



УДК 504.06

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Михайлов В.Г.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева



Информация о статье

Поступила:

18 декабря 2022 г.

Рецензирование:

16 февраля 2023 г.

Принята к печати:

02 марта 2023 г.

Ключевые слова:

Кемеровская область –
Кузбасс, геоэкология,
безопасность, окружающая
среда, негативное воздействие,
мониторинг, технологические
решения

Аннотация.

Экологическая ситуация Кемеровской области – Кузбасса определяется наличием таких базовых отраслей промышленности, как угледобыча и углепереработка, химическая, металлургическая и энергетика. Несмотря на обеспечение социально-экономической устойчивости региона, сосредоточение большого количества предприятий приводит к повышенной экологической нагрузке на окружающую среду, которая выражается в выбросах в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников загрязнения, в сбросах загрязняющих веществ со сточными водами в поверхностные и подземные водные источники, в образовании и размещении отходов производства и потребления, а также прочих видах негативного воздействия (шум, вибрация, электромагнитное излучение и другие). В таких условиях большое значение имеет выбор эффективных направлений обеспечения геоэкологической безопасности, включая организационные и технологические решения, в том числе построенные на принципах наилучших доступных технологий.

Для цитирования: Михайлов В.Г. Обзор современных направлений обеспечения геоэкологической безопасности // Техника и технология горного дела. – 2023. – № 1(20). – С. 71-97. – DOI: 10.26730/2618-7434-2023-1-71-97, EDN: UNQSGF

Введение

Необходимость обеспечения геоэкологической безопасности определяется текущим уровнем негативного воздействия на окружающую среду в регионе [1, 2].

В 2021 г. суммарный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составил 1,67 млн т, что на 0,6% меньше соответствующей величины 2020 года. Всего выбросы от стационарных источников составили 1,6 млн т или 96% от суммарного объема выбросов [3]. На рис. 1 представлена динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников, откуда видно, что за период 2010-2021 гг. суммарный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух увеличился на 53,1 тыс. т, что составило 3,3%, при этом объем выбросов от стационарных источников увеличился на 198,4 тыс. т или 14,1%. Положительной тенденцией является существенное снижение выбросов от передвижных источников – от 209,9 тыс. т в 2010 г. до 64,6 тыс. т в 2021 г.

Основными стационарными источниками загрязнения атмосферного воздуха на территории области являются предприятия по добыче полезных ископаемых, обрабатывающие производства, обеспечение электрической энергией, газом, паром, кондиционирование воздуха [3, 4]. Другим видом негативного воздействия на окружающую среду являются сбросы загрязняющих веществ со сточными водами. На рис. 2 представлена динамика сбросов загрязняющих веществ с массой более 1000 т в год за период 2019-2021 гг.

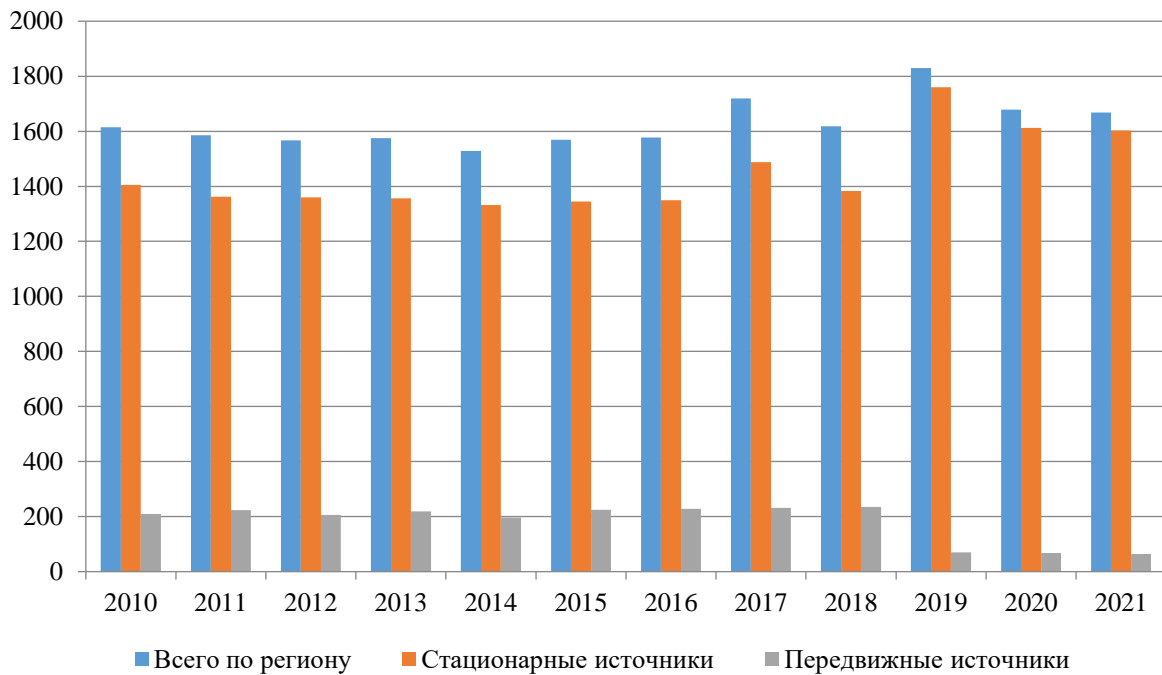


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников, тыс. т [3]

Fig. 1. Dynamics of emissions of pollutants into the atmospheric air from stationary and mobile sources, thousand tons [3].

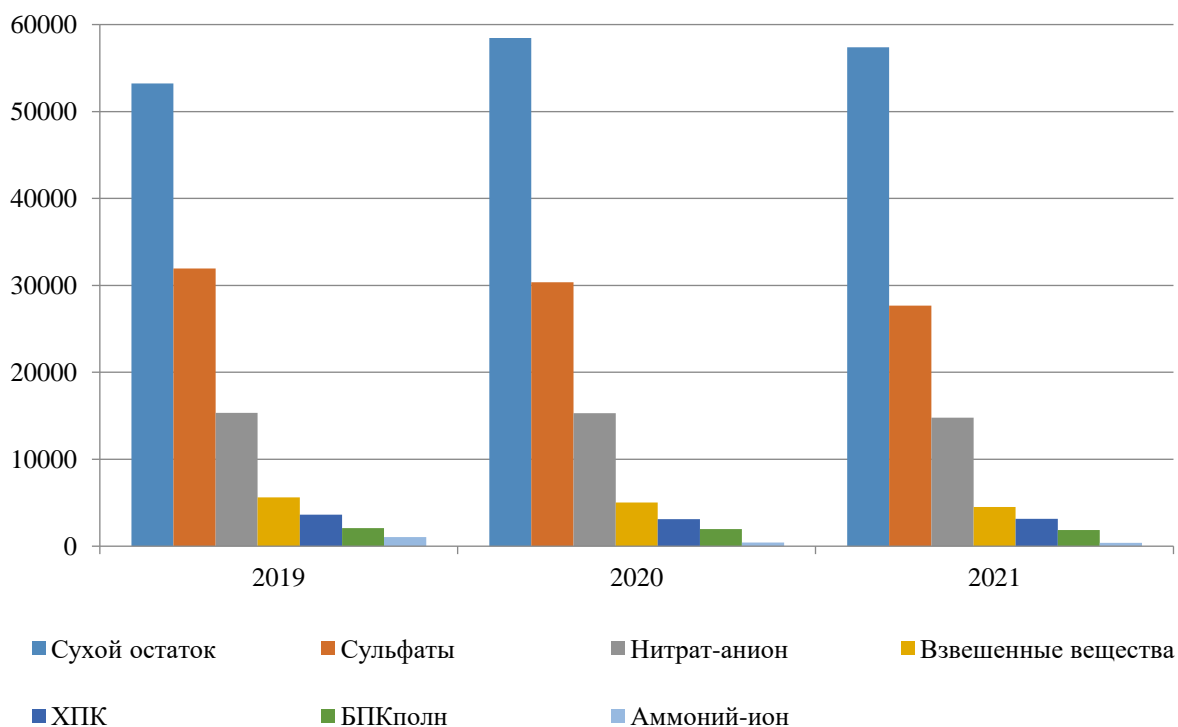


Рис. 2. Динамика сбросов загрязняющих веществ с массой более 1000 т в год за период 2019-2021 гг. [3]

Fig. 2. Dynamics of discharges of pollutants with a mass of more than 1000 tons per year for the period 2019-2021. [3]



Из рис. 2 видно, что максимальное значение массы по сухому остатку наблюдается в 2020 г. и составляет 58460 т. В 2021 г. существенное снижение сброса загрязняющих веществ произошло по сульфатам (на 2688 т) и сухому остатку (на 1060 т). Масса сброса по другим веществам изменилась незначительно.

Основной геоэкологической проблемой Кузбасса является образование отходов производства и потребления. В 2021 г. в регионе всего образовалось 3,8 млрд т отходов, причем на добычу полезных ископаемых приходится 3,62 млрд т, что составляет 95,3% от общего количества.

На рис. 3 представлена динамика утилизированных, использованных, обезвреженных, а также хранимых и захороненных отходов от добычи полезных ископаемых по Кемеровской области [3], анализ которой показывает, что за исследуемый период произошло снижение количества образования отходов первой группы (на 0,33 млрд т или 17,7%) и увеличение массы отходов второй группы (на 0,68 млрд т или 52,3%).



Рис. 3. Динамика отходов производства потребления Кузбасса, образовавшихся от добычи полезных ископаемых, в зависимости от способа обращения, млрд т [3]

Fig. 3. Dynamics of Kuzbass consumption waste generated from mining, depending on the method of formation, billion tons [3]

Анализ известных методов оценки и мониторинга негативного воздействия на окружающую среду

Результаты исследования авторов [6, 7] позволяют сделать вывод о том, что пыление хвостохранилищ вносит существенный вклад в процесс негативного воздействия на окружающую среду. При этом происходит формирование зон повышенного техногенного загрязнения воздушного бассейна и среды обитания в целом, образуются ореолы интенсивного загрязнения не только в районе хвостохранилищ, но и на значительных расстояниях, что приводит к снижению качества жизни населения, проживающего в прилегающих районах [6, 7].

Авторы [8] отмечают, что комплексную оценку эколого-экономической эффективности доработки оставшихся запасов коксующихся углей на закрываемых шахтах целесообразно осуществлять на основе интегрированных относительных показателей ценности дорабатываемых запасов и антропогенного воздействия на окружающую среду закрываемых шахт. При этом оценка эколого-экономической эффективности доработки оставшихся запасов углей на закрываемых шахтах с учетом абсолютных значений не обеспечивает наилучшего решения из-за многообразия переменных. В данном исследовании эколого-экономическая оценка, влияющая на результативность доработки оставшихся запасов коксующихся углей закрываемых шахт и с учетом ввода новых шахт осуществляется на основе разности ценности дорабатываемых запасов углей и экологических последствий закрытия шахт. Определяющим



уровнем целесообразности доработки оставшихся запасов выступает, по мнению авторов, относительный интегральный эколого-экономический критерий В.Г. Гридина.

Анализ информации по шахтам Прокопьевского района выявил следующую закономерность:

$$J_i = \alpha_{1i} + \alpha_{2i} + \alpha_{3i}A + \alpha_{4i}E, \quad (1)$$

где J_i – интенсивность воздействия на компоненты окружающей среды; α_{1i} , α_{2i} , α_{3i} , α_{4i} – эмпирические коэффициенты; A – производственная мощность шахты, тыс. т/год; E – энергопотребление на рассматриваемой шахте за отчетный период, тыс. кВт/год; t – время; i – индекс вида воздействия на окружающую среду. Анализ показывает, что эта закономерность в большинстве случаев удовлетворительно отражает взаимосвязь интенсивности воздействия на компоненты окружающей среды с факториальными признаками.

