

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ

Л.А. Колесникова^{1,2}, Т.В. Ковальчук¹

¹ НИТУ «МИСиС»

² Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»

Аннотация: В современном мире развития науки и техники решающим условием роста производства часто становится неизбежное воздействие горнодобывающей отрасли на окружающую среду. Влияние угледобывающей отрасли особенно сильно сказывается на всех компонентах окружающей среды. Больше всего подвергаются воздействию водный бассейн, земная поверхность, недра, а также происходит загрязнение воздушного бассейна, флоры и фауны. В водные объекты постоянно сбрасываются хозяйственно-бытовые, производственные, карьерные и шахтные сточные воды, нарушается гидрохимический и гидродинамический режимы подземных и поверхностных вод. Земли засоряются отходами добычи и переработки угля и изымаются из землепользования. Происходит загрязнение атмосферы выбросами горящих отвалов пород, системами аспирации, коммунальных и промышленных котельных, горнотранспортного оборудования. Чтобы изменить экологическую обстановку в зонах воздействия горнодобывающих предприятий, следует детально проводить мониторинг выбросов и сбросов в воздушную и водную среду, тщательно следить за качеством питьевой воды, в короткие сроки создавать очистные сооружения, заблаговременно разрабатывать планы мероприятий по защите земной поверхности. Произведен аналитический обзор основных проблем экологической безопасности горнодобывающих регионов, проведен анализ статистических данных по мировому потреблению угля, изучено качество воздуха в различных регионах, рассмотрены перспективы по улучшению экологической ситуации в горнодобывающих регионах.

Ключевые слова: состояние окружающей среды, уголь, добыча угля, угольная промышленность, регионы, экологические проблемы, экология регионов, природоохранные мероприятия.

Для цитирования: Колесникова Л.А., Ковальчук Т.В. Проблемы и перспективы экологической безопасности горнодобывающих регионов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 2–1. – С. 275–286. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-275-286.

Problems and prospects of environmental safety of mining regions

L.A. Kolesnikova^{1,2}, T.V. Kovalchuk¹

¹ NUST «MISIS», Moscow, Russia,

² Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Abstract: In the modern world of the development of science and technology, the inevitable impact of the mining industry on the environment often becomes a decisive condition for the growth of production. The impact of the coal mining industry is particularly strong on

all components of the environment. The water basin, the earth's surface, the subsoil are most affected, and the air basin, flora and fauna are polluted. Household, industrial, quarry and mine waste waters are constantly discharged into water bodies, the hydrochemical and hydrodynamic regimes of ground and surface waters are disturbed. Lands are littered with waste from coal mining and processing and are withdrawn from land use. The atmosphere is polluted by emissions of burning rock dumps, aspiration systems, municipal and industrial boiler houses, mining equipment. In order to change the environmental situation in the zones of influence of mining enterprises, it is necessary to conduct detailed monitoring of emissions and discharges into the air and water environment, carefully monitor the quality of drinking water, create treatment facilities in a short time, and develop plans for measures to protect the earth's surface in advance. The authors carried out an analytical review of the main problems of environmental safety in mining regions, analyzed statistical data on global coal consumption, studied air quality in various regions, and considered prospects for improving the environmental situation in mining regions.

Key words: state of the environment, coal, coal mining, coal industry, regions, environmental problems, regional ecology, environmental protection measures.

For citation: Kolesnikova L.A., Kovalchuk T.V. Problems and prospects of environmental safety of mining regions. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(2–1):275–286. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-275-286.

Введение

Индустриальное развитие и активный технический прогресс связаны с истощением природных ресурсов и нарушением естественных процессов в природе, они влияют на загрязнение окружающей среды. Интенсивный рост использования природных ресурсов (компонентов) ведет к изменению масштаба антропогенного воздействия и появлению новых факторов, которые ранее оказывали незначительное влияние на природу, но со временем стали доминирующими. В связи с глобальной нехваткой электроэнергии увеличивается и спрос на энергоресурсы. Одним из таких энергоресурсов по праву можно назвать уголь, являющийся доступным и дешевым энергоносителем.

Использование угля для получения тепловой и электрической энергии привело к масштабному загрязнению окружающей среды. Вред, наносимый компонентам природы, грозит серьезными последствиями для общества и напрямую влияет на «экологическую безопасность» [1 – 3]. Экологическая

безопасность включает в себя систему регулирования и управления, способную прогнозировать и ликвидировать развитие опасных, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера для достижения допустимого уровня негативного воздействия природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека [4 – 7].

