

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ: ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ НА ПРИМЕРЕ ЗОЛОШЛАКОВ ТЭС

¹Н.А. Осокин, ¹И.Ю. Золотова, ¹Ю.В. Никитушкина

¹Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Представлен анализ потенциала применения золошлаковых отходов ТЭС в проектах по рекультивации нарушенных земель в регионах России. Выявлено, что потенциал использования промышленных отходов при учете фактора транспортных расходов составляет 5 млн т в год, а без учета данного фактора может достигать 32,18 млн т в год. Отмечена необходимость внесения изменений в нормативную правовую базу, регулирующую деятельность по утилизации отходов, на предмет расширения списка промышленных отходов, разрешенных для применения в качестве рекультиванта нарушенных земель.

Ключевые слова: экономика экологии; рекультивация нарушенных земель; промышленные отходы; утилизация отходов; золошлаковые отходы

Статья поступила в редакцию 21.12.2021, доработана 02.02.2022, принята к публикации 09.03.2022

Deteriorated Lands Reclamation using Industrial Waste: Assessment of Potential for Russian Regions Based on the Example of Ash and Slag Waste from Thermal Power Stations

¹N.A. Osokin, ¹I.Yu. Zolotova, ¹Yu.V. Nikitushkina

¹Financial University under the Government of the Russian Federation, 125167 Moscow, Russia

Analysis of the potential of ash and slag waste from thermal power plants involvement into projects for the deteriorated lands reclamation in Russian regions is presented. It was revealed that the potential for industrial waste use is 5 million tons per year, taking into account the factor of transportation costs, and without it the potential can reach up to 32.18 million tons per year. The necessity to make changes to the regulatory legal framework related to waste disposal activities was indicated, particularly the necessity to expand the list of industrial waste permitted for use in deteriorated lands reclamation.

Keywords: ecological economics; deteriorated land reclamation; industrial waste; waste disposal; ash and slag waste

Received 21.12.2021, revised 02.02.2022, accepted for publication 09.03.2022

DOI: 10.18412/1816-0395-2022-6-46-52

Ресурсно-сырьевая направленность экономики России имеет значительные негативные последствия для экологической обстановки: загрязнение подземных вод, увеличение площадей отвалов для хранения вскрышных пород, изъятие земель сельскохозяйственного назначения и др. Восстановление нарушенных

при добыче полезных ископаемых земель представляет собой одну из важнейших задач государства. Данный факт отражен в подпрограмме "Обеспечение экологической безопасности в угольной промышленности", осуществляемой в рамках программы развития угольной промышленности России на период до 2035 г. Согласно

данной подпрограмме, к 2025 г. уровень рекультивации земель от годового нарушения должен составлять 30–40 %, а к 2035 г. 66–90 %.

Решением данной задачи может послужить вовлечение промышленных отходов (вскрышные породы, золошлаки¹, фосфогипс и др.) в проекты по рекультивации нарушенных земель². На сегодняшний день ежегодный объем образования промышленных отходов в стране составляет порядка 7 млрд т. Утилизации при этом подверга-

¹Продукты комплексного термического преобразования горных пород и сжигания твердого топлива.

²Земли, утратившие в связи с их нарушением первоначальную хозяйственную ценность и являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду.

ется только половина образованного объема.

В государственной политике в области обращения с промышленными отходами тем не менее наблюдаются положительные изменения. Так, в июне 2020 г. была принята Энергетическая стратегия Российской Федерации до 2035 г. (Энергостратегия-2035), в которой впервые был установлен целевой показатель по утилизации продуктов сжигания твердого топлива-золошлаковых отходов (ПСТТ-ЗШО) угольных ТЭС. На сегодняшний день в стране образуется более 20 млн т ПСТТ-ЗШО в год. Согласно Энергостратегии-2035, объем утилизации данного вида отходов должен составлять не менее 50 % к 2035 г.

Авторами предпринята попытка оценить потенциал использования промышленных отходов на примере золошлакового грунта в качестве рекультиванта для нарушенных земель в регионах России.

В исследовании были использованы российские и зарубежные научные статьи по теме вовлечения промышленных отходов в проекты по рекультивации, нормативные правовые акты Российской Федерации и данные регионов России о неудобиях, подлежащих рекультивации, а также данные Росстата.