Для комплексной оценки экологической безопасности геотехнологии целесообразно также использовать интегральный показатель экологической безопасности (Integral environmental Safety Index), который задан следующей формулой:

$$IESI = \sum_{j=1}^3 \chi_j J_j, \quad (2)$$

где $IESI$ – интегральный показатель экологической безопасности; χ_j – весовые коэффициенты, задаваемые экспертами и учитывающие экологическое состояние рассматриваемой территории угледобывающего региона. Экологически безопасной геотехнологией при использовании пороговой концепции допустимого воздействия будет являться такая технология подземной угледобычи, при которой выполняется условие, заданное следующим неравенством: $IESI < ПДЗ\{IESI\}$, где $ПДЗ\{IESI\}$ – предельно допустимое значение интегрального показателя экологической безопасности. Практическая апробация усовершенствованной методики оценки воздействия на окружающую среду при подземной добыче коксующихся углей наглядно свидетельствует о повышении эффективности прогнозных оценок. Это достигается за счет широкого применения вычислительных экспериментов и результатов имитационного моделирования экологических последствий с использованием адекватных закономерностей формирования пылегазовых выбросов, сбросов и нарушения земель. Усиление техногенного воздействия в Кузнецком бассейне связано как с увеличением объемов добычи, так и с наибольшей концентрацией угледобывающих предприятий.

В результате проведения данного исследования усовершенствованы методические положения оценки экологической безопасности для территорий горных отводов ликвидируемых шахт, отличающиеся тем, что динамика показателей, влияющих на экологическую безопасность, уточняется по данным комплексного геоэкологического мониторинга [8].

Работа авторов [9] посвящена практическим аспектам оценки эффективности системы комплексного геоэкологического мониторинга на территориях горных отводов ликвидируемых шахт, включающей подсистемы всех видов мониторинга: гидрогеологического, гидрологического, газового, геодинамического, земельных ресурсов, технических работ. Авторы доказали, что оценка эффективности инвестиционных проектов должна базироваться на достоверном прогнозе динамики основных экономических показателей природопользования, обеспечивающего функционирование предприятия. При этом прогнозные значения этих показателей должны быть согласованы с основной методикой расчета эффективности реальных инвестиций. Длительные исследования показали, что технология обмена информацией по прогнозу последствий, обусловленных аэрогазодинамическими и теплофизическими процессами после ликвидации нерентабельных шахт, связана с конкретными технологиями управления в технологической системе добычи угля и ликвидации шахты. Логический уровень базовой информационной технологии в организационном управлении отображается как в моделях организации информационной деятельности по реализации рутинных операций решения информационных задач, так и в моделях принятия решений по оптимизационным задачам управления. Структурно-функциональная схема подсистемы оценки экологических последствий представлена на рис. 4.



Рис. 4. Структурно-функциональная схема оценки экологических последствий при закрытии шахт Кузбасса [30]

Fig. 4. Structural and functional diagram of the environmental impact assessment when closing mines in Kuzbass [30]

Из рис. 4 видно, что информация из блоков «Аэрогазодинамические и тепловые процессы» и «Источник воздействия» поступает в блок «Прогнозная модель оценки экологических последствий» для подготовки эффективного управленческого и технического решения Центром экологического мониторинга.

Таким образом, можно сделать вывод, что усовершенствованная методика оценки экологических последствий, обусловленных аэрогазодинамическими и теплофизическими процессами после ликвидации нерентабельных шахт, позволяет обосновывать целесообразность доработки оставшихся запасов коксующихся углей [9].

Одними из основных источников воздействия на все составляющие окружающей среды являются породные отвалы угольных шахт. Для оценки воздействия техногенных массивов на атмосферу в работе [10] были исследованы угледобывающие предприятия: АО «Объединение «Прокопьевскуголь»: АО «Шахта «Тырганская», АО «Шахта «Зиминка», АО «Шахта имени Ворошилова», АО «Шахта «Красногорская», расположенные в черте г. Прокопьевска и имеющие на территории горных отвалов техногенные массивы. Закрытие шахт на территории Кузбасса сформировало экологические проблемы как в текущем периоде, так и в перспективе. Результатом является негативное воздействие отвалов и выработанных пространств на все элементы окружающей среды (атмосферный воздух, водные источники, почва).

Вычислительные эксперименты показали, что миграция токсичных компонентов жидких стоков с поверхности отвала приводит к интенсивному загрязнению почвы и подстилающих пород. При этом профиль концентрации имеет волнообразный характер с точкой максимума, обусловленной в данный момент времени в конкретной точке рассматриваемого пространства равенством скоростей процессов конвективно-диффузионного переноса и сорбции. Помимо загрязнения прилегающих территорий кислотными стоками, для породных отвалов характерно значительное выделение в атмосферу пыли и газовых загрязнителей, которые в сухую, ветреную погоду сдуваются с поверхности отвала и уносятся на значительные расстояния, загрязняя атмосферу и поверхностный почвенный слой. Таким образом, моделирование движения воздуха при обтекании породных отвалов действующих и ликвидированных угольных шахт становится



одним из основных методов анализа качества предлагаемых экологических решений по защите окружающей среды.

Наблюдения свидетельствуют о том, что газовые загрязнители могут распространяться на значительные расстояния. Анализ результатов вычислительного эксперимента показал, что в процессе переноса газового загрязнителя его концентрация меняется незначительно в течение периода действия ветра. При этом интенсивность выведения газового загрязнителя из воздушного потока будет происходить в основном за счет сорбции жидкими и твердыми частицами. В зависимости от скорости ветра и длительности его действия газообразные загрязнители могут распространяться на значительные расстояния от породного отвала, что также подтверждается результатами натуральных наблюдений.

Авторы делают вывод, что на практике доказана эффективность усовершенствованной системы комплексной геоэкологической оценки воздействия отвалов на территориях горных отвалов ликвидируемых шахт. Теоретические и экспериментальные исследования позволили уточнить закономерности воздействия породных отвалов угольных шахт на окружающую среду в процессе их эксплуатации, а также после ликвидации шахт для разработки геотехнологических решений, обеспечивающих экологическую безопасность на всех этапах существования породных отвалов угольных шахт [10].

Авторы монографического исследования [11] отмечают, что информационной базой для оценки состояния окружающей среды на территориях горнодобывающих регионов является комплексный экологический мониторинг геомеханических процессов, динамики подземных вод и газообмена выработанных пространств ликвидируемых шахт с земной поверхностью. Кроме того, проблемы экологического мониторинга аэрогазодинамических и тепловых процессов при закрытии шахт обусловлены отсутствием обоснованных математических моделей, это затрудняет прогнозирование негативного воздействия на окружающую среду породных отвалов и динамику газообмена закрытых шахт с земной поверхностью и требует дальнейших исследований [11].

Работы [12, 13] направлены на изучение всех категорий источников выбросов парниковых газов, подлежащих обязательному учету для угледобывающих предприятий. Кроме того, авторы отметили особенности учета фугитивных выбросов для угольных шахт на основе оценки газоносности угля в пределах разрабатываемого участка, а также сформировали структуру выбросов парниковых газов для угольных разрезов и шахт и выдали рекомендации по снижению выбросов [12, 13].

Большое значение для повышения эффективности проведения мониторинга оценки фактических или ожидаемых параметров негативного воздействия на окружающую среду имеет выбор информационно-измерительных и управляющих систем. В работе [14] рассмотрены такие системы применительно к прогнозированию и предупреждению аварийных выбросов газа в атмосферу для объектов газораспределения. Кроме того, авторы предлагают реализацию разработанной системы для пунктов редуцирования газа и электротехнических установок [14].

Вопросы моделирования экологической деятельности как элемент эффективного мониторинга и процесса оценивания представлены в работе [15], где авторы делают выводы, что окружающая среда загрязняется не только в результате производственной деятельности предприятий, но и за счет тех отходов, которые производятся обществом и должны учитываться при разработке рациональной стратегии природопользования. В результате появляется возможность получить обобщенные характеристики, отражающие суммарное воздействие на окружающую среду как промышленного производства, так и общества. Полученные показатели могут рассматриваться как критерии эффективности функционирования производственной подсистемы и состояния окружающей среды и имеют практическое значение для разработки стратегий рационального природопользования [15].

Авторы [16] отмечают, что использование информационных технологий анализа и прогнозной оценки экологического состояния природно-ресурсной базы административно-территориального подразделения неразрывно связано с конкретными технологиями управления процессами природопользования на контролируемых промышленных объектах и должно находиться в надсистемном уровне по отношению к технологиям управления контролируемыми



объектами. Объем добычи и переработки определенного вида полезных ископаемых на горнодобывающем предприятии, в которое планируется осуществить реальные инвестиции, является одним из важнейших геотехнологических показателей, отражающих как экономическую, так и экологическую составляющие реализуемого проекта природопользования [16].

Одной из проблем обеспечения экологической безопасности водных объектов является их загрязнение фенольными соединениями, сбрасываемыми с шахтными водами. Для повышения эффективности очистки авторами [17, 18] установлены закономерности разложения фенольных соединений, присутствующих в шахтных водах с использованием технологии усовершенствованных окислительных процессов, а также разработана математическая модель, определяющая экспоненциальную зависимость снижения концентрации фенольного соединения под воздействием физико-химических факторов, построенная при оптимальном планировании эксперимента с применением жидкостной и газовой хроматографии. В результате определены оптимальные количественные значения реагентов для окисления фенольного соединения методом множителей Лагранжа, а также предложена схема расчета фотохимического реактора, который может быть включен в локальную модульную систему очистки сточных вод, содержащих фенольные соединения.

Дополнительно авторами на основе экспериментальных исследований разложения фенольных соединений в водной среде (на примере бисфенола-А) построены и проанализированы нейросетевые регрессионные модели снижения концентрации фенольных загрязнителей под действием физико-химических факторов, аналогичных природным (ультрафиолетовое излучение, перекись водорода и хлорид железа (III)), направленных на решение задач управления процессом обесфеноливания шахтных сточных вод угледобывающих предприятий, специализирующихся на подземной добыче угля [17, 18].

На сегодняшний день высокую актуальность имеет проблематика оценки экологических рисков при ведении процессов нефте- и газодобычи. Существующие методики оценки экологических рисков предоставляют разрозненные и фрагментированные данные, не отражающие полной картины воздействия на окружающую среду. Отсутствие единой методики оценки, учитывающей воздействие на все элементы окружающей среды и человека в том числе, в конечном счете сказывается на достоверности информации по состоянию природной среды во время и по окончании добычных работ. Целью данной работы является создание комплексной методики оценки экологических рисков. Для этого из существующих методик были отобраны наиболее показательные, отражающие воздействие на все элементы природной среды. Комплекс методик был использован для оценки экологического риска объектов ООО «Иркутская нефтяная компания». Применение данной комплексной методики на нефте- и газодобывающих предприятиях позволит избежать неучтенной экологической нагрузки [19].

В исследовании [20] проведен анализ основных экологических последствий разработки горных месторождений, их негативного воздействия на окружающую среду и произведена оценка экологических рисков. Экологические риски в угледобывающей отрасли генерируются такими технологическими операциями, как взрывные работы, бурение, экскавация и транспортирование горной массы, складирование, которые сопровождаются пыле- и газообразованием. Авторами предлагается система оценивания экологических рисков горных предприятий по их удельному комплексному показателю для атмосферного воздуха, представляющего собой сумму удельного индекса загрязнения атмосферы, удельных площадей зон превышения ПДК по пыли и удельного коэффициента опасности для персонала [20].