Как и во многих странах, в России энергетика относится к жизнеобеспечивающим отраслям. Формирование высоконадежного топливно-энергетического равновесия является очень важным стратегическим преимуществом в обеспечении экономической стабильности России. В программах по развитию угольной промышленности России заложена перспектива роста потребления твердого топлива как энергетического ресурса, используемого для выработки 40 % электрической и 60 % тепловой энергии [8, 9]. Согласно данным Росстата и отчетам угледобывающих компаний в России в 2019 г. было добыто порядка 440 млн т, из них откры-

тым способом добыто около 335 млн т, подземным — 105 млн т. Таким образом, удельный вес открытой добычи угля составил 75,7 % [10, 11].

Особенности горной добычи

В целом потребление угля в мире не уменьшается, но если анализировать прогноз потребления угля по странам, то для европейских стран, США и Китая характерно снижение потребления угля в связи с переходом на использование углеводородного топлива, а также ужесточение экологических норм. Для стран же Азиатско-Тихоокеанского региона (рис. 1) — Индии, Индонезии, Австралии, Южной Кореи, Малайзии низкая себестоимость добычи и запасы угля делают его привлекательным ресурсом [1, 12].

Сам процесс переработки угля связан с загрязнением окружающей среды, а это в свою очередь влияет на здоровье человека и повышает смертность. Но и добыча угля на всех стадиях разработки и переработки оказывает негативное влияние на окружающую среду (рис. 2).

В результате разработки месторождения угля различными способами затрагиваются все компоненты окружающей среды. При ведении добычных работ происходит изменение ландшафта, при осушении месторождения нарушается гидродинамический режим, происходит выброс пыли и газов в атмосферу от буровзрывных работ, транспортировки угля, работы горной техники, при сбросе сточных вод загрязняются поверхностные источники.

Впоследствии образуются депрессионные воронки, пустоты в горном массиве, а это, в свою очередь, приводит к истощению грунтовых вод, к активации деформационных процессов, с углублением повышаются сейсмич-

ность и температурные поля массива, подтопления и др.

После обогащения угля образуются отходы, которые складываются на большие территории в виде терриконов, которые пылят и горят, выделяя в атмосферу вредные вещества, а ещё под действием осадков и химических превращений компонентов в отвалах из них выделяются вредные вещества, которые попадают в грунтовые и поверхностные воды.

Ввиду интенсивного роста спроса на уголь добыча полезных ископаемых сопровождается образованием большого количества различных отходов. Многие из них при переработке могут быть использованы в хозяйственных нуждах, поскольку содержат полезные компоненты, но при условии снижения стоимости на их получение. Такой метод организации производства неизбежно ведет к ускоренному и необратимому нарушению природных экосистем в местах функционирования горных предприятий. При возрастании дефицита полезных ископаемых и увеличении объемов переработки природного сырья подобное отсутствие баланса в системе «сырьё-продукция-отходы» создает перспективы наступления глобального ресурсного и экологического кризиса как в России, так и во всем мире.

Только в нашей стране аккумулярованные на разных полигонах промышленных предприятий суммарные запасы отходов оцениваются, согласно разным источникам, в пределах от 80 до 120 млрд т. Ежегодный прирост составляет до 7 млрд т. Количество переработанных отходов в России не превышает 10 %, несмотря на сегодняшнее угрожающее экологическому благополучию населения положение [13].

Использование угля на крупных тепловых электростанциях в качестве топлива оказывает очень серьезное

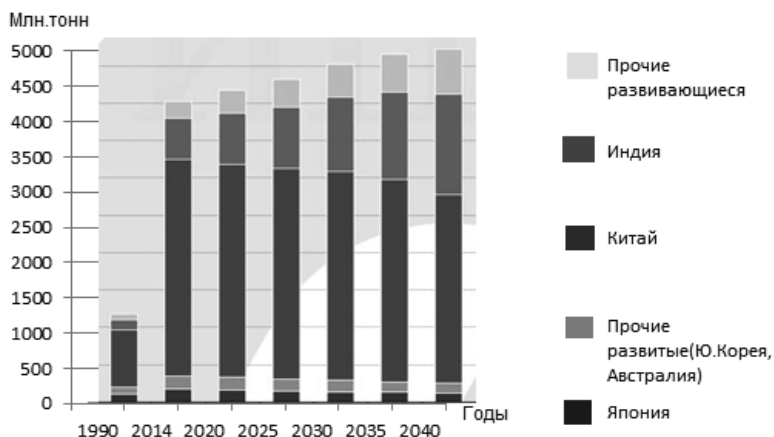


Рис. 1. Прогноз потребления угля [1]
 Fig. 1. Forecast of coal consumption [1]