Согласно обзору литературы и зарубежного опыта, рекультивация нарушенных земель является одним из перспективных направлений утилизации отходов наряду с дорожным строительством, производством удобрений и извлечением глинозема (из ПСТТ-ЗШО) [1–3]. В частности, золошлаковый и шлаковый грунты могут использоваться для ликвидационных работ на горных выработках. Данная практика особенно актуальна для промышленных предприятий, расположенных в относительной близости к разрабатываемым месторождениям [4]. Промышленные отходы также могут применяться для заполне-

Таблица 1. Виды отходов, которые могут использоваться при рекультивации нарушенных земель

Table 1. Types of wastes to be used for deteriorated land reclamation

Вид отхода	Отрасль образования
Золошлаковая смесь	Электроэнергетика
Зола-уноса	
Вскрышные и вмещающие породы	Горнопромышленный комплекс
Отходы обогащения	
Доменные шлаки	Металлургия
Фосфогипс	Химическая промышленность
Формовочный песок	Металлургия
Отсев дробления	Горнопромышленный комплекс
Источник. Подготовлено авторами на основе обзора литературы.	

ния старых неглубоких шахтных пустот в породном массиве [5]. При осуществлении работ в этом случае одним из ключевых аспектов является необходимость восстановления местной экосистемы за счет герметизации породного массива. Данные мероприятия направлены на предотвращение загрязнения грунтовых вод и выбросов парниковых газов. Техногенные материалы в данном случае используются как герметизирующий материал и заполнитель.

Для операторов горнодобывающих шахт промышленные отходы являются более экономически выгодной альтернативой песку для укладки разработанных участков месторождений. При использовании золы-уноса³ потребность в наполнении полости водой снижается до 50 %, а также отпадает необходимость дополнительных работ по выравниванию плоскости. В случае карьерных шахт зола может использоваться при обратной засыпке.

Отходы горнопромышленного комплекса, такие как вскрышные и вмещающие породы, а также отходы обогащения нашли широкое применение при рекультивации нарушенных земель. В зарубежных странах для использования таких отходов при рекультивации земель применяется упрощенный регуляторный режим. Подобная практика характерна для стран Евросоюза, США, Канады, Австралии и Китая. В России на сегодняшний день при-

менению данных видов отходов препятствуют нехватка свободных площадей для размещения вскрышных пород и недостаточность объема вскрышных пород для заполнения внутреннего пространства карьерных выработок [3].

В странах Евросоюза введено понятие "инертные отходы" [6] — неопасные отходы, которые пригодны для использования в проектах рекультивации нарушенных земель [3]. К данным отходам относятся все отходы, которые не подвергаются каким-либо значительным физическим, химическим или биологическим преобразованиям в рамках промышленных процессов. Согласно определению, инертные отходы не растворяются, не горят, не разлагаются биологически и не оказывают неблагоприятного воздействия на другие вещества, с которыми они вступают в контакт.

В качестве грунта для рекультивации нарушенных (в связи с добычей минералов) земель также может применяться фосфогипс, который является отходом производства фосфорных удобрений [7]. Данный вид отхода может применяться для восстановления засоленных и щелочных, кислотных, загрязненных и эродированных почв. В мире есть большое количество засоленных натриевых почв, нуждающихся в проведении мелиорации. Образование корки на твердой поверхности и плохая инфильтрация воды — две ключевые проблемы, которые необходимо решить для эффективной мелиорации засоленных натриевых почв. Данная

³Мелкая, состоящая преимущественно из шарообразных стекловидных частиц пыль, образующаяся при сгорании мелко смолотого угля и обладающая пуццолановыми свойствами и/или гидравлической активностью.

технология требует увеличения концентрации кальция (Ca) на участках обмена катионов для замещения натрия (Na). Отходы фосфогипса содержат более 92 % сульфата кальция (CaSO₄) и являются отличным источником Ca₂. Их применение является эффективным способом улучшения состояния солонцеватых почв.

В ряде стран ПСТТ-ЗШО, формовочный песок, а также отсевы дробления успешно применяются в качестве техно-

генного грунта для пересыпки твердых коммунальных отходов (ТКО) в целях формирования изолирующего слоя на полигонах ТКО [4]. Перечень отходов, пригодных для рекультивации нарушенных земель, представлен в табл. 1.