Авторы исследования [21] разработали методический подход к эколого-экономической оценке направлений использования отходов гидродобычи угля и соответствующий алгоритм его реализации:

1. необходимость проведения всестороннего анализа условий производства;
2. выявление потенциальных направлений использования отходов углеобогащения и формирование вариантов их реализации;
3. установление критериев оценки эколого-экономической эффективности использования отходов углеобогащения;



4. установление и оценка факторов, влияющих на эффективность направлений использования отходов углеобогащения;
5. оценка направлений использования отходов углеобогащения с использованием экономико-математической модели;
6. выбор направлений использования отходов углеобогащения на основе разработанного механизма эколого-экономической оценки и выбора наиболее предпочтительного из них;
7. формирование методики алгоритма эколого-экономической оценки направлений использования отходов углеобогащения [21].

Авторы [22] также делают вывод, что геоэкологический мониторинг является ключевым этапом системы управления техногенным воздействием на окружающую среду при сооружении транспортных тоннелей. Достоверность измерений, выполненных в процессе горно-экологического мониторинга, отражает реальную ситуацию на всех этапах строительства в конечном итоге влияет на оценку эффективности реализации мероприятий по охране окружающей среды. При этом только создание эффективной обратной связи в системе: геоэкологический мониторинг – природоохранные мероприятия – геоэкологический мониторинг приведет к возможности получения достоверной оценки степени обратимости или необратимости техногенного воздействия на окружающую среду [22].

Анализ известных технологических решений, направленных на обеспечение геоэкологической безопасности региона

Обеспечение геоэкологической безопасности требует комплексного подхода к использованию множества технологических решений, обеспечивающих, с одной стороны, снижение или ликвидацию негативного воздействия на окружающую среду, а с другой стороны – финансовую результативность предприятия и его устойчивое социально-экономическое развитие.

Коллективом авторов [23-25] в своих исследованиях в качестве основных направлений решения актуальной в современных условиях проблемы снижения негативного воздействия на окружающую среду угледобывающими предприятиями предложено внедрение системы экологических и экономических мероприятий, направленных на рациональное природопользование непосредственно на этапе добычи и переработки угля. В рамках данного направления разработана технологическая установка комплексной переработки угольных шламов из наружных отстойников обогатительной фабрики «Черниговская» разреза «Черниговец» (АО ХК «СДС-Уголь»). Использование данной установки позволяет осуществить перевод угля из разряда потерь в товарную продукцию высокого качества, соответствующую требованиям потребителей. Для решения другой актуальной задачи – снижения техногенного воздействия угледобывающих предприятий на водные объекты – предложено использование сорбционных фильтров измененной конструкции, что позволяет снизить капитальные затраты на реконструкцию и эксплуатацию очистных сооружений, а также обеспечить очистку шахтных и поверхностных вод до нормативов допустимого воздействия на водный объект [23-25].

В работе [26] рассмотрена проблема безотходной утилизации хвостов обогащения металлических руд путем разработки технологии безотходного возвращения хвостов в сферу производства. Авторы представили результаты теоретического и экспериментального обоснования возможности и целесообразности утилизации хвостов переработки металлических руд после извлечения из них оставшихся металлов по механохимической технологии.

Одним из новых способов повышения полноты извлечения полезных компонентов из добытых руд является комбинирование в одном технологическом процессе двух видов энергии: механической и химической (рис. 5).

Из рис. 5 видно, что его основными элементами являются следующие: 1 – электродвигатели; 2 – рабочий орган; 3 – реагент; 4 – рудный материал; 5 – металлосодержащий раствор; 6 – строительные материалы.

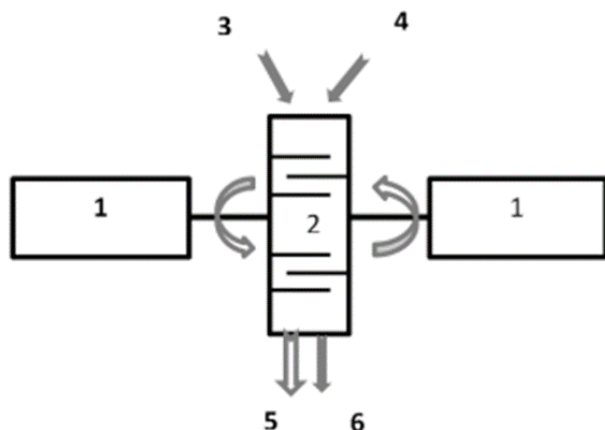


Рис. 5. Схема выщелачивания в дезинтеграторе [26]

Fig. 5. Scheme of leaching in the disintegrator [26]

Перспективность сочетания возможностей химического обогащения в дезинтеграторах доказана путем сравнения показателей базовых вариантов с вариантами выщелачивания: инфильтрационным, агитационным и новых вариантов выщелачивания в дезинтеграторе.

Авторами получены параметры извлечения металлов серной кислотой в дезинтеграторе, а также показано, что обработка в дезинтеграторе вместе с извлечением металлов повышает вяжущие способности изготовленных на основе хвостов бетонов. В результате можно сделать вывод, что путем механохимической активации в аппаратах типа дезинтегратор можно извлекать металлы из хвостов обогащения до того значения, которое позволяет использовать их без ограничения по санитарным условиям, что открывает неограниченные возможности производить новые товарные материалы [26].

Другой аспект геоэкологической проблемы эксплуатации хвостохранилищ представлен в работе [27], где отражены результаты многолетних исследований проблемы пылеподавления на поверхности хвостохранилищ. Актуальность исследования связана также с высокой токсичностью отходов рудообогащения, представляющих большую угрозу для окружающей среды. На основе анализа современных отечественных и зарубежных технологий закрепления пылящих поверхностей, включая патентный поиск, и изучения состояния хвостохранилищ горных предприятий обоснованы технологические решения по совершенствованию технологии рекультивации их поверхности. Предложенные способы пылеподавления с использованием биоремедиации показали свою высокую эффективность [27]

Сбор и анализ информации по проблеме реабилитации нарушенных горными работами земель, проведенный в исследовании [28], показал, что в Дальневосточном федеральном округе практически отсутствует опыт по рекультивации хвостохранилищ, содержащих токсичные отходы. Сформулированные авторами биоинженерные принципы безопасной с экологической точки зрения технологии по реабилитации техногенных образований с использованием потенциала биологических систем и восстановления продуктивности нарушенных горным производством земель определяют такие направления ее развития, реализация которых позволит снизить техногенное влияние на природную среду до допустимого уровня неизбежного воздействия, порождаемого самим фактом искусственного изъятия части литосферы в горнопромышленных целях. Исследования по использованию фототрофных бактерий для решения проблемы ликвидации накопленного экологического ущерба показали свою эффективность и практическую значимость [28].

Работы коллектива авторов [29, 30] посвящены геоэкологическим проблемам, возникающим в процессе строительства таких подземных сооружений, как метрополитен. В частности, выполнен анализ факторов, определяющих негативное воздействие на окружающую среду при использовании тоннелепроходческих комплексов в сравнении с гражданским строительством и предложен подход к определению нарушенности территорий для сооружения объектов метрополитена. В рамках проведенного исследования разработана стратегия определения классов опасности и степени загрязнения грунтов, планируемых к разработке при сооружении метрополитена в мегаполисах. Авторами определена степень загрязнения грунтов тяжелыми

металлами и бенз(а)пиреном. Для удобства визуализации полученных результатов построены 3D-модели для изучения распространения загрязнений на поверхности участка и на глубину его предполагаемого использования, ориентированные на программу AUTOCAD CIVIL 3D 2017. На основе данного метода рассчитаны объемы грунта разной категории загрязнения и осуществлены расчеты стоимости обращения с грунтами и величины предотвращенного ущерба [29, 30].

Важное значение для обеспечения геоэкологической безопасности и повышения экономической эффективности имеет комплексная переработка угольных шламов в товарную продукцию [31]. В данной работе представлена технологическая установка комплексной переработки угольных шламов из наружных отстойников обогатительной фабрики «Черниговская» (АО «Черниговец»), использование которой позволяет осуществить перевод угля из разряда потерь в товарную продукцию высокого качества, соответствующую требованиям потребителей. Кроме того, авторами выполнено экономическое обоснование переработки угольных шламов на предлагаемой технологической установке.

Технологическая схема переработки угольных шламов на установке представлена на рис. 6.

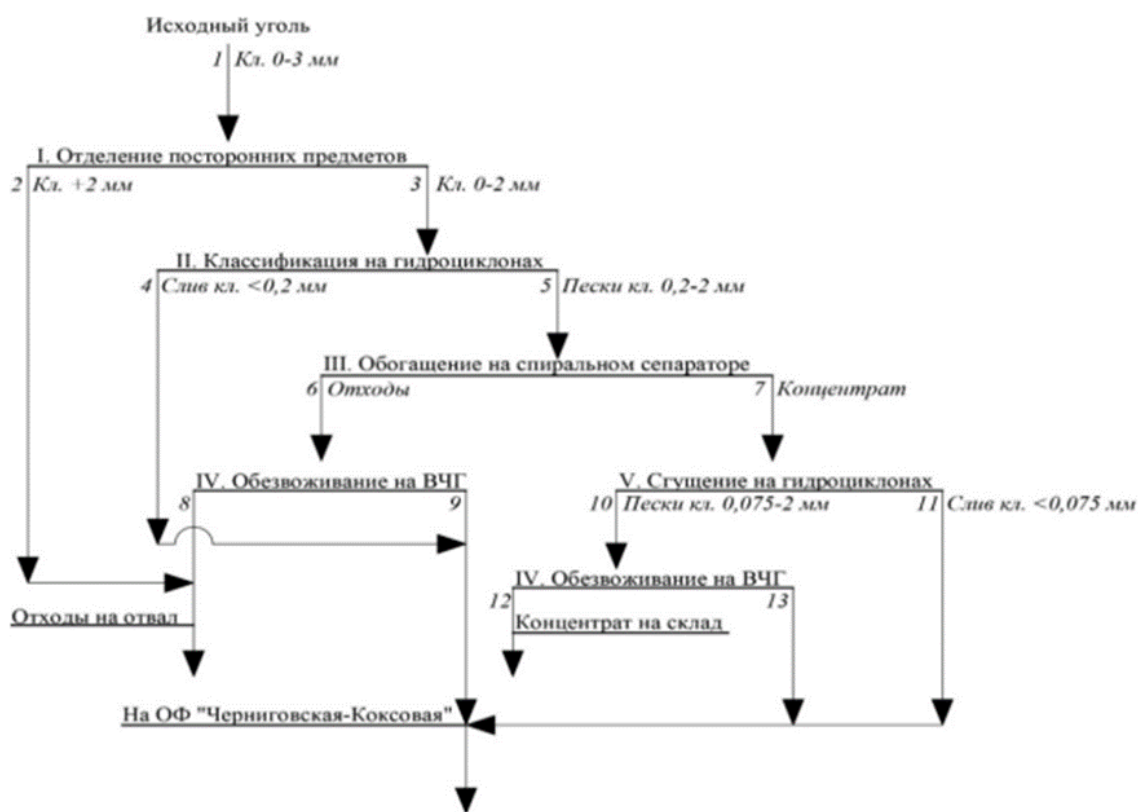


Рис. 6. Технологическая схема переработки угольных шламов на установке [31]

Fig. 6. Technological scheme of coal sludge processing at the installation [31]

Из рис. 6 видно, что технологический процесс переработки угольных шламов включает 5 основных стадий:

- отделение посторонних предметов;
- классификация на гидроциклонах;
- обогащение на спиральном сепараторе;
- обезвоживание на высокочастотном грохоте;
- сгущение на гидроциклонах.

Извлечение шлама из шламоотстойника осуществляется погружным насосом с агитатором.

Среди основных преимуществ данной установки – экологическая безопасность, в частности, территория осушенных шламоотстойников в дальнейшем пригодна для рекультивации. Таким



образом, перевод угольных шламов в технологически приемлемое топливо позволит не только улучшить экологическую обстановку в угледобывающих регионах, но и добиться существенного экономического эффекта [31].