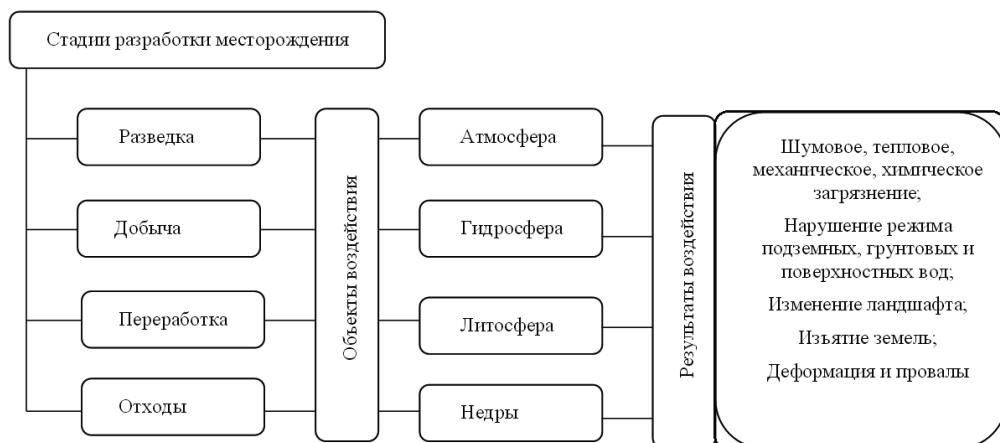


Рис. 2. Воздействия разработки угольного месторождения
 Fig. 2. Impacts of Coal Field Development

воздействие на окружающую среду. При сжигании угля образуется большое количество золошлаков, которые складываются возле ТЭС и способствуют миграции вредных веществ из золошлаков в окружающую среду. Так как химический состав золошлаков многообразен, использовать золошлаки невозможно без подготовки. Также при сжигании угля в атмосферу выделяются в больших объемах азото- и серосодержащие оксиды, углекислый газ, зола, сажа, пыль и другие вещества,

способные оказывать негативное влияние на окружающую среду и на здоровье людей.

Загрязнение воздуха представляет собой наиболее серьезную угрозу для здоровья населения. Так, по оценкам ВОЗ, повышение содержания вредных веществ в атмосфере способствует возникновению 7 млн преждевременных смертей в год, так как 92 % населения мира вынуждены дышать токсичным выбросами. В развивающихся странах 98 % детей в возрасте до пяти

лет дышат загрязненным воздухом, и это является основной причиной детской смертности в возрасте до 15 лет.

Во всем мире загрязнение окружающего воздуха ежегодно убивает 600 000 человек: 29 % смертей и заболеваний происходят от рака легких; 17 % — от острой инфекции нижних дыхательных путей; 24 % — от инсульта; 25% — от ишемической болезни сердца; 43% смертей и заболеваний — от хронической болезни легких [12].

При оценке качества воздуха основное внимание уделяется концентрациям РМ 2,5, поскольку этот загрязнитель считается наиболее опасным для здоровья человека. Их микроскопический размер позволяет веществам проникать в кровотоки через дыхательную систему и вызывать серьезные последствия для здоровья, включая астму, рак легких и болезни сердца. Загрязнение воздуха РМ 2,5 также приводит к малому весу при рождении младенцев, увели-

чению числа острых респираторных инфекций и инсультов (рис. 3).