Лидерами по объемам вовлечения промышленных отходов (в частности, ПСТТ-ЗШО и золы-уноса) в мероприятия по рекультивации нарушенных земель на сегодняшний день являются Австралия, США и

Индия. В Австралии 60 % образованного объема ПСТТ-ЗШО идет на обратную засыпку горных выработок (рис. 1) [8]. По оценкам Ассоциации развития золошлаковой индустрии Австралии (ADAA), при этом использование ПСТТ-ЗШО в работах по ликвидации горных выработок в стране является экономически целесообразным, только если золоотвал (гидротехническое сооружение, предназначенное для складирования золы и шлака тепловой электростанции (ТЭС)) расположен не далее, чем в 20 км от объекта рекультивации [1].

В США на обратную засыпку горных выработок приходится до 26 % годового образования ПСТТ-ЗШО (рис. 2). Практика утилизации промышленных отходов посредством рекультивации земель активно применялась многими энергетическими компаниями еще в прошлом столетии. Одним из успешных примеров этому является компания Pennsylvania Power and Light Company (PP&L). В 1990-е гг. PP&L производила около 1,1 млн т золы-уноса ежегодно в результате сжигания почти 10 млн т угля [10]. Изначально компания использовала образовавшиеся отходы для обратной засыпки заброшенных шахт в г. Портер, штат Пенсильвания, но позднее PP&L учредила и профинансировала проект для использования золы-уноса для рекультивации проседающих и малоурожайных земель города.

В Индии в большей степени, чем в других странах, распространена проблема засоления почв. Для рекультивации таких земель требуются гидротехнические и агрохимические мелиорации. Поскольку золоуноса отличается сильными сорбирующими свойствами, она является привлекательным компонентом для рекультивации таких почв [8]. В мероприятиях по мелиорации в Индии используется 16 %, а для ликвидации выработок —

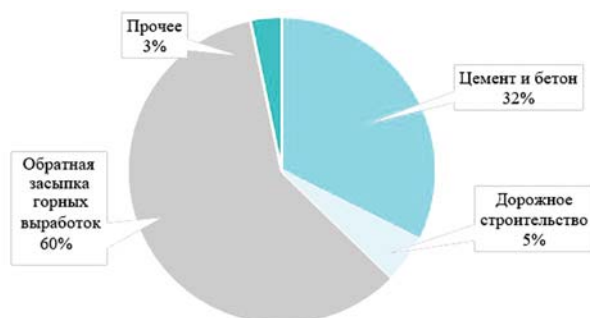


Рис. 1. Применение ПСТТ-ЗШО в Австралии в 2018 г. (Источник: подготовлено авторами на основе работы [9])

Fig. 1. Ash and slag waste disposal in Australia in 2018 (Source: prepared by the authors based on [9])

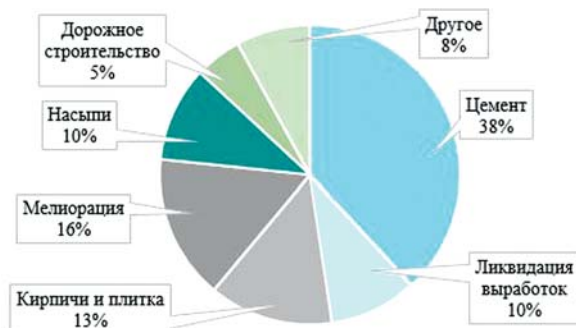


Рис. 2. Направления утилизации золы-уноса в США в 2018 г. (Источник: подготовлено авторами на основе работы [11])

Fig. 2. Sectors of fly ash disposal in USA in 2018 (Source: prepared by the authors based on [11])

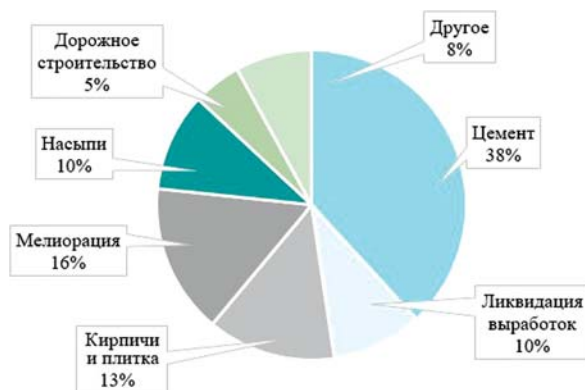


Рис. 3. Утилизация ПСТТ-ЗШО в Индии в 2018 г. (Источник: подготовлено авторами на основе работы [2])

Fig. 3. Ash and slag waste disposal in India in 2018 (Source: prepared by the authors based on [2])

10 % годового образованного объема ПСТТ-ЗШО (рис. 3).