В исследовании [32] проведен обзор биоготехнологий добычи цветных металлов и нового направления фитодобычи – фитомайнинга (с англ. phytomining), оценка перспектив и возможностей использования этой технологии для очистки техногенных грунтов и доизвлечения металлов из отработанных отходов. Сегодня фитомайнинг достаточно эффективно внедряется за рубежом, особенно в странах, добывающих цветные металлы и испытывающих интенсивную экологическую нагрузку. Преимуществом технологии являются низкие энергозатраты и отсутствие реагентов. На предприятиях России работы по фитомайнингу находятся пока на стадии исследований.

Фитодобыча осуществляется в настоящее время тремя методами:

- биовыщелачивание из отвалов;
- кучное биовыщелачивание/биооксидация;
- чановое биовыщелачивание/биооксидация минералов.

Биовыщелачивание обычно относится к технологии биодобычи, применяемой для основных металлов, а биооксидация минералов в большинстве случаев связана с золотоносными рудами и концентратами, которые трудно поддаются обработке. Авторы делают вывод, что для эффективного продвижения данной экологически чистой технологии требуется объединение ресурсов ученых и специалистов-производственников [32].

Работа [33] посвящена вопросам рационального взрывного разрушения горных пород при открытой разработке месторождений с учетом высоких современных экологических требований, обусловленных «нестационарностью» источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [33].

Авторы [34] отмечают, что большое значение в коксохимическом производстве имеют технологические операции, связанные с перегрузкой и транспортировкой коксовой продукции, вызывающие процессы истирания и измельчения кокса, а, следовательно, и образование коксовой пыли. Одним из источников загрязнения является выделение уловленной коксовой пыли при загрузке в железнодорожные полувагоны за счет падения пылевого потока и разлета пылевых частиц (рис. 7).

В процессе эксплуатации пылеосадительных станций в качестве мероприятий, улучшающих экологическую ситуацию при транспортировке и погрузке пыли, возможно установление двух параллельно работающих рукавных фильтров, исключающих выбросы мелкодисперсной пыли после парового эжектора. Дополнительное техническое решение – установление шлюзового питателя, позволяющего регулировать скорость и, соответственно, объем потока пыли, особенно при подаче так называемой фильтровальной пыли.

На сегодняшний день для уменьшения пыления и негативного влияния на экологическую обстановку используется стационарное загрузочное устройство (рис. 8), представляющее собой телескопическую двухканальную коаксиальную конструкцию (труба в трубе), которая состоит из верхней (приводной) части с электрической лебедкой, гибкой гофры и нижнего конуса. По внутреннему каналу осуществляется подача сыпучего материала.

Уловленная пыль удаляется в пространстве, образованном наружной поверхностью этого канала и коаксиально расположенным гофрированным кожухом. В моделях, оснащенных рукавным фильтром, запыленный воздух подается встроенным вентилятором на фильтровальные элементы, где очищается от пыли, а затем выбрасывается в атмосферу.

Уловленная пыль «стряхивается» с фильтровальных элементов импульсами сжатого воздуха и поступает в канал загрузки. Очищенный воздух имеет остаточную запыленность с концентрацией не более 10 мг/м³. В моделях без встроенного фильтра запыленный воздух отводится обратно в бункер или в систему аспирации. При загрузке открытого транспорта, например, железнодорожных вагонов, применяется вариант с противопылевым зонтом в нижней части для ограничения распространения пыли.



Рис. 7. Процесс выделения уловленной коксовой пыли при загрузке в железнодорожные полувагоны [34]

Fig. 7. Process of extracting the captured coke dust when loading it into railway gondola wagons [34]

Для защиты от абразивного износа загрузчики комплектуются внутренними конусами, которые могут быть выполнены из углеродистой или нержавеющей стали. В связи с тем, что условия погрузки различаются в зависимости от типа вагона (полуоткрытые или закрытые хапперы), требований потребителя к отгружаемой пыли (влажность до 10%) возможна установка комбинированного загрузочного устройства, предназначенного как для погрузки в открытые транспортные средства, так и в закрытые – через люки.

Управление загрузочным устройством осуществляется с помощью проводного или беспроводного пульта, а также шкафа управления. В конструкции устройства предусмотрены концевые выключатели для определения крайних положений загрузчика, датчик натяжения троса для индикации стыковки конуса с загрузочным люком, а также лопастной индикатор уровня для выдачи сигнала о заполнении транспортного средства.

Телескопические загрузчики используются в различных отраслях промышленности (рис. 9) для перевалки цемента, отгрузки извести или сухих строительных смесей. Большое значение они имеют также в горнообогатительных производствах (отгрузка железнорудного концентрата), на теплоэлектростанциях (загрузка угля на склад и отгрузка золы в автомобильный и железнодорожный транспорт), в системах пылетранспорта на металлургических комбинатах.

Таким образом, техническое решение в виде установки телескопического загрузчика позволит решить ряд проблем, главной из которых является неблагоприятная экологическая ситуация. Очень важным представляется также сокращение потерь пыли при ее погрузке, улучшение условий труда и сокращение затрат труда на уборку территории [34].

Одной из проблем негативного воздействия угледобычи на водные ресурсы является необходимость дальнейшего обеззараживания шахтных вод, что традиционно осуществлялось с помощью хлорирования или облучения ультрафиолетом. Работа [35] посвящена разработке



альтернативного метода обеззараживания сточной воды с помощью полимерного реагента-антисептика, основным действующим веществом которого является полигексаметиленгуанидин гидрохлорид (ПГМХ). По параметрам острой токсичности препараты на основе ПГМХ относятся к 3-му классу умеренно опасных веществ при введении в желудок и к 4-му классу малоопасных веществ при нанесении на кожу.



Рис. 8. Стационарное загрузочное устройство
Fig. 8. Stationary loading device



Рис. 9. Телескопический загрузчик
Fig. 9. Telescopic loader

Технологическая схема обеззараживания воды препаратом на основе ПГМХ в твердой форме приведена на рис. 10.

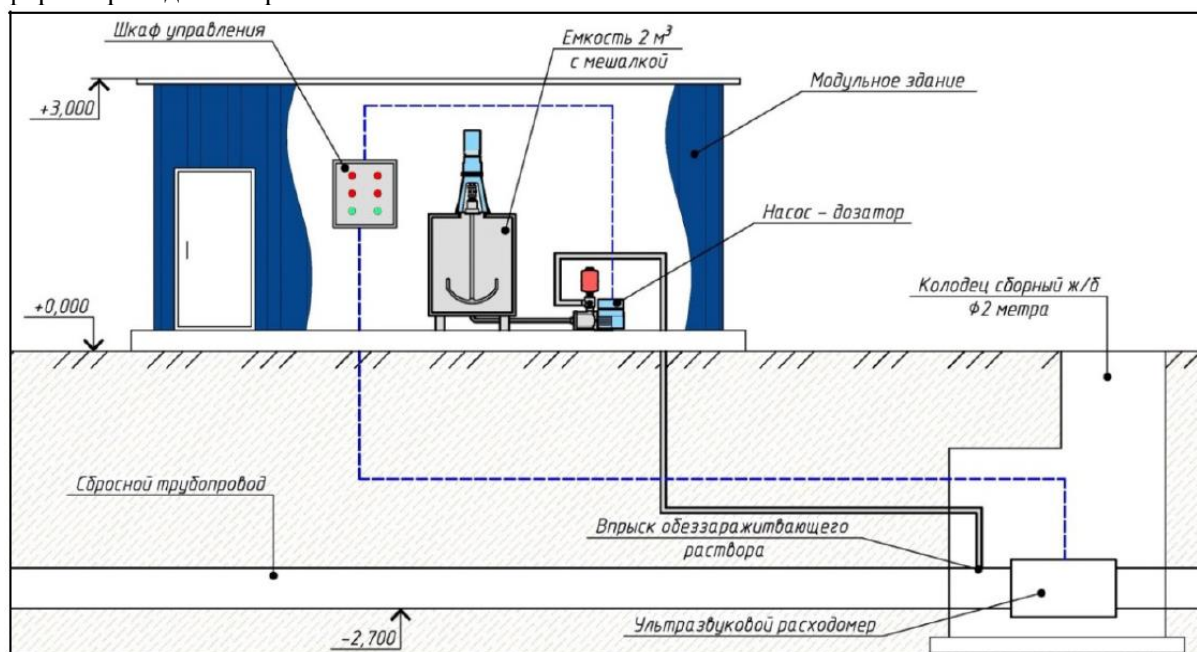


Рис. 10. Схема обеззараживания воды [35]
Fig. 10. Scheme of water disinfection [35]



Из рис. 10 видно, что представленная технологическая схема включает такие элементы, как шкаф управления, емкость с мешалкой, модульное здание, насос-дозатор, колодец сборный, сбросной трубопровод и ультразвуковой расходомер. Авторы делают вывод, что использование данной технологической схемы обеззараживания с помощью полимерных реагентов обеспечивает лучший экономический эффект по сравнению с остальными методами обеззараживания [35].

Обобщая имеющийся опыт и используя собственный опыт, авторы в своей работе [36] сформулировали теоретическую и практическую основу освоения угольных месторождений с учетом обеспечения геоэкологической безопасности. Они отмечают, что стратегия рационального природопользования в целом и использования минерально-сырьевых ресурсов в частности предполагает практическую реализацию мероприятий, представленных ниже.

1. Создание и развитие территориальной системы сбора, анализа и обобщения информации о природных ресурсах.
2. Разработка и совершенствование территориальной системы ситуационного моделирования.
3. Обеспечение функционирования комплексного территориального кадастра природных ресурсов.
4. Разработка комплексного территориального кадастра загрязнения окружающей среды.
5. Развитие локального экологического законодательства, обеспечивающего функционирование нормативно-правовых механизмов, способствующих экологически рациональному природопользованию.
6. Разработка и развитие базы данных по технологиям добычи и переработки полезных ископаемых, а также утилизации отходов горного производства.
7. Создание территориальной системы маркетинга природных ресурсов.
8. Разработка и внедрение новых технологий производства строительных материалов и изделий из отходов угольной промышленности.
9. Расширение области применения горнопроходческой техники путем внедрения геотехнологий при утилизации отходов производства.

Основные геоэкологические принципы комплексного освоения недр позволили расширить область применения разработанных горных машин и оборудования [36, 37].

Исследование Мяскова А.В. и Попова С.М. [38] связано с анализом возможных направлений использования техногенных минеральных ресурсов с точки зрения целесообразности их вовлечения в различные сферы жизнедеятельности. Авторы сформулировали основополагающие принципы, применение которых позволяет разработать новые методические подходы к решению проблемы освоения огромного потенциала таких ресурсов в современных условиях:

- направленности, предопределяющей необходимость наличия цели использования техногенных минеральных ресурсов, для достижения которой предполагается выполнение комплекса необходимых действий;
- приоритетности – необходимость из всех возможных направлений использования отдельных накоплений техногенных минеральных ресурсов выявлять наиболее приоритетные, в соответствии с условиями их расположения;
- комплексности, которая при выборе направлений использования отходов предполагает возможность сочетания наиболее приоритетных (основных) направлений с другими, менее приоритетными;
- адаптивности – необходимость учета состояния рынка и окружающей природной среды в районе их расположения, общегосударственных и территориальных программ социально-экономического развития;
- вариантности, которая предполагает наличие вариантов использования техногенных минеральных ресурсов, определяемых возможными организационно-технологическими решениями, целями участвующих субъектов, состоянием потребительского рынка и т.п.;
- системности – использование техногенных минеральных ресурсов как сложной динамической системы условий и отношений, а также необходимость их согласованности;



- рациональности, предполагающей необходимость поиска наиболее рационального варианта использования техногенных минеральных ресурсов, учитывающего как имеющиеся для этого условия, так и интересы всех участвующих сторон;
- регулируемости, которая предполагает рассматривать использование техногенных минеральных ресурсов как некоторый процесс.

