

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ ТЭС ДНР НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Надежда Геннадиевна Насонкина¹, Светлана Евгеньевна Антоненко²,
Вячеслав Семенович Забурдаев³, Дмитрий Геннадьевич Соколов⁴

^{1,2,3}Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия

⁴Архитектурно-проектная фирма «Новые технологии», ДНР, Донецк, Россия

¹n.g.nasonkina@donnasa.ru, ²s.e.antonenko@donnasa.ru, ³v.s.zaburdaev@donnasa.ru,

⁴stop60596@mail.ru

Аннотация. Представлен анализ и классификация отходов теплоэлектростанций (далее ТЭС) с учётом класса их опасности. На примере ТЭС ДНР изучены условия формирования отходов, существующие методы их переработки с оценкой влияния на окружающую среду. Показано, что золоотвалы занимают большие территории, оказывают негативное влияние на окружающую среду, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат. Проведенный анализ работы ТЭС в отечественной и зарубежной практике показал, что золошлаковые отходы (далее ЗШО) можно использовать в строительстве и коммунальном хозяйстве, в том числе при очистке сточных вод. Предложена технологическая схема извлечения микросферы с замкнутой системой промышленного водоснабжения. Отмечается, что использование золошлаковых отходов ТЭС позволяет сократить экологический риск и уменьшить площади, отводимые под складирование отходов.

Ключевые слова: микросфера, зола, отходы, отвалы, шлак, золошлаковая смесь

Для цитирования: Системный подход к оценке экологического воздействия отходов ТЭС ДНР на окружающую среду / Н. Г. Насонкина [и др.]. // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2024. Выпуск 2024-5(169) Инженерные системы и техногенная безопасность. С. 96–104. doi: 10.71536/vd.2024.5c169.12. edn: mfvtqs.

Original article

SYSTEM APPROACH TO ASSESSING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF HEAT AND POWER STATIONS WASTE ON THE ENVIRONMENT IN THE DPR

Nadiya G. Nasonkina¹, Svetlana Ye. Antonenko², Viacheslav S. Zaburdaev³,
Dmitry G. Sokolov⁴

^{1,2,3}Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia,

⁴Architectural design firm «New Technologies», DPR, Donetsk, Russia

¹n.g.nasonkina@donnasa.ru, ²s.e.antonenko@donnasa.ru, ³v.s.zaburdaev@donnasa.ru,

⁴stop60596@mail.ru

Abstract. The academic paper deals with the analysis and classification of waste from heat and power stations (hereinafter referred to as HPS) taking into account their hazard class. The conditions for the formation of waste and existing methods of their processing with an assessment of the impact on the environment are studied, using the example of heat and power stations of the DPR. The academic paper presents the fact that ash dumps occupy large areas, have a negative impact on the environment, and their maintenance requires significant operating costs. The analysis of the operation of heat and power stations in domestic and foreign practice shows that ash and slag waste (hereinafter referred to as ASW) can be used in construction and public utilities,



including wastewater treatment. A technological scheme for extracting microspheres with a closed industrial water supply system is proposed. It is noted that the usage of ash and slag waste from heat and power stations can reduce environmental risk and the area allocated for waste storage.

Keywords: microsphere, ash, waste, dumps, slag, ash and slag mixture

For citation: System approach to assessing the environmental impact of heat and power stations waste on the environment in the DPR / N. G. Nasonkina [et al.]. *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Engineering systems and technological safety*. 2024;5(169):96–104. (In Russ.). doi: 10.71536/vd.2024.5c169.12. edn: mfvtqs.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ряде стран мира для производства электроэнергии используются тепловые электростанции (далее ТЭС), работающие на каменном и буром угле. Такое производство негативно влияет на экологию и ухудшает условия жизни и здоровье людей.

Технологический процесс производства электроэнергии на ТЭС приводит к образованию значительного количества отходов, выбрасываемых в окружающую среду. Только по Донецкой Народной Республике (ДНР) 60 % выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на теплоэлектростанции [1–3]. По данным исследований [3–4], тепловые станции значительно больше, чем атомные электростанции (далее АЭС) той же мощности, загрязняют окружающую среду радиоактивными веществами.

Утилизация золошлаковых отходов ТЭС является актуальной проблемой. В настоящее время утилизируется лишь небольшая часть этих отходов, остальное хранится на отвалах.

Мировой опыт показывает возможность использования золошлаковых отходов в различных отраслях промышленности и строительства [5–18]. Извлечение ценных компонентов из золошлаков может приблизить технологию ТЭС к безотходной.