Российский опыт применения промышленных отходов

На сегодняшний день Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления" (ФЗ-89) предусматривает возможность ликвидации горных выработок за счет использования отходов производства черных металлов IV и V классов опасности в соответствии с проектом ликвидации горных выработок. Классификация нарушенных земель (неудобий), подлежащих рекультивации в связи с нарушением техногенного рельефа, представлена в табл. 2.

В рамках российского законодательства деятельность по рекультивации нарушенных земель регулируется Постановлением Правительства Российской Федерации от 10.07.2018 № 800 "О проведении рекультивации и консервации земель", которым утверждены Правила проведения рекультивации и консервации земель. Дополнительно необходимо отметить, что проекты по рекультивации земель, "используемых, но не предназначенных для размещения отходов I–V классов опасности" подлежат государственной экологической экспертизе на основании подпункта 7.2 ст. 11 Федерального закона от 23.11.1995 № 174-ФЗ "Об экологической экспертизе" (ФЗ-174). Тем самым, в связи с тем, что наибольшая часть формируемых в России промышленных отходов относятся к V классу опасности, необходимо проводить государственную экологическую экспертизу (ГЭЭ) для использования данных отходов в качестве рекультиванта.

Напрямую запрет в отечественном законодательстве на использование других видов отходов V класса опасности, в т.ч. ПСТТ-ЗШО, в проектах рекультивации нарушенных земель не прописан. Согласно п. 7.2 ст. ФЗ-174 проекты рекультивации

Таблица 2. Виды неудобий, потенциально подлежащих рекультивации
Table 2. Types of deteriorated lands potentially subjected to reclamation

Вид неудобия	Вид работ, ставших причиной нарушения земель
Выемки карьерные	Открытые горные работы
Отвалы внутренние	
Отвалы внешние	
Провалы	Подземные горные работы
Прогибы	
Отвалы (подземные)	
Отвалы (образованные при складировании промышленных, строительных и коммунально-бытовых отходов)	Складирование промышленных, строительных и коммунально-бытовых отходов
Выемки земляные	Строительство линейных сооружений
Насыпи земляные	

Источник. Подготовлено авторами на основе работы [12].

земель, которые использовались для размещения отходов производства и потребления, в том числе которые не предназначались для размещения отходов производства и потребления, являются объектом ГЭЭ. В Письме Минприроды России № РН-09-01-36/15783 "Разъяснения по правилам рекультивации и консервации земель" отмечается, что ГЭЭ необходимо осуществлять для проектов рекультивации земель:

- нарушенных при размещении отходов I–V классов опасности;
- используемых, но не предназначенных для размещения отходов I–V классов.

В иных случаях проекты рекультивации земель требуют согласования с правообладателями земельных участков, а также с органами исполнительной власти и органами местного самоуправления в случае проведения рекультивации земель и земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности. При этом указывается, что не предусматривается согласование проектов рекультивации земель с Росприроднадзором. На практике проекты рекультивации горных выработок, инициированные отечественными ТЭС, могут не получать положительное заключение ГЭЭ в связи с отсутствием четкого разрешения использования ПСТТ-ЗШО в отечественном законодательстве. Таким образом, на сегодняшний день существует нормативный барьер использо-

вания ПСТТ-ЗШО в проектах рекультивации нарушенных земель.

Другие виды промышленных отходов, кроме ПСТТ-ЗШО, также имеют большой потенциал применения в мероприятиях по рекультивации нарушенных земель. Примером тому являются вскрышные породы. Нехватка свободных площадей для размещения образующих вскрышных пород и недостаточность объема вскрышных пород для заполнения внутреннего пространства карьерных выработок представляют собой актуальные проблемы. Решением обеих проблем могло бы стать складирование вскрышных пород в отработанных выемках соседних участков [3]. Однако данный механизм не закреплен законодательно. Согласно ст. 17.1 Закона Российской Федерации от 21.02.1992 № 2395-1 "О недрах", теоретически возможно передавать права пользования недрами. На практике, тем не менее, это влечет за собой переоформление лицензии на пользование участком недр и, как следствие, переоформление всей проектной и разрешительной документации.