При этом предусматривается необходимость учета всех изменений, которые могут происходить с течением времени как в условиях, так и в отношениях участвующих субъектов. Авторы предполагают, что необходимо периодически осуществлять переоценку установленных ранее вариантов использования накоплений техногенных минеральных ресурсов. При этом разнообразие потенциально возможных направлений использования техногенных минеральных ресурсов предполагает целесообразность их упорядочения на основе выявления для каждого из направлений характеризующих признаков, поскольку это будет способствовать развитию научно-практической деятельности по их освоению. Данные исследования положены в основу направлений геоэкологической безопасности [39], среди которых одними из наиболее важных являются следующие:

- внедрение ресурсосберегающих и безотходных технологий;
- разработка и применение способов природопользования, адаптированных к региональным и локальным особенностям различных производств;
- оптимизация территориальных нагрузок для нужд прежде всего угледобывающей и углеперерабатывающей промышленности [39].

Анализ инновационных технологических и организационных решений по обращению с отходами

Проблема обращения с отходами производства и потребления является актуальной для большинства предприятий, функционирующих в реальном секторе экономики. Предприятия угледобывающей отрасли, оказывая существенную негативную нагрузку на окружающую среду, обеспечивают в Кузбассе более 95% от всех отходов, образующихся в регионе. В связи с этим анализ технологических и организационных решений, связанных с переработкой, утилизацией и обезвреживанием отходов имеет приоритетное значение.

Концептуальное исследование коллектива авторов [40] направлено на разнообразные аспекты изучения отходов, включая разработку проекта стратегии развития отрасли переработки отходов промышленности, и комплекса жилищно-коммунального хозяйства, а также плана мероприятий по ее реализации. Кроме анализа исторического опыта обращения с отходами авторы рассматривают технологии функционирования отрасли управления отходами, классификацию отходов, а также инновационные технологические решения по переработке отходов.

Работа М.М. Хайрутдинова с коллективом авторов [41] посвящена исследованиям, направленным на использование отходов в строительной отрасли. Например, замена традиционного цементного вяжущего на магнийсодержащие шлаки в строительной-закладочной смеси позволяет разработать состав, удовлетворяющий прочностным характеристикам искусственного массива или строительных конструкций, не несущих высокой нагрузки. Применение техногенных отходов в строительной-закладочной смеси возможно после механической активационной обработки в дезинтеграторах, что повышает прочностные характеристики конструкций и искусственного массива.

Максимального эколого-экономического эффекта применения техногенных отходов в строительной-закладочных смесях возможно достичь только после их глубокой переработки и доизвлечения полезных компонентов, а также нейтрализации отрицательного действия оставшихся. При этом вовлечение в глубокую переработку отходов горного и перерабатывающего производств создает предпосылки создания новой материально-сырьевой базы горнопромышленного комплекса и исключает расходы на разведку и освоение новых месторождений.



Авторы делают вывод, что вовлечение техногенных отходов в замкнутый цикл основного и вспомогательного производств уменьшает объемы техногенных массивов, что значительно снижает воздействие горнодобывающего производства на окружающую среду [41].

В исследовании [42] рассмотрены сферы применения отходов от тепловых электростанций, как результат переработки энергетического угля. При этом анализ показывает, что требуется большее вовлечение отходов от тепловых электростанций в хозяйственный оборот в интересах эколого-ориентированного развития экономики. Для проведения комплексного анализа мероприятий по обращению с отходами тепловых электростанций авторами предложено использовать систему показателей, отражающих различные социо-эколого-экономические интересы развития как отдельно взятых предприятий, так и отрасли в целом [42].

В работе [43] рассмотрены вопросы обращения с отходами предприятий по добыче полезных ископаемых на территории Кемеровской области, которые при накоплении негативно воздействуют на окружающую среду. Анализ данных по объемам образования, использования и размещения отходов производства угледобывающими предприятиями свидетельствует о том, что угольная промышленность является одной из базовых отраслей, оказывающих мощное техногенное воздействие на окружающую среду. При этом специфичным для угледобычи характером воздействия на природную среду является использование земельных ресурсов, при котором происходит разрушение естественных природных ландшафтов – уничтожаются не только растительный, почвенный покров, почвообразующие слои литосферы, но и геологический фундамент ландшафта на сотни метров в глубину. Такая ситуация приводит к изъятию из хозяйственного оборота продуктивных земельных площадей. Поэтому, в целях совершенствования единой государственной политики в области обращения с отходами производства и потребления на территории Кемеровской области разработано и действует Положение о порядке ведения регионального кадастра отходов. Авторы отмечают, что проблема утилизации и размещения отходов производства является актуальной не только для Кузбасса, но и для других регионов страны, ведущих разработку полезных ископаемых и их дальнейшую переработку [43].

В работе [44] отмечается, что вскрышные породы могут применяться как закладочный материал для рекультивации земель, а шахтные – для закладки шахтного пространства. Кроме того, это сырье может использоваться для производства пористых заполнителей легких бетонов, керамических материалов, строительства дамб и других сооружений, кислотостойких мастик. Еще одно направление использования связано с тем, что шахтные породы часто содержат большое число микроэлементов, необходимых для питания растений, поэтому могут применяться в качестве удобрений почв, разбалансировка которых происходит в результате интенсификации и химизации сельского хозяйства. Авторами были сформулированы основные технико-экономические преимущества развития производства строительных материалов на основе утилизации породных отходов, как одного из направлений комплексного использования месторождений:

- расширение сырьевой базы путем замены дефицитного привозного сырья дешевым местным;
- приближение мест производства строительных материалов к местам их потребления и, как следствие, снижение транспортных расходов на перевозку сырья;
- концентрация добычи различных видов минерального сырья на одном предприятии;
- уменьшение затрат на добычу, дробление и помол исходного сырья [44].

Монографическое исследование под руководством профессора В.И. Ефимова [45] посвящено проблеме геоэкологической и экономической оценки способов вовлечения отходов углеобогащения в хозяйственную деятельность регионов.

В связи с тем, что развитие производственной деятельности, основывающейся на использовании отходов углеобогащения, является многовариантным, то при поиске наиболее рационального из них необходимо учитывать отличительные особенности установленных выше направлений развития производства по вовлечению отходов в хозяйственную деятельность. Многообразие возможных вариантов развития производственной деятельности по



использованию отходов углеобогащения вытекает из следующих условий и особенностей такой деятельности:

1. Количественные и качественные изменения в составе накоплений отходов углеобогащения в результате процессов их пополнения, использования в хозяйственных целях, эрозии и выветривания, уплотнения, возгорания и горения и других причин.
2. Характеристики и объемы извлечения отходов из их накоплений, виды технологий извлечения, дальность транспортировки извлекаемых отходов, потребность в селективности извлечения отходов из накоплений.
3. Особенности образования отходов на обогатительных фабриках, их объем, глубина обогащения угольной продукции на обогатительных фабриках, способ доставки отходов к местам их накопления.
4. Физико-химические свойства отходов на различных участках их накоплений, особенности процесса изменения физико-химических свойств отходов с течением времени.
5. Особенности динамики и периодичности климатических условий.
6. Отличительные особенности различных видов производств по переработке отходов в товарную продукцию, производственных мощностей по выпуску различных видов продукции из отходов углеобогащения.
7. Различные условия территориального расположения отходов, удаленность их от транспортных магистралей, линий энергоснабжения и других коммуникаций.
8. Дифференциация экологических условий в местах расположения накоплений отходов, различных по содержанию и масштабам воздействия на окружающую среду деятельности по использованию отходов.
9. Различные условия для экономической деятельности предприятий занятых использованием отходов углеобогащения.
10. Диверсификация условий состояния рынков.

Производственная мощность ОФ «Листвяжная» по обогащению горной массы составляет 6 млн. т в год. В результате процессов обогащения горной массы ежегодно образуется около 400 тыс. т твердых отходов, направляемых в отвалы, и около 250 т мелкодисперсных высокозольных угольных шламов, накапливаемых в шламохранилищах.

Авторы провели анализ, который выявил наиболее целесообразное направление использования мелкодисперсных отходов углеобогащения, связанное с производством аглопорита, в качестве заполнителя в конструкционных легких бетонах, применяющихся в дорожном строительстве (рис. 11).

Результатом предлагаемого варианта использования отходов углеобогащения ОФ «Листвяжной» является получение дополнительной чистой прибыли в размере около 119 млн руб. в год, а также снижение экологической нагрузки на среду обитания в прилегающих территориях.

Авторы исследования также отмечают, что отходы углеобогащения целесообразно использовать в качестве энергетического сырья путем сжигания, газификации или направлять на переобогащение. Другие направления использования связаны с получением строительных материалов, сырья для химической промышленности и металлургии, использованием в сельском хозяйстве, производстве ферросплавов, для извлечения редких рассеянных элементов, при устройстве насыпей, закладке подземных выработок и рекультивации земель. Другим перспективным направлением, как отмечают авторы, является применение отходов углеобогащения в качестве отощающей и выгорающей добавки к сырью и в качестве основного сырья при производстве керамических изделий (кирпича, плитки, черепицы), а также пористых заполнителей.

Отходы углеобогащения, содержащие большое количество горючей массы, могут быть также подвергнуты дополнительному обогащению с получением кондиционного по зольности твердого топлива или непосредственно использованы для сжигания и газификации. В некоторых зарубежных странах нашли применение плазменные печи для переплавки легированных отходов и восстановительной плавки. Для этой цели разработаны и используются разнообразные

генераторы плазмы и дуговые плазменные горелки разной мощности, где возможно восстановление руд отходами углеобогащения и выработка некоторого количества электроэнергии за счет отходящих газов [45].



Рис. 11. Образцы аглопорита разных размеров и форм [45]
Fig. 11. Samples of agloporite of different sizes and shapes [45]

Исследование коллектива авторов [46] посвящено изучению типов потребительских рынков и оценке степени их соответствия различным видам продукции, получаемым из горнопромышленных отходов.

Результатом выполненной работы является обоснование конфигурации территориальных границ конкурентоспособности для потребительских стоимостей, создаваемых из горнопромышленных отходов в соответствии с направлениями их возможного использования. Установленная авторами взаимосвязь конкурентоспособности для двадцати видов потребительных стоимостей, создаваемых на основе горнопромышленных отходов с конфигурациями территориальных рынков, значительно упрощает процедуры поиска потребителей создаваемой продукции, а также уменьшает трудоемкость работ по исследованию динамичных потребительских рынков, что особенно важно в условиях сложной экономической ситуации [46].

Работа [47] посвящена комплексной геоэкологической оценке строительных материалов и изделий из отходов горного производства. На основе экспериментальных и теоретических исследований авторами установлены новые и уточнены существующие закономерности взаимодействия компонентов отходов горно-металлургических и химических предприятий и разработаны экологически рациональные технологии производства строительных материалов и изделий с использованием промышленных отходов, что имеет важное социально-экономическое значение для промышленно развитых регионов России. Кроме того, в данном исследовании определены новые и уточнены существующие закономерности динамики образования и утилизации отходов горнодобывающих, металлургических, химических и предприятий энергетики с учетом их токсичности, физико-химических свойств и разработаны методические положения, позволяющие обеспечить геоэкологическую безопасность применения строительных материалов по аэрологическому фактору. Кроме того, авторами сделан вывод, геоэкологическая оптимизация процесса получения строительных материалов из отходов производства может быть формально сведена к задаче математического программирования [47].

В работе [48] проведено исследование основных технологических процессов по переработке отходов обогащения и сжиганию угля. Авторы доказывают, что применение технологии водоугольного топлива с использованием серопоглощающих агентов позволяет снизить выбросы сернистого ангидрида до предельно допустимых значений при сжигании высокосернистых углей (при содержании серы в угле до 5%).