По данным 2019 г. Южная Азия, Юго-Восточная Азия и Западная Азия оказались самыми загрязненными мелкодисперсными твердыми частицами (РМ 2,5). Города в этих регионах также занимают высокие позиции в мировом рейтинге городов. Из 30 самых загрязненных городов мира в 2019 году 21 город находится в Индии, 27 — в Южной Азии, и все 30 — в пределах Большой Азии. Используя средневзвешенное значение численности населения, Бангладеш является наиболее загрязненной страной по воздействию РМ 2,5. Пакистан, Монголия, Афганистан и Индия следуют за ними, отклоняясь друг от друга менее чем на 10%. Босния и Герцеговина занимает самое высокое место в Европе по уровню загрязнения РМ 2,5, занимая 14-е место в мире по уровню загрязнения, что всего на 4 мкг/м³ меньше, чем нацио-

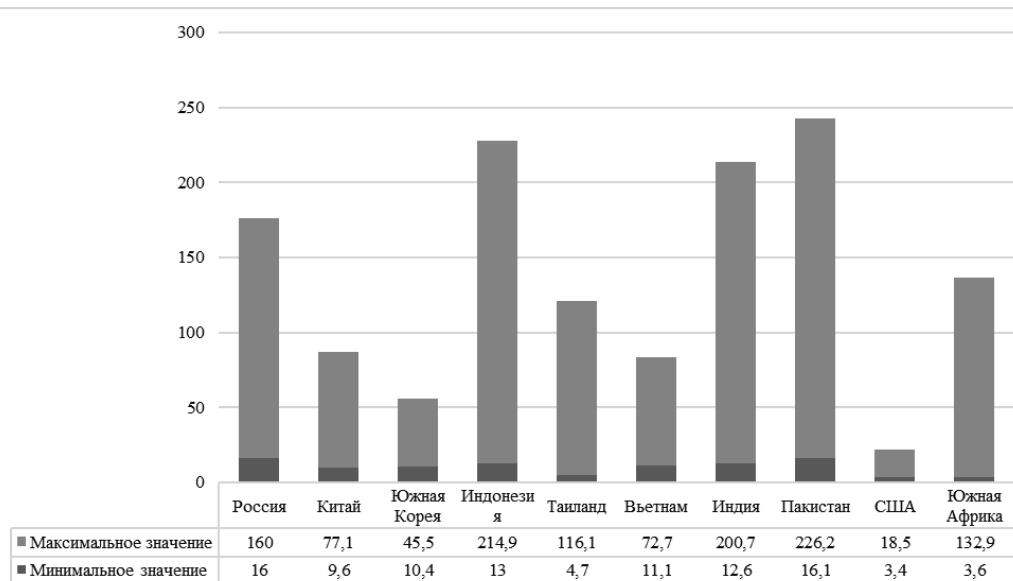


Рис. 3. Концентрация РМ 2,5 (мкг/м³) в атмосферном воздухе различных стран по результатам мониторинга в 2019 г.

Fig. 3. Concentration of PM 2.5 (µg / m³) in the atmospheric air of different countries based on the monitoring results in 2019

нальный средневзвешенный показатель Китая по РМ 2,5 [12].

Добыча и сжигание угля очень серьезно влияет на биосферу, затрагивая все компоненты природы. Но результаты косвенного воздействия при добыче и использовании угля являются наиболее опасными, так как связаны с изменением состояния и режима грунтовых вод, рассеиванием пыли и преобразованием химических веществ в атмосфере в более вредные, с миграцией химических веществ в почве, а также являются причиной угнетения и уничтожения естественной растительности, приводят к миграции диких животных и ухудшению производительности сельского хозяйства.

В совокупности угольная отрасль и сжигание угля с получением тепловой и электрической энергии наносят наибольший вред окружающей среде. Можно выделить основные воздействия при добыче и сжигании угля:

- откачка карьерных и шахтных вод и связанное с ней нарушение гидродинамического режима;

- трансформация и миграция химических веществ в атмосфере, литосфере и гидросфере;

- обмеление ручьев и рек за счёт образования больших депрессионных воронок;

- засоление слоев почв, связанных с обезвоживанием месторождений;

- деформация и провалы земной поверхности в результате образования пустот выработанного пространства углесодержащих пластов;

- затопление и заболачивание в результате нарушения атмосферных и гидрогеологических условий;

- распространение пыли и токсичных газов при сжигании угля, горении террикоников;

- накопление золошлаков за счет сжигания угля;

- выделение парниковых газов и др.

Пути решения проблем

Стремление к целесообразному использованию угольных месторождений в процессе добычи угля может помочь в сохранении природных ресурсов от неотвратимого загрязнения и истощения вследствие развития горнодобывающего производства. Целесообразное использование месторождений угля возможно в результате внедрения комплексных мероприятий: социальных, экономических, научно-технических и производственных. Данный вопрос является межотраслевым.