В то же время в России есть примеры успешной практики использования промышленных отходов в природоохранных мероприятиях. Так, в Иркутской области золошлаковая смесь (ЗШС) используется для послойной пересыпки с целью формирования изолирующего слоя для твердых коммунальных отходов (ТКО) на полигонах

Таблица 3. Потенциал рекультивации нарушенных земель с использованием промышленных отходов в России

Table 3. Potential of deteriorated land reclamation using industrial waste in Russia

Регион	Число нарушенных земель в пределах 100 км от ОРО, имеющих накопленные объемы промышленных отходов	Объем грунтов, необходимый для рекультивации, тыс. м ³
Иркутская область	10	10 255
Красноярский край	Нет данных	18 085 (ежегодно) **
Кемеровская область	40	5 240 382,40
Новосибирская область	10	121,945
Республика Хакасия	1	545,2
Челябинская область	1	96
Республика Коми	3	25 320
Мурманская область	0*	0
Архангельская область	6	31,39
Магаданская область	2	150
Республика Саха (Якутия)	1	Точные данные отсутствуют***
Тульская область	42	

*Регионы предоставили данные, однако все земли находятся за пределами эффективного радиуса. **Рассчитан на основе анализа открытых источников.

***Нерюнгринское угольное месторождение.

размещения ТКО. Данное направление реализуется за счет перевода золошлаков в техногенный грунт в соответствии с ГОСТ-2011 "Грунты. Классификация" [13]. Аналогичная практика на ТЭС ООО "СГК" позволила также использовать золошлаковый грунт в проектах рекультивации нарушенных земель. Однако применение норм законодательства в части использования золошлаковых материалов (ЗШМ) для рекультивации земель осуществляется по-разному в каждом регионе.

Оценка потенциала использования промышленных отходов

При анализе потенциала применения промышленных отходов авторами рассматривалась возможность использования золошлакового грунта в качестве рекультиванта для нарушенных земель. Выбор вида промышленного отхода для проведения оценки был обусловлен необходимостью достижения целевых показателей Энергостратегии-2035, а также значительными годовыми объемами образования ПСТТ-ЗШО. В частности, золошлаковый грунт может применяться для ликвидации горных выработок [4]. Для ряда ТЭС подобная практика может быть успешно реализована за

счет взаимодействия с предприятиями добывающей промышленности.

Для оценки потенциала использования ПСТТ-ЗШО для рекультивации нарушенных земель в правительства субъектов Российской Федерации, где присутствует угольная генерация, были направлены соответствующие запросы. В расчете потенциального объема вовлечения промышленных отходов были использованы земли, находящиеся в радиусе 100 км от ОРО, имеющие накопленные объемы отходов производства V класса опасности. Например, Челябинская область предоставила перечень из 78 нарушенных земель. При этом лишь одно неудобие — шламоотстойник обогатительной фабрики в г. Коркино — было расположено в радиусе 63,8 км от действующей ТЭС, Южноуральской ГРЭС.

В связи с отсутствием предоставленных данных по Красноярскому краю потенциальный объем использования промышленных отходов в проектах рекультивации земель данного региона был оценен на основе анализа открытых источников. Красноярский край является крупнейшим субъектом Российской Федерации по объемам запасов полезных ископаемых.

Согласно государственному докладу "О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2018 г." [14], подготовленному Министерством экологии и рационального природопользования Красноярского края, площади нарушенных земель составляют 37 720 га. Большая часть нарушенных земель (32 573 га) образовалась при разработке полезных ископаемых. Это объясняется наличием в регионе крупнейших угольных месторождений: Канско-Ачинский и Тунгусский, Минусинский, Таймырский и Ленский бассейны. В 2018 г. в Красноярском крае было использовано более 18 млн м³ грунтов для рекультивации нарушенных земель и восстановления плодородного слоя почвы (табл. 3).

Крайне важно отметить, что потенциал для рекультивации нарушенных земель существенно различается на региональном уровне. В случае Республики Коми, Кемеровской и Иркутской областей потенциальные объемы использования промышленных отходов в проектах рекультивации нарушенных земель в несколько раз превышают объемы годового образования отходов.