На схеме (рис. 12) показаны основные технологические решения по дополнительной переработке продуктов обогащения угля (угольных шламов различной крупности и промпродукта).

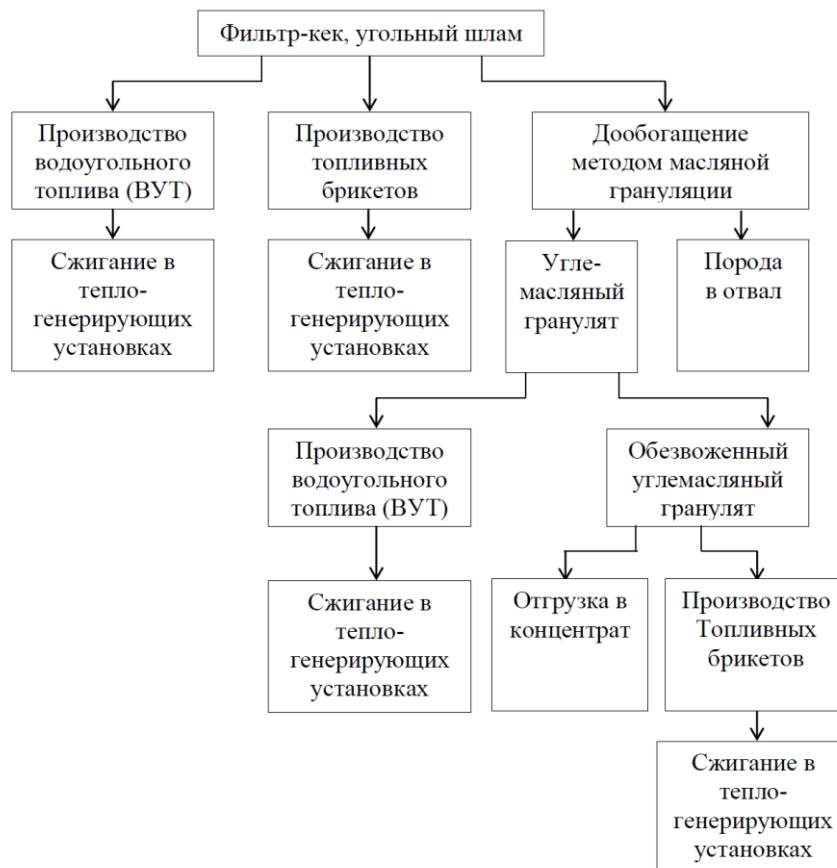


Рис. 12. Основные технологии переработки фильтр-кека и угольного шлама [48]
Fig. 12. The basic technologies of filter cake and coal sludge processing [48]

Из рис. 12 можно видеть основные технологические решения по переработке продуктов обогащения угля, где заключительной стадией является сжигание в теплогенерирующих установках и отгрузка в концентрат.

Одним из эффективных технологических решений по использованию угольных шламов различной крупности является получение на их основе водоугольного топлива и его сжигание на различных теплогенерирующих установках, в первую очередь в котлах ЗапСибТЭЦ и ПВС Запсиба. Использование отходов сжигания угля также целесообразно с точки зрения экономической и экологической эффективности. При этом авторы отмечают, что золы угольных ТЭЦ могут использоваться как составляющая твердеющей закладки для поддержания выработанных пространств шахт. С этой целью для предварительной подготовки твердеющей закладки разработан специальный измельчительный агрегат, позволяющий обеспечить дополнительное измельчение золошлакового материала с его одновременной механоактивацией насосом-диспергатором. Экологическая эффективность в данном случае достигается за счет утилизации золошлаковых отходов и предупреждения техногенных провалов земной поверхности при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Авторы делают вывод, что результаты исследований и опыт эксплуатации технологических комплексов по использованию отходов углеобогащения и угольных шламов показывают, что их применение при переработке аналогичных продуктов углеперерабатывающих предприятий позволяет существенно сократить потоки отходов углеобогащения в породные отвалы и отстойники. Кроме того, применение технологии суспензионного водоугольного топлива обеспечивает более полное и экологически чистое использование продуктов углепереработки.



Технология приготовления и сжигания водоугольного топлива с применением серопоглощающего агента позволяет снизить содержание оксидов серы в дымовых газах при сжигании высокосернистых угольных топлив до требуемых значений. Исследования по использованию золы ТЭЦ в качестве компонентов строительных материалов и применение ее для получения твердеющей закладки для заполнения шахтных выработок и выравнивания земной поверхности показали высокую эффективность данных направлений применения золы, что также позволит сократить объемы поступающих в шламонакопитель отходов [48].

Работа Тимофеевой С.С. и Смирнова Г.В. [49] посвящена внедрению технологии предупреждения самовозгорания угля с использованием магнийсиликатных отходов, что позволит комплексно решить экологические проблемы горнодобывающей промышленности. Цель представленной разработки – предупредить самовозгорание угля, исключить неконтролируемые выбросы в атмосферу токсичных продуктов горения, а также решить проблему утилизации магнийсиликатных отходов, которые сегодня почти не используются за исключением производства огнеупоров.

Большое значение для эффективного обращения с отходами имеют используемые организационно-экономические механизмы [50-53].

В статье В.В. Храмова и Я.Д. Вишнякова [50] рассмотрены эколого-экономические аспекты эффективности кооперации с заказчиками и переработчиками вторичного сырья при управлении оборотом отходов. При этом авторами определена роль и важность эколого-ориентированного развития компаний, занятых в сфере логистики. Работа посвящена изучению современных методов по использованию отходов в складской логистике и предложены усовершенствованные методы по работе с ними с применением метода анализа финансово-экономически показателей в интересах оценки эффективности реструктуризации или совершенствования процессов, связанных с образованием отходов пленки в складской логистике. Авторы доказывают экономическую эффективность использования прессы ППП, обусловленную оптимизацией процессов сортировки смешанных отходов в складской логистике. С целью увеличения использования пленки из вторичного сырья, предложен новый метод, частично заменяющий использование пленки из первичного сырья, а также апробирован метод кооперации складской компании с переработчиком вторичного сырья с целью минимизации логистической цепочки и получения дополнительного экономического эффекта за счет возвращения отходов обратно в продукцию. В данной работе рассмотрена кооперация с применением давальческой схемы, при которой отходы для логистической компании преобразуются в сырье, а не в продукцию, как в случае при обычной реализации отходов. По мнению авторов исследования, представленные результаты отражают позитивное воздействие предложенных мероприятий на экономическую, экологическую и социальную сферы, что является достаточным основанием для использования рассмотренных подходов в интересах эколого-ориентированного развития логистических компаний [50].

Заключение

На основании проведенного обзора современных направлений обеспечения геоэкологической безопасности получены следующие результаты:

- проведен анализ геоэкологической ситуации Кемеровской области – Кузбасса, который показал, что угледобывающая отрасль оказывает существенную негативную нагрузку на окружающую среду, а также выделены факторы, оказывающие влияние на устойчивое, экологобезопасное развитие региона;
- рассмотрены современные методы оценки и мониторинга негативного воздействия на окружающую среду, учитывающие особенности загрязняющих агентов, технологических характеристик добычи полезных ископаемых, а также экологические риски, используемые информационно-измерительные и управляющие системы, с целью выбора направлений их совершенствования;
- формализованы различные варианты технологических решений, направленных на обеспечение геоэкологической безопасности, включающие варианты получения дополнительной нецелевой товарной продукции, пылеподавление, рекультивацию нарушенных



земель, обеззараживание сточных вод, а также сформирована общая концептуальная основа природоохранной деятельности, направленной на снижение негативного воздействия угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий;

– изучены технологические и организационные решения, направленные на все виды активного обращения с отходами производства и потребления (переработка, обеззараживание, ликвидация), в том числе с обоснованием эколого-экономической целесообразности конкретного вида деятельности.

Список литературы

1. Использование вскрышных пород для повышения экологической безопасности угледобывающего региона / Е.В. Макридин, М.А. Тюленев, С.О. Марков [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – № 12. – С. 89-102.
2. Синергетический подход к решению геоэкологических проблем угледобывающих и углеперерабатывающих субкластеров / А.А. Хорешок, О.И. Литвин, Д.М. Дубинкин [и др.] // Уголь. – 2022. – № 12 (1161). – С. 82-87.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2020 году [Электронный ресурс]. Кемерово: Администрация Правительства Кузбасса. Министерство природных ресурсов и экологии Кузбасса, 2022. 492 с.
4. Загрязнение атмосферного воздуха в Кемеровской области / С.И. Григашкина, И.Н. Третьякова // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2012: Материалы XIV Международной научно-практической конференции. Том 2. – Кемерово: КузГТУ. – 2012. – С. 173-175.
5. Environmental Monitoring of the Coal Cluster in Transition to Sustainable Development / E. Scherbenko, E.A. Gasanov, M.A. Tyulenev [et al.] // E3S web of conferences: The Second Interregional Conference, Кемерово. – 2021. – Vol. 278. – P. 02005.
6. Оценка техногенного загрязнения воздушного бассейна при пылении хвостохранилищ / Л.П. Майорова [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 1. – С. 5-20.
7. Использование комплексных методов для оценки состояния окружающей среды в зоне влияния хвостохранилищ / Л.Т. Крупская [и др.] // Экологическая химия. – 2016. – Том 25. – № 3. – С. 158-162.
8. Оценка экологической безопасности освоения месторождения при подземной добыче угля / Л.Э. Шейнкман, В.И. Сарычев, Г.Г. Рябов, Е.А. Машинцов // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – № 3. – С. 73-84.
9. Системные принципы оценки экологической эффективности и безопасности подземной добычи угля / Н.М. Качурин, Р.А. Ковалев, В.И. Сарычев, К.А. Головин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 7. – С. 312-319.
10. Методические положения комплексной экологической оценки воздействия породных отвалов шахт на окружающую среду / В.И. Ефимов, Г.В. Стась, Т.В. Корчагина, Д.О. Прохоров // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2020. – № 3. – С. 18-28.
11. Экологический мониторинг аэрогазодинамических и тепловых процессов при закрытии угольных шахт / М.В. Грязев, Н.М. Качурин, В.И. Ефимов, Т.В. Корчагина. – 2020. Тула: Тульский государственный университет. – 265 с.
12. Количественное определение объемов выбросов парниковых газов на угольных предприятиях / О.В. Тайлаков, Д.Н. Застрелов, А.И. Смыслов, В.Л. Самусь // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – № S49. – С. 507-515.
13. Углеродный след угледобывающего предприятия / О.В. Тайлаков, Д.Н. Застрелов, Е.В. Лукина // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. – 2021. – № 3. – С. 53-58.
14. Информационно-измерительная система прогнозирования и предупреждения аварийных выбросов газа в атмосферу / В.М. Панарин [и др.] // Экология и промышленность России. – 2020. – Том 24. – № 5. – С. 9-13.
15. Методологический подход к моделированию процессов природопользования / В.И. Ефимов, О.С. Коробова, С.М. Попов, Н.В. Ефимова // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2017. – № 4. – С. 18-27.
16. Геоэкологическая оценка эффективности защиты окружающей среды и природоохранительных мероприятий при подземной добыче угля / Н.М. Качурин, Г.В. Стась, С.З.-к. Калаева, Т.В. Корчагина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2016. – № 3. – С. 63-81.