Отходы при добыче и сжигании угля необходимо рассматривать как ресурс, который можно использовать в качестве внедрения наилучшей доступной технологии (НДТ). Например, окисленные породы в отвалах угледобывающих месторождений можно использовать для очистки шахтных и карьерных сточных вод. Но для этого необходимо проводить лабораторные исследования на возможность использования. Также есть опыт использования золошлаков после сжигания угля в качестве материала для рекультивации, для закладки выработанного пространства при добыче угля. Так как золошлаки имеют различный химический состав и могут содержать компоненты, опасные для окружающей среды, использовать их напрямую нельзя. Сейчас существуют пока единичные случаи использования золошлаков при рекультивации. Для того, чтобы можно было использовать отходы сжигания как НДТ, необходимо на государственном уровне создавать классификаторы отходов, который бы отображал химический состав отходов и возможности их использования.

Угольная отрасль также наносит колоссальный вред гидросфере. Это

связано с тем, что шахтные и карьерные воды на предприятиях угольной промышленности недостаточно очищаются из-за несовершенства очистных сооружений. Вся очистка сводится зачастую к банальной очистке от взвешенных веществ, а содержащиеся в сточной воде ионы минеральных солей и тяжелых металлов остаются и впоследствии попадают в поверхностные источники. Поэтому необходимо также комплексно подходить к данной проблеме и в соответствии с требованиями к качеству очистки внедрять современное и более эффективное оборудование для очистки и обязательно вовлекать очищенные шахтные и карьерные воды в водооборот, а образовавшимся в результате осадкам находить применение [14, 15].

В процессе разработки угольных месторождений открытым способом происходит выброс в атмосферу загрязняющих веществ. Выбросы происходят и при производстве брикетов, обогащении твердого топлива и сжигании угля и при возгорании породных отвалов [16]. В результате этих работ в атмосферу выбрасываются оксиды азота, пыль, сернистый ангидрид, оксид углерода и сероводород. В начале строительства горнодобывающих предприятий, а также при различных технологических процессах, при проведении горных выработок, добыче полезных ископаемых и их транспортировке происходит интенсивное пылеобразование, значительно влияющее на атмосферу [17, 18].

На протяжении длительного времени предпринимаются попытки сократить выбросы в атмосферу от углепромышленного комплекса парниковых газов. Для этого в свое время были созданы международные документы по снижению выбросов, таких как «Киотский протокол», с требованием которого

37 стран обязаны были в период с 2008 по 2012 год снизить выбросы более 5 % относительно 1990 года. «Парижское соглашение по климату» (2015 г.) позволило за счёт использования разных марок углей с более низким содержанием серы и совершенствования технологий очистки газов увеличить производство электроэнергии на 34 %, а общий объем содержания в выбросах CO_2 и NO снизить на 55 и 34 % соответственно [13].

С целью снижения концентраций загрязняющих выбросов угольной теплоэнергетики при сжигании угля возможно использование жидких топлив (КЖТ): водоугольных (ВУТ) или органоводоугольных (ОВУТ) [19].

Все больше мировых держав переходят на энерго- и ресурсосберегающие технологии, применение биотехнологий с возобновляемым сырьем на сегодняшний день является очень перспективным. При таких технологиях для снижения концентрации вредных веществ в выбросах активно применяют растительные добавки к твердым энергоресурсам.

Также комплексный подход должен быть в вопросах нарушения и подвижек земной поверхности на угледобывающих предприятиях. При подземной добыче часто образуются пустоты (карсты), которые при обрушении свода могут на поверхности образовывать провалы в виде так называемых «карстовых воронок», эти процессы сопровождаются землетрясениями [20]. Природные ландшафты также подвергаются отрицательному воздействию подземного метода добычи полезных ископаемых. Вследствие деформации и сдвижения горных пород земная поверхность прогибается, проваливается. Возникает опасность подтопления. Все это приводит в дальнейшем к изменению микроклимата, негатив-

ному воздействию на промышленные объекты и населенные пункты, пашни, леса. Для этого необходимо проводить закладку выработанного пространства действующих угольных шахт, а также засыпку скважин и квершлаггов закрывающихся угольных шахт, чтобы не допускать просадку земной поверхности, а земли над шахтой рекультивировать и возвращать в сельхозугодия. В качестве материалов для закладки и рекультивации можно вовлекать отходы горного производства.

