликвидации экологического ущерба от породных отвалов угольных шахт

Породные отвалы оказывают неблагоприятное воздействие на экологическую обстановку региона и являются активными источниками загрязнения воздушной среды, почв, грунтовых и подземных вод. Рассмотрены существующие и перспективные направления снижения вредного воздействия породных отвалов на окружающую среду. Наряду с негативным воздействием на окружающую среду, породные отвалы в то же время являются ценным источником вторичного сырья, которое можно достаточно эффективно использовать в различных отраслях промышленности. Предложен комплексный подход к оценке технического состояния терриконов,

степени их негативного воздействия на окружающую среду, приоритетных направлений использования породы отвалов. Установлено, что в настоящее время, с учетом сложившейся ситуации, наиболее реально и целесообразно осуществлять переработку породы отвалов, как техногенных месторождений, для улучшения экологической обстановки региона и максимального извлечения полезных компонентов для дальнейшего использования. Необходимо комплексно подходить к выбору технологии переработки отвалов. В соответствии с минералогическим составом породы вначале необходимо определить наличие всех полезных компонентов. Для полного их извлечения, снижения затрат и получения максимального экономического эффекта необходимо определить последовательность выполнения работ таким образом, чтобы не потерять другие полезные компоненты. Породные отвалы угольных шахт Донбасса являются техногенными месторождениями полезных ископаемых, в них содержатся цветные, редкие и благородные металлы, в том числе ценные и потенциально-ценные элементы: германий, галлий, свинец, молибден, никель, кобальт, олово, цинк, радиоактивные элементы и др. Такой подход, положенный в основу освоения техногенных месторождений, позволит перейти к рациональному природопользованию с обеспечением взаимосвязей разных экологических и социально-экономических факторов, результатом которого станет снижение негативного влияния последствий деятельности горных предприятий на окружающую среду.

ПОРОДНЫЕ ОТВАЛЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА, ТЕХНОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ

E. N. Svechkarenko¹, T. V. Trusova¹, I. I. Gomal²
1 – State Budget Institution «DONGIPROSHAHT», Donetsk
2 – Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Donetsk National Technical University», Donetsk

Integrated Approach to the Environmental Damage Elimination from Coal Mine Waste Dumps

Rock dumps have an adverse impact on the ecological situation of the region and are active sources of air, soil, ground and groundwater pollution. Existing and promising directions for reducing the harmful effects of rock dumps on the environment are considered. Along with the negative impact on the environment, rock dumps are at the same time a valuable source of secondary raw materials that can be used quite effectively in various industries. The integrated approach to assessing the technical condition of waste heaps, the degree of their negative impact on the environment, and priority areas for the use of waste dump rocks is proposed. It is established that at present, taking into account the current situation, it is most realistic and expedient to process dump rocks as technogenic deposits in order to improve the environmental situation of the region and maximize the extraction of useful components for further use. It is necessary to take a comprehensive approach to the choice of waste processing technology. In accordance with the mineralogical composition of the rock, it is first necessary to determine all useful components. To fully extract them, reduce costs and obtain maximum economic effect, it is necessary to determine the sequence of execution in such a way as not to lose other useful components. Rock dumps of Donbass coal mines are technogenic deposits of minerals, they contain non-ferrous, rare and noble metals, including valuable and potentially valuable elements: germanium, gallium, lead, molybdenum, nickel, cobalt, tin, zinc, radioactive elements and etc. This approach, which forms the basis for the development of technogenic deposits, will make it possible to move to rational use of natural resources, ensuring the interrelationships of various environmental and socio-economic factors, which will result in a reduction in the negative impact of the consequences of mining enterprises on the environment.

ROCK DAMPS, ECOLOGICAL CONDITION, TECHNOGENIC DEPOSITS, COAL MINING WASTE PROCESSING

Сведения об авторах:

Е. Н. Свечкаренко

Телефон: +7 949 320-58-28
 Эл. почта: elena.svechkarenko@rambler.ru

Т. В. Трусова

Телефон: +7 949 419-02-60
 Эл. почта: tatikkv@mail.ru

И. И. Гомаль

SPIN-код РИНЦ: 1496-5099
 ORCID ID: 0000-0002-6730-4899
 Телефон: +7 949 320-59-14
 Эл. почта: ivan.gomal.77@mail.ru

Статья поступила 16.07.2024

© Е. Н. Свечкаренко, Т. В. Трусова, И. И. Гомаль, 2024

*Рецензент: В. В. Лихачева, канд. техн. наук, доц.,
 Автомобильно-дорожный институт
 (филиал) ДонНТУ в г. Горловка*