17. Обеспечение экологической безопасности горных предприятий по водному фактору на основе нейросетевого моделирования / Э.М. Соколов, Л.Э. Шейнкман, Д.В. Дергунов // Записки Горного института. – 2015. – Том 211. – С. 96-103.
18. Обеспечение экологической безопасности водных объектов от загрязнения фенолами, содержащимися в шахтных стоках / Л.Э. Шейнкман, Д.В. Дергунов // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 1 (159). – С. 44-50.
19. Комплексная оценка экологических рисков объектов нефтегазодобычи / Н.В. Горленко, М.А. Мурзин, С.С. Тимофеева // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2020. – № 1. – С. 48-52.
20. Комплексная оценка экологических рисков горнодобывающих предприятий Байкальского региона / С.С. Тимофеева, М.А. Мурзин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – № S27. – С. 100-112.
21. Принципы формирования эколого-экономической оценки использования отходов углеобогащения / Н.М. Качурин, В.И. Ефимов, И.Б. Никулин // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2016. – № 3. – С. 232-243.
22. От наблюдения к управлению воздействием на окружающую среду при сооружении транспортных тоннелей / С.Г. Гендлер, Е.И. Домпальм // Метро и тоннели. – 2011. – № 6. – С. 33-36.
23. К вопросу минимизации негативного воздействия горного производства на окружающую среду / В.И. Ефимов, Р.Р. Минибаев, Т.В. Корчагина, Я.А. Новикова // Уголь. – 2017. – № 1 (1090). – С. 66-68.
24. К вопросу снижения техногенного воздействия предприятий угольной промышленности на водные ресурсы / В.И. Ефимов, Р.Р. Минибаев, Т.В. Корчагина, С.А. Свиноаренко // Уголь. – 2017. – № 6 (1095). – С. 62-64.
25. К вопросу переработки угольных шламов / В.И. Ефимов, Т.В. Корчагина, А.И. Антонов // Уголь. – 2018. – № 2 (1103). – С. 77-80.
26. Перспективы безотходной утилизации хвостов обогащения руд / Ю.В. Дмитрак, О.З. Габараев, Ю.И. Разоренов, Н.М. Качурин // Вектор геонаук. – 2019. – Том 2. – № 3. – С. 19-24.
27. Совершенствование природоохранных технологий пылеподавления поверхности хвостохранилищ закрытых оловорудных предприятий / Л.Т. Крупская [и др.] // Экологическая химия. – 2021. – Том 30. – № 3. – С. 165-174.
28. Обоснование технологического решения по экологической реабилитации техногенных образований / Л.Т. Крупская, Д.А. Голубев, М.Ю. Филатова // Лесохозяйственная информация. – 2019. – № 1. – С. 19-32.
29. Управление геоэкологической безопасностью при сооружении объектов метрополитенов в мегаполисах / С.Г. Гендлер, Л.В. Рыжова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № S32. – С. 3-11.
30. Управление экологической безопасностью при обращении с грунтами, образующимися при строительстве объектов метрополитена / Л.В. Рыжова, С.Г. Гендлер, Т.С. Титова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № S32. – С. 29-41.
31. Комплексная переработка угольных шламов в товарную продукцию / В.И. Ефимов, Т.В. Корчагина, А.И. Антонов, В.И. Сарычев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – № 3. – С. 42-48.
32. Фитомайнинг: современное состояние и перспективы / С.С. Тимофеева // XXI век. Техносферная безопасность. – 2018. – Том 3. – № 3. – С. 112-128.
33. К концепции экологически рационального взрывного разрушения горных пород при открытой разработке месторождений / В.И. Комащенко, Е.Д. Воробьев, В.И. Сарычев, К.А. Головин // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2019. – № 3. – С. 37-47.
34. Пути снижения пылевыведения при пневмотранспорте и погрузке коксовой пыли на коксохимическом производстве / В.Г. Михайлов, А.Н. Малюгин, Г.С. Михайлов, К.Ю. Вильгельм // Проблемы экономики и управления: социокультурные, правовые и организационные аспекты: сборник статей магистрантов и преподавателей КузГТУ. Кемерово: КузГТУ, 2021. – С. 308-313.
35. Использование полимерных реагентов для обеззараживания сточных вод / В.И. Ефимов, Т.В. Корчагина, Л.Л. Рыбак, Н.В. Ефимова // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2019. – № 1. – С. 3-9.
36. Экологически рациональное освоение угольных месторождений / В.И. Сарычев, В.В. Факторович, Е.К. Мосина, Л.Л. Рыбак // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2014. – № 3. – С. 22-30.
37. Применение безлюдных технологий на открытых горных работах / В.И. Ефимов, Н.И. Абрамкин, Н.В. Ефимова // Устойчивое развитие горных территорий. – 2021. – Т. 13. – № 3 (49). – С. 449-456.



38. Методические основы формирования направлений использования техногенного минерального сырья / А.В. Мясков, С.М. Попов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 6. – С. 231-240.
39. Экологическая безопасность: направления снижения негативных воздействий горнодобывающих предприятий на природные экосистемы / А.В. Мясков // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2018. – № 3. – С. 39-44.
40. Управление отходами в современной России / А.В. Шевчук, С.П. Анисимов, Я.В. Бакунев [и др.]. М.: Совет по изучению производительных сил Всероссийской академии внешней торговли, 2021. – 560 с.
41. Снижение вредного воздействия промышленных производств на окружающую среду путем использования техногенных отходов / М.М. Хайрутдинов, Р.А. Ковалев, А.Б. Копылов, Н.Д. Кулаков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – № 4. – С. 109-121.
42. Вовлечение отходов тепловых электростанций в эколого-ориентированное развитие экономики / С.П. Киселева [и др.] // Уголь. – 2020. – № 11 (1136). – С. 64-66.
43. К вопросу образования отходов производства от предприятий угольной отрасли в Кузбассе / В.И. Ефимов, Р.В. Сидоров, Т.В. Корчагина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 1. – С. 85-96.
44. Анализ существующих методов использования и переработки отходов угледобычи / И.В. Починков, А.В. Мясков // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2013. – № 5. – С. 76-82.
45. Методические основы эколого-экономической оценки способов вовлечения отходов углеобогащения в хозяйственную деятельность регионов / В.И. Ефимов, С.М. Попов, П.М. Федяев, Н.В. Ефимова. 2016. Тула: Тульский государственный университет. – 121 с.
46. Горнопромышленные отходы: типы потребительских рынков и оценка степени соответствия их различным видам продукции / В.И. Ефимов, С.М. Попов, К.А. Головин, А.Б. Копылов // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2017. – № 3. – С. 223-231.
47. Комплексная геоэкологическая оценка строительных материалов и изделий из отходов горного производства / Г.Г. Рябов, В.И. Сарычев, А.А. Маликов, М.В. Хмелевский // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2014. – № 2. – С. 3-13.
48. Развитие экологически чистых технологий по использованию отходов обогащения и сжигания угля / В.И. Мурко [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 10. – С. 249-258.
49. Возможности использования магний-силикатных отходов на снижение экологической нагрузки на атмосферу при самовозгорании угля / С.С. Тимофеева, Г.И. Смирнов // Вестник технологического университета. – 2018. – Том 21. – № 1. – С. 66-70.
50. Эколого-экономическая эффективность кооперации при управлении отходами / В.В. Храмов, Я.Д. Вишняков // Отходы и ресурсы. – 2020. – № 3. <https://resources.today/PDF/06ECOR320.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана.
51. К вопросу оценки эффективности и снижения рисков стратегии эколого-ориентированного развития предприятия / Л.В. Маколова, С.П. Киселева, Я.Д. Вишняков // Отходы и ресурсы. – 2021. – № 2. <https://resources.today/PDF/05ECOR221.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана.
52. Исследование динамики образования и использования отходов углеперерабатывающего предприятия / В.Г. Михайлов, Т.В. Галанина, Я.С. Михайлова // Горный журнал. – 2019. – № 4. – С. 89-93.
53. Совершенствование механизмов обеспечения геоэкологической безопасности в области обращения с отходами / В.Г. Михайлов, А.А. Хорешок // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2022. – № 3. – С. 40-54.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2023 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Михайлов Владимир Геннадьевич, к.т.н., доц.

e-mail: mvg.eohp@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28



OVERVIEW OF CURRENT TRENDS IN GEO-ENVIRONMENTAL SAFETY

Vladimir G. Mikhailov

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University



Article info

Received:
18 December 2022

Revised:
16 February 2023

Accepted:
02 March 2023

Keywords: Kemerovo region - Kuzbass, geoecology, safety, environment, negative impact, monitoring, technological solutions

Abstract.

The environmental situation of the Kemerovo Region - Kuzbass is determined by the presence of such basic industries as coal mining and coal processing, chemical, metallurgical and energy industries. Despite ensuring socio-economic stability of the region, the concentration of a large number of enterprises leads to an increased ecological load on the environment, which is expressed in emissions into the air from stationary and mobile sources of pollution, in discharges of pollutants with wastewater into surface and ground water sources, in formation and disposal of waste production and consumption, as well as other types of negative impact (noise, vibration, electromagnetic radiation and others). Under such conditions, the choice of effective directions of geoecological safety, including organizational and technological solutions, as well as the ones based on the principles of the best available technologies, is of great importance.

For citation Mikhailov V.G. (2023) Overview of current trends in geo-environmental safety, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 1(20):71. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-1-71-97, EDN: UNQSGF

References

1. Ispol'zovanie vskryshnykh porod dlya povysheniya ekologicheskoy bezopasnosti ugledobyvayushchego regiona / E.V. Makridin, M.A. Tyulenev, S.O. Markov [i dr.] // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). – 2020. – № 12. – S. 89-102.
2. Sinergeticheskii podkhod k resheniyu geoekologicheskikh problem ugledobyvayushchikh i uglepererabatyvayushchikh subklasterov / A.A. Khoreshok, O.I. Litvin, D.M. Dubinkin [i dr.] // Ugol'. – 2022. – № 12 (1161). – S. 82-87.
3. Doklad o sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy Kemerovskoy oblasti – Kuzbassa v 2020 godu [Elektronnyy resurs]. Kemerovo: Administratsiya Pravitel'stva Kuzbassa. Ministerstvo prirodnkh resursov i ekologii Kuzbassa, 2022. 492 s.
4. Zagryaznenie atmosfernogo vozdukh v Kemerovskoy oblasti / S.I. Grigashkina, I.N. Tret'yakova // Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri. Sibresurs 2012: Materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tom 2. – Kemerovo: KuzGTU. – 2012. – S. 173-175.
5. Environmental Monitoring of the Coal Cluster in Transition to Sustainable Development / E. Scherbenko, E.A. Gasanov, M.A. Tyulenev [et al.] // E3S web of conferences: The Second Interregional Conference, Kemerovo. – 2021. – Vol. 278. – P. 02005.
6. Otsenka tekhnogennoy zagryazneniya vozdukh pri pylenii khvostokhranilishch / L.P. Mayorova [i dr.] // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2021. – № 1. – S. 5-20.
7. Ispol'zovanie kompleksnykh metodov dlya otsenki sostoyaniya okruzhayushchey sredy v zone vliyaniya khvostokhranilishch / L.T. Krupskaya [i dr.] // Ekologicheskaya khimiya. – 2016. – Tom 25. – № 3. – S. 158-162.
8. Otsenka ekologicheskoy bezopasnosti osvoeniya mestorozhdeniya pri podzemnoy dobyche uglia / L.E. Sheynkman, V.I. Sarychev, G.G. Ryabov, E.A. Mashintsov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2018. – № 3. – S. 73-84.
9. Sistemnye printsipy otsenki ekologicheskoy effektivnosti i bezopasnosti podzemnoy dobychi uglia / N.M. Kachurin, R.A. Kovalev, V.I. Sarychev, K.A. Golovin // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2019. – № 7. – S. 312-319.