Негативное воздействие подземных горных выработок приводит к засорению поверхности земли, так как происходит вынос пустых пород, складированных в отвалах.

Кроме указанных выше мероприятий, горнодобывающим предприятиям для защиты земель от негативного воздействия следует вводить охранные мероприятия горнотехнического характера, способствующие ликвидации последствий нарушений земель горными выработками методом рекультивации. На современном этапе развития технологий приоритет отдается развертыванию малоотходных производств, которые ощутимо уменьшают отрицательный эффект.

Повышение эффективности природоохранных мероприятий и оздоровление экологического состояния близлежащих территорий относительно горнодобывающих производств достигается использованием технологии, которая позволяет получать сырьё или товарную продукцию из отходов производства с целью применения их для нужд предприятий или других областей.

Каждый раз на государственном уровне обсуждаются вопросы экологической безопасности и составляются документы стратегического планирования, включающие в себя ряд задач

и мер, направленных на обеспечение экологической безопасности на федеральном уровне на долгосрочную перспективу для эффективного взаимодействия органов власти, представителей бизнес-сообществ, общественных организаций для защиты национальных интересов и обеспечения защищенности окружающей среды и человека от негативного влияния хозяйственной деятельности [20–22].

Надежные источники финансирования различных проектов по переработке отходов позволяют предприятиям своевременно не только копить требуемые финансовые ресурсы, но и вкладывать их в проекты производственной и экологической направленности. На каждом этапе жизненного цикла проекта необходимо разрабатывать соответствующие эколого-экономические регуляторы работы горнодобывающей промышленности с целью субсидирования проектов по переработке отходов. Это продлит срок деятельности предприятий, а также снизит нагрузку на окружающую среду.

Заключение

Угольная промышленность в целом, а также использование угля в качестве энергоносителя негативно влияет на окружающую среду. Использование же возобновляемых источников энергии не широко распространены и имеют существенные ограничения, зависящие от климатических и сезонных условий. Все это мешает их масштабному внедрению. В настоящее время мощность всех альтернативных источников энергии в России не превышает 1 %, а это значит, что использование ископаемого топлива, в частности, угля, будет еще долго востребовано. Поэтому прежде всего горнодобывающим предприятиям необходимо решить данную экологическую проблему с помощью принятия

ряда законов и нормативов, которые будут регулировать этапы разработки и добычи месторождений полезных ископаемых. Хорошо повлияет стимулирование предприятий к ведению контроля за соблюдением принятых нормативов и законов на всех этапах разработки. Также необходимо использовать отходы угледобычи и золошлаки в качестве закладки выработанного пространства, для рекультивации и для очистки шахтных и карьерных вод.

Перспективными являются технологии с применением водоугольных (ВУТ) и органоводоугольных (ОВУТ) технологий. Водоугольное топливо представляет вязкую, стабильную, экологически чистую на всех стадиях производства и использования, пожаро- и взрывобезопасную суспен-

зию, в которой в качестве горючей основы используются энергетические, а также неэнергетические угли, угольные шламы с концентрацией твердых веществ не менее 50 % [19].

Только комплексный подход к улучшению экологической безопасности поможет снизить нагрузку на окружающую среду в сфере угледобывающего производства, будет содействовать ее сохранению и бережному подходу к природным ресурсам, а также улучшению среды проживания в населенных пунктах горнодобывающих регионов.

Благодарность

Авторы выражают благодарность старшему преподавателю НИТУ «МИСиС» А.А. Куликовой за помощь в подготовке статьи к публикации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Mark Brusseau, Ian Pepper, Charles Gerba*. Environmental and Pollution Science. 3rd Edition. Academic Press, 2019. 662 p.
2. *Managing Global Warming*. 1st Edition. An Interface of Technology and Human Issues. Trevor Letcher. Academic Press, 2019. 820 p.
3. *Sklarew D., Sklarew J*. Integrated Water-Energy Policy for Sustainable Development // Foresight and STI Governance. 2018, vol. 12, no 4, pp. 10–19. DOI: 10.17323/2500–2597.2018.4.10.19.
4. Development and evaluation of treatment options for recycling ablution greywater / M. Shafiquzzaman, S.K. Alharbi, H. Haider et al. // International Journal of Environmental Science and Technology. 2020, vol. 17, pp. 1225–1238. DOI: 10.1007/s13762-019-02537-7.
5. The risk and phytotoxicity of metal(loid)s in the sediment, floodplain soil, and hygrophilous grasses along Le'an River / Y. Liang, H. Xiao, X. Liu, H. Shi // International Journal of Environmental Science and Technology. 2020, vol. 17, pp. 1963–1974. DOI: 10.1007/s13762-019-02592-0.
6. *Kulikova E. Yu., Balovtsev S.V*. Risk control system for the construction of urban underground structures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 962 042020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/4/042020>.
7. *Скопницева О.В., Ганова С.Д., Бузин А.А., Федотова В.П.* Мероприятия по борьбе с пылью при погрузке и транспортировании твердых полезных ископаемых // Горный журнал. — 2019. — № 12. — С. 76–79. DOI: 10.17580/gzh.2019.12.16.
8. О стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. / Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176.
9. Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года. [Электронный ресурс]. Министерство энергетики Российской Федерации URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1846> (дата обращения: 15.09.2020).

10. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2018 году. М.: ФГБУ «ВИМС», ФГБУ «ВНИГНИ», ФГБУ «Гидроспецгеология», 2019. 426 с.

11. Таразанов И.Г., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь декабрь 2020 года // Уголь. — 2020. — № 3. — С. 54–69. DOI:10.18796/0041-5790-2020-3-54-69.

12. BP Statistical Review of World Energy. London: BP, 2016. 48 p. <http://www.bp.com>.

13. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России. НПП «Кадастр», 2019, 844 с.

14. Куликова А.А., Сергеева Ю.А., Овчинникова Т.И., Хабарова Е.И. Формирование шахтных вод и анализ способов их очистки // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 7. — С. 135–145. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-135-145.

15. Kharlamova T.A., Aliev Z.M. Use of electrolysis under pressure for destructive oxidation of phenol and azo dyes. Russian Journal of Electrochemistry. 2016. T. 52. No 3. Pp. 251–259. DOI: 10.1134/S102319351603006X.

16. Kobylkin A., Musina V., Batugin A., Vorobyeva O., Vishnevskaya, E. Modelling of Aerodynamic Process for Coal Waste Dump Located in Geodynamically Dangerous Zone .IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019, 221(1), 012087.15.

17. Баловцев С.В., Скопинцева О.В., Коликов К.С. Управление аэрологическими рисками при проектировании, эксплуатации, ликвидации и консервации угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6. — С. 85–94. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-85-94.

18. Скопинцева О.В., Баловцев С.В. Управление аэрологическими рисками угольных шахт на основе статистических данных системы аэрогазового контроля // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 1. — С. 78–89. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-78-89.

19. Глушков Д.О., Стрижак П.А., Чернецкий М.Ю. Органоводоугольное топливо: проблемы и достижения (обзор) // Теплоэнергетика. — 2016. — № 10. — С. 31–41.

20. Batugin A. A proposed classification of the earth's crustal areas by the level of geodynamic threat // Geodesy and Geodynamics, 2020. doi:10.1016/j.geog.2020.10.002.

21. Куликова Е.Ю. Оценка экологичности полимерных материалов в подземном строительстве // Экология и промышленность России. — Т.20. — № 3. — 2016. — С.28–31.

22. ИТС 16—2016 Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы. М.: Бюро НДТ, 2016, 218 с. **ИТАБ**

REFERENCES

1. Mark Brusseau, Ian Pepper, Charles Gerba. Environmental and Pollution Science. 3rd Edition. Academic Press, 2019. 662 p.

2. Managing Global Warming. 1st Edition. An Interface of Technology and Human Issues. Trevor Letcher. Academic Press, 2019. 820 p.

3. Sklarew D., Sklarew J. Integrated Water-Energy Policy for Sustainable Development. Foresight and STI Governance. 2018, vol. 12, no. 4, pp. 10–19. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.4.10.19.

4. Development and evaluation of treatment options for recycling abluition greywater / M. Shafiquzzaman, S.K. Alharbi, H. Haider et al. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2020, vol. 17, pp. 1225–1238. DOI: 10.1007/s13762-019-02537-7.

5. Liang Y., Xiao H., Liu X., Shi H. The risk and phytotoxicity of metal(loid)s in the sediment, floodplain soil, and hygrophilous grasses along Le'an River. *International Journal*

of *Environmental Science and Technology*. 2020, vol. 17, pp. 1963–1974. DOI: 10.1007/s13762-019-02592-0.