На основе анализа возможности использования ПСТТ-ЗШО в проектах рекультивации нарушенных земель можно выделить следующие регионы, где подобная практика имеет потенциал с точки зрения крупнотоннажного использования (более 1 млн т ежегодно): Красноярский край, Кемеровская область, Республика Коми и Иркутская область.

Без учета фактора транспортных расходов потенциал ежегодного вовлечения промышленных отходов может составлять 32,18 млн т. Однако с учетом ограничений транспортного плеча для данного направления можно оценить потенциал использования отходов производства в 5 млн т ежегодно.

Рекультивация горных выработок с использованием ПСТТ-ЗШО особенно пер-

спективна для ТЭС, расположенных в непосредственной близости от действующих угольных месторождений. Некоторые ТЭС при этом находятся в радиусе более 100 км от региональных экономических центров. К таким можно отнести Нерюнгринскую ГРЭС и Чульманскую ТЭЦ (обе входят в группу "ДГК"). Для перечисленных ТЭС единственный способ утилизации ПСТТ-ЗШО — ликвидация выработок близлежащих Нерюнгринского и Эльгинского месторождения.

Рекомендации и предложения

Существенным барьером для развития направления рекультивации нарушенных земель с использованием промышленных отходов является отсутствие четкого регулирования данного вопроса в российском законодательстве. На сегодняшний день в основных нормативных правовых актах в области проведения рекультивации нарушенных земель отмечается возможность использования отходов производства черных металлов IV и V классов опасности. Как уже отмечалось, в ряде регионов данный аспект приводит к трудностям или вовсе отрицательным заключениям при согласовании проектов рекультивации земель. Предлагаются следующие изменения в нормативную правовую базу:

- внести поправки в Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 № 136-ФЗ, в Лесной кодекс Российской Федерации" от 04.12.2006 № 200-ФЗ и разработать подзаконные акты в части предоставления юридическим лицам в аренду или иное пользование ранее нарушенных или загрязненных земельных участков для проведения рекультивации с использова-

нием продуктов сжигания твердого топлива угольных теплоэлектростанций;

- дополнить п. 8 Правил проведения рекультивации и консервации земель, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 10.07.2018 № 800 "О проведении рекультивации и консервации земель", абзацем "Технические мероприятия рекультивации могут проводиться с использованием продуктов сжигания твердого топлива угольных теплоэлектростанций".

Упрощение регулирования для ряда других отходов, кроме отходов черной металлургии, с целью их дальнейшего использования при рекультивации земель могло бы значительно увеличить объемы утилизации отходов в России. Для этого необходимо также вносить изменения в Закон Российской Федерации от 21.02.1992 № 2395-1 "О недрах" с целью расширения списка отходов, пригодных к применению для рекультивации земель и упрощению регулирования в отношении данных отходов.

Необходимо внести дополнения в ст. 12 п.11 ФЗ-89 по части расширения списка отходов, которые могут использоваться при ликвидации горных выработок, помимо вскрышных пород и отходов производства металлургической промышленности. Предлагается также дополнить ФЗ-89 требованием по применению промышленных отходов, пригодных для рекультивации, при этом запрещенных к захоронению согласно Распоряжения Правительства Российской Федерации от 25 июля 2017 г. № 1589-р "Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается".

В нормативном поле требуется также закрепить четкие требования к вторичному сырью, производимому с использованием промышленных отходов. В частности, необходимо предусмотреть возможность перевода промышленных отходов в категорию материалов без необходимости проведения технологических преобразований данных отходов при соответствии промышленным отходам требованиям, предъявляемым к вторичному сырью.

Заключение

Оценка потенциала использования промышленных отходов в проектах по рекультивации нарушенных земель показала, что данное направление обладает большими перспективами для увеличения масштабов утилизации отходов. Применение промышленных отходов при ликвидации горных выработок и закрытии шахт при этом является экологически безопасным мероприятием, положительно влияющим на сокращение выбросов парниковых газов. Данная практика несет в себе также экономические выгоды, так как промышленные отходы являются более дешевой альтернативой традиционным материалам, используемым для рекультивации нарушенных земель.