10. Metodicheskie polozheniya kompleksnoy ekologicheskoy otsenki vozdeystviya porodnykh otvalov shakht na okruzhayushchuyu sredu / V.I. Efimov, G.V. Stas', T.V. Korchagina, D.O. Prokhorov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2020. – № 3. – S. 18-28.
11. Ekologicheskii monitoring aerogazodinamicheskikh i teplovykh protsessov pri zakrytii ugol'nykh shakht / M.V. Gryazev, N.M. Kachurin, V.I. Efimov, T.V. Korchagina. – 2020. Tula: Tul'skiy gosudarstvennyy universitet. – 265 s.
12. Kolichestvennoe opredelenie ob'emov vybrosov parnikovyykh gazov na ugol'nykh predpriyatiyakh / O.V. Taylakov, D.N. Zastrel'ov, A.I. Smyslov, V.L. Samus' // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2018. – № S49. – S. 507-515.
13. Uglernyy sled ugledobyvayushchego predpriyatiya / O.V. Taylakov, D.N. Zastrel'ov, E.V. Lukina // Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti. – 2021. – № 3. – S. 53-58.
14. Informatsionno-izmeritel'naya sistema prognozirovaniya i preduprezhdeniya avariynykh vybrosov gaza v atmosferu / V.M. Panarin [i dr.] // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2020. – Tom 24. – № 5. – S. 9-13.
15. Metodologicheskii podkhod k modelirovaniyu protsessov prirodopol'zovaniya / V.I. Efimov, O.S. Korobova, S.M. Popov, N.V. Efimova // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2017. – № 4. – S. 18-27.
16. Geoekologicheskaya otsenka effektivnosti zashchity okruzhayushchey sredy i prirodookhranitel'nykh meropriyatiy pri podzemnoy dobyche uglia / N.M. Kachurin, G.V. Stas', S.Z.-k. Kalaeva, T.V. Korchagina // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2016. – № 3. – S. 63-81.
17. Obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti gornykh predpriyatiy po vodnomu faktoru na osnove neyrosetevogo modelirovaniya / E.M. Sokolov, L.E. Sheynkman, D.V. Dergunov // Zapiski Gornogo instituta. – 2015. – Tom 211. – S. 96-103.
18. Obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti vodnykh ob'ektov ot zagryazneniya fenolami, sodershashchimisiya v shakhtnykh stokakh / L.E. Sheynkman, D.V. Dergunov // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. – 2015. – № 1 (159). – S. 44-50.
19. Kompleksnaya otsenka ekologicheskikh riskov ob'ektov neftegazodobychi / N.V. Gorlenko, M.A. Murzin, S.S. Timofeeva // Transport i khranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. – 2020. – № 1. – S. 48-52.
20. Kompleksnaya otsenka ekologicheskikh riskov gornodobyvayushchikh predpriyatiy Baykal'skogo regiona / S.S. Timofeeva, M.A. Murzin // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2018. – № S27. – S. 100-112.
21. Printsipy formirovaniya ekologo-ekonomicheskoy otsenki ispol'zovaniya otkhodov ugleobogashcheniya / N.M. Kachurin, V.I. Efimov, I.B. Nikulin // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2016. – № 3. – S. 232-243.
22. Ot nablyudeniya k upravleniyu vozdeystviem na okruzhayushchuyu sredu pri sooruzhenii transportnykh tonneley / S.G. Gendler, E.I. Dompal'm // Metro i tonneli. – 2011. – № 6. – S. 33-36.
23. K voprosu minimizatsii negativnogo vozdeystviya gornogo proizvodstva na okruzhayushchuyu sredu / V.I. Efimov, R.R. Minibaev, T.V. Korchagina, Ya.A. Novikova // Ugol'. – 2017. – № 1 (1090). – S. 66-68.
24. K voprosu snizheniya tekhnogennogo vozdeystviya predpriyatiy ugol'noy promyshlennosti na vodnye resursy / V.I. Efimov, R.R. Minibaev, T.V. Korchagina, S.A. Svinarenko // Ugol'. – 2017. – № 6 (1095). – S. 62-64.
25. K voprosu pererabotki ugol'nykh shlamov / V.I. Efimov, T.V. Korchagina, A.I. Antonov // Ugol'. – 2018. – № 2 (1103). – S. 77-80.
26. Perspektivy bezotkhodnoy utilizatsii khvostov obogashcheniya rud / Yu.V. Dmitrak, O.Z. Gabaraev, Yu.I. Razorenov, N.M. Kachurin // Vektor geonauk. – 2019. – Tom 2. – № 3. – S. 19-24.
27. Sovershenstvovanie prirodookhrannykh tekhnologiy pylepodavleniya poverkhnosti khvostokhranilishch zakrytykh olovorudnykh predpriyatiy / L.T. Krupskaya [i dr.] // Ekologicheskaya khimiya. – 2021. – Tom 30. – № 3. – S. 165-174.
28. Obosnovanie tekhnologicheskogo resheniya po ekologicheskoy reabilitatsii tekhnogennykh obrazovaniy / L.T. Krupskaya, D.A. Golubev, M.Yu. Filatova // Lesokhozyaystvennaya informatsiya. – 2019. – № 1. – S. 19-32.
29. Upravlenie geoekologicheskoy bezopasnost'yu pri sooruzhenii ob'ektov metropolitenov v megapolisakh / S.G. Gendler, L.V. Ryzhova // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2019. – № S32. – S. 3-11.
30. Upravlenie ekologicheskoy bezopasnost'yu pri obrashchenii s gruntami, obrazuyushchimisiya pri stroitel'stve ob'ektov metropolitena / L.V. Ryzhova, S.G. Gendler, T.S. Titova // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2019. – № S32. – S. 29-41.
31. Kompleksnaya pererabotka ugol'nykh shlamov v tovarnyuyu produktsiyu / V.I. Efimov, T.V. Korchagina, A.I. Antonov, V.I. Sarychev // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2018. – № 3. – S. 42-48.



32. Fitomayning: sovremennoe sostoyanie i perspektivy / S.S. Timofeeva // XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2018. – Tom 3. – № 3. – S. 112-128.
33. K kontseptsii ekologicheskoi ratsional'nogo vzryvnogo razrusheniya gornyykh porod pri otkrytoy razrabotke mestorozhdeniy / V.I. Komashchenko, E.D. Vorob'ev, V.I. Sarychev, K.A. Golovin // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2019. – № 3. – S. 37-47.
34. Puti snizheniya pylevydeleniya pri pnevmotransporte i pogruzke koksovoy pyli na koksokhimicheskom proizvodstve / V.G. Mikhailov, A.N. Malyugin, G.S. Mikhailov, K.Yu. Vil'gel'm // Problemy ekonomiki i upravleniya: sotsiokul'turnye, pravovye i organizatsionnye aspekty: sbornik statey magistrantov i prepodavateley KuzGTU. Kemerovo: KuzGTU, 2021. – S. 308-313.
35. Ispol'zovanie polimernyykh reagentov dlya obezrazhivaniya stochnykh vod / V.I. Efimov, T.V. Korchagina, L.L. Rybak, N.V. Efimova // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2019. – № 1. – S. 3-9.
36. Ekologicheskii ratsional'noe osvoenie ugol'nykh mestorozhdeniy / V.I. Sarychev, V.V. Faktorovich, E.K. Mosina, L.L. Rybak // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2014. – № 3. – S. 22-30.
37. Primenenie bezlyudnykh tekhnologiy na otkrytykh gornyykh rabotakh / V.I. Efimov, N.I. Abramkin, N.V. Efimova // Ustoychivoe razvitie gornyykh territoriy. – 2021. – T. 13. – № 3 (49). – S. 449-456.
38. Metodicheskie osnovy formirovaniya napravleniy ispol'zovaniya tekhnogen'nogo mineral'nogo syr'ya / A.V. Myaskov, S.M. Popov // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2016. – № 6. – S. 231-240.
39. Ekologicheskaya bezopasnost': napravleniya snizheniya negativnykh vozdeystviy gornodobyvayushchikh predpriyatii na prirodnye ekosistemy / A.V. Myaskov // Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti. – 2018. – № 3. – S. 39-44.
40. Upravlenie otkhodami v sovremennoy Rossii / A.V. Shevchuk, S.P. Anisimov, Ya.V. Bakunov [i dr.]. M.: Sovet po izucheniyu proizvoditel'nykh sil Vserossiyskoy akademii vneshney torgovli, 2021. – 560 s.
41. Snizhenie vrednogo vozdeystviya promyshlennykh proizvodstv na okruzhayushchuyu sredu putem ispol'zovaniya tekhnogen'nykh otkhodov / M.M. Khayrutdinov, R.A. Kovalev, A.B. Kopylov, N.D. Kulakov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2021. – № 4. – S. 109-121.
42. Vovlechenie otkhodov teplovykh elektrostantsiy v ekologo-orientirovannoe razvitie ekonomiki / S.P. Kiseleva [i dr.] // Ugol'. – 2020. – № 11 (1136). – S. 64-66.
43. K voprosu obrazovaniya otkhodov proizvodstva ot predpriyatii ugol'noy otrasli v Kuzbasse / V.I. Efimov, R.V. Sidorov, T.V. Korchagina // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2017. – № 1. – S. 85-96.
44. Analiz sushchestvuyushchikh metodov ispol'zovaniya i pererabotki otkhodov ugledobychi / I.V. Pochinkov, A.V. Myaskov // Nauchnyy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta. – 2013. – № 5. – S. 76-82.
45. Metodicheskie osnovy ekologo-ekonomicheskoy otsenki sposobov vovlecheniya otkhodov ugleobogashcheniya v khozyaystvennuyu deyatel'nost' regionov / V.I. Efimov, S.M. Popov, P.M. Fedyaev, N.V. Efimova. 2016. Tula: Tul'skiy gosudarstvennyy universitet. – 121 s.
46. Gornopromyshlennyye otkhody: tipy potrebitel'skikh rynkov i otsenka stepeni sootvetstviya ikh razlichnym vidam produktsii / V.I. Efimov, S.M. Popov, K.A. Golovin, A.B. Kopylov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2017. – № 3. – S. 223-231.
47. Kompleksnaya geoekologicheskaya otsenka stroitel'nykh materialov i izdeliy iz otkhodov gornogo proizvodstva / G.G. Ryabov, V.I. Sarychev, A.A. Malikov, M.V. Khmelevskiy // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2014. – № 2. – S. 3-13.
48. Razvitie ekologicheskoi chistykh tekhnologiy po ispol'zovaniyu otkhodov obogashcheniya i szhiganiya uglya / V.I. Murko [i dr.] // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2016. – № 10. – S. 249-258.
49. Vozmozhnosti ispol'zovaniya magniy-silikatnykh otkhodov na snizhenie ekologicheskoy nagruzki na atmosferu pri samovozgoranii uglya / S.S. Timofeeva, G.I. Smirnov // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. – 2018. – Tom 21. – № 1. – S. 66-70.
50. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' kooperatsii pri upravlenii otkhodami / V.V. Khramov, Ya.D. Vishnyakov // Otkhody i resursy. – 2020. – № 3. <https://resources.today/PDF/06ECOR320.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana.
51. K voprosu otsenki effektivnosti i snizheniya riskov strategii ekologo-orientirovannogo razvitiya predpriyatiya / L.V. Makolova, S.P. Kiseleva, Ya.D. Vishnyakov // Otkhody i resursy. – 2021. – № 2. <https://resources.today/PDF/05ECOR221.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana.
52. Issledovanie dinamiki obrazovaniya i ispol'zovaniya otkhodov uglepererabatyvayushchego predpriyatiya / V.G. Mikhailov, T.V. Galanina, Ya.S. Mikhaylova // Gornyy zhurnal. – 2019. – № 4. – S. 89-93.



53. Sovershenstvovanie mekhanizmov obespecheniya geoekologicheskoy bezopasnosti v oblasti obrashcheniya s otkhodami / V.G. Mikhaylov, A.A. Khoreshok // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2022. – № 3. – S. 40-54.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2023 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Vladimir G. Mikhailov, PhD (Tech.), Associate Professor of the Department of Industrial Management

e-mail: mvg.eohp@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

28 Vesennaya str., Russian Federation, Kemerovo, 650000