6. Kulikova E. Yu., Balovtsev S.V. Risk control system for the construction of urban underground structures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, 962 042020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/4/042020>.

7. Skopintseva O.V., Ganova S.D., Buzin A.A., Fedotova V.P. Measures to reduce dusting during loading and transportation of solid mineral resources. *Gornyi Zhurnal*. 2019, no. 12, pp. 76–79. DOI: 10.17580/gzh.2019.12.16. [In Russ].

8. Environmental Security Strategy of the Russian Federation until 2025. Presidential Decree no. 176 of April 19, 2017. [In Russ].

9. Long-Term Program for Coal Sector Development until 2030. [Electronic resource]. Ministry of Energy of the Russian Federation. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/1846> (accessed 15.09.2020). [In Russ].

10. State report on the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2018. Moscow, “VIMS” FSBI, “VNIGNI” FSBI, “Hydrospetsgeologia” FSBI, 426 p. [In Russ].

11. Tarazanov I.G. Russia’s coal industry performance for January – December, 2018. *Ugol’ – Russian Coal Journal*. 2019, no. 3, pp. 64–79. [In Russ]. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-64-79.

12. Environmental problems of coal-mining regions. [Electronic resource]. Federal Service for Supervision of Natural Resources. Available at: https://rpn.gov.ru/upload/ecology_problems.pdf (accessed: 15.09.2020). [In Russ].

13. State report on the state and protection of the environment in the Russian Federation in 2018, Moscow, Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation, Scientific-production Enterprise “Cadastre” LLC, 2019, 844 p. [In Russ].

14. Kulikova A.A., Sergeeva Yu. A., Ovchinnikova T.I., Khabarova E.I. Formation of mine water composition and analysis of treatment methods. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(7):135–145. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-135-145.

15. Kharlamova T.A., Aliev Z.M. Use of electrolysis under pressure for destructive oxidation of phenol and azo dyes. *Russian Journal of Electrochemistry*. 2016. T. 52. no. 3. Pp. 251–259. DOI: 10.1134/S102319351603006X.

16. Kobylkin A., Musina V., Batugin A., Vorobyeva O., Vishnevskaya, E. Modelling of Aerodynamic Process for Coal Waste Dump Located in Geodynamically Dangerous Zone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019, 221(1), 012087.

17. Balovtsev S.V., Skopintseva O.V., Kolikov K.S. Aerological risk management in designing, operation, closure and temporary shutdown of coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6):85–94. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-85-94.

18. Skopintseva O.V., Balovtsev S.V. Air quality control in coal mines based on gas monitoring statistics. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(1):78–89. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-78-89.

19. Glushkov D.O., Strizhak P.A., Chernetsky M. Yu. *Organovodougol’noye toplivo: problemy i dostizheniya (obzor). Teploenergetika* [Organovodocoal fuel: problems and achievements (review). *Teploenergetika*]. 2016, no. 10, pp. 31–41.

20. Batugin A. A proposed classification of the earth’s crustal areas by the level of geodynamic threat. *Geodesy and Geodynamics*, 2020. doi:10.1016/j.geog.2020.10.002.

21. Kulikova E. Yu. Assessment of polymer materials environmental compatibility in underground development. *Ecology and Industry of Russia*. 2016. Vol. 20. Iss. 3. Pp. 28–31. DOI: 10.18412/1816-0395-2016-3-28-31. [In Russ].

22. ITS 16 – 2016 Technical Reference Book. “Mining industry. General processes and techniques”. Moscow, Russian BAT Bureau Publ., 2016, 218 p. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Колесникова Людмила Алексеевна^{1,2} – кандидат экономических наук, доцент, e-mail: luzu@yandex.ru;

*Ковальчук Татьяна Владимировна*¹ – магистр кафедры техносферной безопасности;

¹ НИТУ «МИСиС»;

² Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Москва, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kolesnikova L.A.^{1,2}, Cand. Sci. (Econom.), associate professor, e-mail: luzu@yandex.ru;

*Kovalchuk T.V.*¹, Master of the Department of Technosphere Security;

¹ NUST«MISiS», Moscow, Russia;

² Plekhanov Russian University of Economics, Russia.

Получена редакцией 04.12.2020; получена после рецензии 19.12.2020; принята к печати 01.02.2021.

Received by the editors 04.12.2020; received after the review 19.12.2020; accepted for printing 01.02.2021.