Преимуществом данного направления утилизации отходов также является то, что для его реализации не потребуются значительных технологических преобразований со стороны компаний. В связи с тем, что основным барьером для развития данного направления является нормативное регулирование, внесение изменений в нормативную правовую базу способно значительно повысить стимулы для увеличения объемов утилизации промышленных отходов.

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета.

The article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budgetary funds under the state assignment to the Financial University.

Литература

1. **Gurba L., Heidrich C., Ward C.** Coal combustion products handbook. Australia, Cooperative Research Centre for Coal in Sustainable Development, Australian Black Coal Utilisation Research Limited, 2014. 414 p.
2. **Sharma V., Akhai S.** Trends in utilization of coal fly ash in India. A review. *Journal of Engineering Design and Analysis*. 2019. Vol. 2(1). P. 12–6.
3. **Саакян Ю.З., Григорьев А.В., Васенькина Е.Ю., Кравец Е.А., Фаддеев А.М.** Направления совершенствования экологического законодательства Российской Федерации в угольной отрасли на основе анализа опыта ведущих угледобывающих стран. *Уголь*. 2020. № 11 (1136). С. 58–63.
4. **Сниккарс П.Н., Золотова И.Ю., Осокин Н.А.** Утилизация золошлаков ТЭС как новая кроссотраслевая задача. *Энергетическая политика*. 2020. № 7 (149). С. 34–45.
5. **Паларски Я., Заяц А.** Использование летучей золы и шлака электростанций при производстве горных работ в Польше. *Матер. II Междунар. научно-практ. Семинара "Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование"*. М., Издательский дом МЭИ, 2009. С. 73–79.
6. **Council Directive 1999/31/EC** of 26 April 1999 on the landfill of waste. *EUR-Lex*. [Электронный ресурс]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31999L0031> (дата обращения 01.05.2021).
7. **Wang J.** Utilization effects and environmental risks of phosphogypsum in agriculture: A review. *Journal of Cleaner Production*. 2020. P. 12333.
8. **Золотова И.Ю.** Бенчмаркинг зарубежного опыта утилизации продуктов сжигания твердого топлива угольных ТЭС. *Инновации и инвестиции*. 2020. № 7. С. 123–128.
9. **Annual Production and Utilisation Survey Report.** Ash Development Association of Australia (ADAA). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.adaa.asn.au/files/download/37ae3c2f1f1fdbf> (дата обращения 24.04.2021).
10. **Scheetz B.E., Menghini M.J., Hornberger R.J., Owen T.D., Schueck J.** Beneficial use of coal ash in anthracite and bituminous mine reclamation and mine drainage pollution abatement in Pennsylvania. *Air & Waste Management Association's 90th Annual Meeting & Exhibit in Toronto, Ontario, Canada*, 1997. P. 1–24.
11. **Beneficial use of coal combustion products.** American Coal Ash Association (ACAA). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.acaa-usa.org/Portals/9/Files/PDFs/ACAA-Brochure-Web.pdf> (дата обращения 24.04.2021).
12. **ГОСТ 17.5.1.02-85** "Охрана природы (ССОП). Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации". *Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов*. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003375> (дата обращения 07.03.2021).
13. **ГОСТ 25100-2011** Грунты. Классификация (с Поправками). *Техэксперт*. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095052> (дата обращения 07.03.2021).
14. **Государственный доклад "О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2018 г."**. Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края. [Электронный ресурс]. URL: [http://krasecology.ru/Data/Docs/%D0%A1%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%94%D0%BE%D0%B4%D0%BB%D0%B0%D0%B4-2018%20\(01.08.2019\).pdf](http://krasecology.ru/Data/Docs/%D0%A1%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%94%D0%BE%D0%B4%D0%BB%D0%B0%D0%B4-2018%20(01.08.2019).pdf) (дата обращения 21.04.2021).

References

1. **Gurba L., Heidrich C., Ward C.** Coal combustion products handbook. Australia, Cooperative Research Centre for Coal in Sustainable Development, Australian Black Coal Utilisation Research Limited, 2014. 414 p.
2. **Sharma V., Akhai S.** Trends in utilization of coal fly ash in India. A review. *Journal of Engineering Design and Analysis*. 2019. Vol. 2(1). P. 12–6.
3. **Saakyan Yu.Z., Grigor'ev A.V., Vasen'kina E.Yu., Kravets E.A., Faddeev A.M.** Napravleniya sovershenstvovaniya ekologicheskogo zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii v ugol'noi otrasli na osnove analiza opyta vedushchikh ugledobyvayushchikh stran. *Ugol'*. 2020. № 11 (1136). S. 58–63.
4. **Snikkars P.N., Zolotova I.Yu., Osokin N.A.** Utilizatsiya zoloshlakov TES kak novaya krossotraslevaya zadacha. *Energeticheskaya politika*. 2020. № 7 (149). S. 34–45.
5. **Palarski Ya., Zayats A.** Ispol'zovanie letuchej zoly i shlaka elektrostantsii pri proizvodstve gornyx rabot v Pol'she. *Mater. II Mezhdunar. nauchno-prakt. Seminara "Zoloshlaki TES: udalenie, transport, pererabotka, skladirovanie"*. M., Izdatel'skii dom MEI, 2009. C. 73–79.
6. **Council Directive 1999/31/EC** of 26 April 1999 on the landfill of waste. *EUR-Lex*. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31999L0031> (data obrashcheniya 01.05.2021).
7. **Wang J.** Utilization effects and environmental risks of phosphogypsum in agriculture: A review. *Journal of Cleaner Production*. 2020. P. 12333.
8. **Zolotova I.Yu.** Benchmarking zarubezhnogo opyta utilizatsii produktov szhiganiya tverdogo topliva ugol'nykh TES. *Innovatsii i investitsii*. 2020. № 7. S. 123–128.
9. **Annual Production and Utilisation Survey Report.** Ash Development Association of Australia (ADAA). [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.adaa.asn.au/files/download/37ae3c2f1f1fdbf> (data obrashcheniya 24.04.2021).
10. **Scheetz B.E., Menghini M.J., Hornberger R.J., Owen T.D., Schueck J.** Beneficial use of coal ash in anthracite and bituminous mine reclamation and mine drainage pollution abatement in Pennsylvania. *Air & Waste Management Association's 90th Annual Meeting & Exhibit in Toronto, Ontario, Canada*, 1997. P. 1–24.
11. **Beneficial use of coal combustion products.** American Coal Ash Association (ACAA). [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.acaa-usa.org/Portals/9/Files/PDFs/ACAA-Brochure-Web.pdf> (data obrashcheniya 24.04.2021).
12. **GOST 17.5.1.02-85** "Okhrana prirody (SSOP). Zemli. Klassifikatsiya narushennykh zemel' dlya rekul'tivatsii". *Elektronnyi fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov*. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003375> (data obrashcheniya 07.03.2021).
13. **GOST 25100-2011** Grunty. Klassifikatsiya (s Popravkami). *Tekhekspert*. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095052> (data obrashcheniya 07.03.2021).
14. **Gosudarstvennyi doklad "O sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy v Krasnoyarskom krae v 2018 g."**. Ministerstvo ekologii i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya Krasnoyarskogo kraya. [Elektronnyi resurs]. URL: [http://krasecology.ru/Data/Docs/%D0%A1%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%94%D0%BE%D0%B4%D0%BB%D0%B0%D0%B4-2018%20\(01.08.2019\).pdf](http://krasecology.ru/Data/Docs/%D0%A1%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%94%D0%BE%D0%B4%D0%BB%D0%B0%D0%B4-2018%20(01.08.2019).pdf) (data obrashcheniya 21.04.2021).

N.A. Osokin – зам. директора, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, e-mail: NAOsokin@fa.ru • И.Ю. Золотова – директор Центра отраслевых исследований и консалтинга, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, e-mail: IZolotova@fa.ru • Ю.В. Никитушкина – гл. консультант Центра отраслевых исследований и консалтинга, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, e-mail: YVNikitushkina@fa.ru

N.A. Osokin – Deputy Director, Financial University under the Government of the Russian Federation, e-mail: NAOsokin@fa.ru • I.Yu. Zolotova – Director of the Center for Industry Research and Consulting, Financial University under the Government of the Russian Federation, e-mail: IZolotova@fa.ru • Yu.V. Nikitushkina – Key Advisor of the Center for Industry Research and Consulting, Financial University under the Government of the Russian Federation, e-mail: YVNikitushkina@fa.ru