Таким образом, основная задача развития теплоэнергетики заключается в обеспечении её высокой экономичности, надёжности и полной экологической безопасности.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Данное исследование направлено на изучение экологического воздействия отходов, образующихся в ходе деятельности теплоэлектростанций (ТЭС) Донецкой Народной Республики. В рамках работы планируется детально проанализировать состав золы уноса, разработать и обосновать выбор экологически чистой технологии выделения микросферы из этой золы, а также оценить потенциальные возможности её применения в строительстве.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Вследствие интенсивного развития промышленности человечество столкнулось с глобальной проблемой утилизации отходов как бытового, так и производственного характера. Особенно остро эта проблема стоит в промышленных центрах.

Теплоэлектростанции (ТЭС) являются одним из главных источников загрязнения окружающей среды. Сегодня создание полностью безотходных технологий производства практически невозможно. Поэтому крайне важна реализация технологий рециклинга с максимально глубокой очисткой всех выбросов ТЭС.

Тепловые электростанции Российской Федерации используют в качестве сырья каменный и бурый уголь, добываемый на территории России и Казахстана (табл. 1).

Состав топлива и продуктов его сгорания существенно варьируется в зависимости от геологических характеристик месторождений, степени метаморфизма топлива, технологии сжигания на тепловых электростанциях (ТЭС) и эффективности систем золоулавливания.

При сжигании топлив на ТЭС образуются продукты сгорания, содержащих оксиды азота, диоксид серы, летучую золу и газообразные продукты неполного сгорания. При сжигании мазута дополнительно выделяются соли натрия, соединения ванадия и саж. В золе некоторых видов топлива могут присутствовать свободный оксид кальция, мышьяк и другие вредные вещества.

Очистка дымовых газов на ТЭС позволяет снизить выбросы диоксида серы и летучей золы, а для минимизации выбросов оксидов азота требуется специальная организация топочного процесса.

Таблица 1 – Перечень тепловых электростанций и технологические параметры золошлакоудаления

Наименование электростанции	Сырьевая база	Способ шлакоудаления	Способ золоудаления
1. «Северская» ТЭЦ	каменный уголь Кузнецкого угольного бассейна	жидкое	мокрое
2. «Новочеркасская» ГРЭС	каменный уголь Кузнецкого угольного бассейна; уголь марки «АШ» Ростовского угольного бассейна	жидкое	сухое/мокрое
3. «Беловская» ГРЭС	каменный уголь марки «Г» и «Д» Кузнецкого угольного бассейна	твёрдое	сухое
4. «Томь-Усинская» ГРЭС	каменный уголь марки «Г» и «Д» Кузнецкого угольного бассейна; Хакасского месторождения	жидкое/ твердое	мокрое
5. ТЭЦ 22 ОАО «Мосэнерго»	каменный уголь Кузнецкого угольного бассейна; природный газ	жидкое	сухое
6. «Черепетская» ГРЭС	каменный уголь марки «Г» и «Д» Кузнецкого угольного бассейна	твердое	сухое
7. «Троицкая» ГРЭС	каменный уголь Экибастузского месторождения, Казахстан	твердое	мокрое
8. «Рефтинская» ГРЭС	каменный уголь Экибастузского месторождения, Казахстан	твердое	сухое
9. «Усть-Каменогорская» ТЭЦ	каменный уголь марки «Д» Каражыринского месторождения, Казахстан	твердое	мокрое
10. «Новосибирская» ТЭЦ-5	бурый уголь марки «2БР» Канско-Ачинского угольного бассейна	твердое	сухое

Выбросы ТЭС содержат значительное количество тяжелых металлов и их соединений, что оказывает негативное воздействие на все компоненты окружающей среды [2].

С отходами ТЭС в окружающую среду поступают канцерогенные вещества, в том числе и полиароматические углеводороды (ПАУ). При использовании угля для топлива ТЭС добавляются оксиды кремния и алюминия, которые вызывают силикоз, эти абразивные материалы разрушают легочную ткань.

Твердые отходы ТЭС – зола и шлак – также создают значительные проблемы. При эксплуатации ТЭС, несмотря на использование различных фильтров для улавливания золы, ежегодно в атмосферу выбрасывается около 250 млн. тонн мелкодисперсных аэрозолей [3–5], способствуя образованию осадков, поскольку служат ядрами конденсации для водяных паров. Их попадание в дыхательные пути человека и животных может вызвать респираторные заболевания.

Значительные территории занимает и хранение золы и шлаков, которые, в свою очередь не используются и становятся источниками загрязнения тяжелыми металлами и повышенной радиоактивности.

В качестве примера можно рассмотреть влияние золошлакоотвалов Старобешевской ТЭС на окружающую среду и возможности рециклинга отходов.

Старобешевская ТЭС вырабатывает 75 % электроэнергии, потребляемой Донецкой Народной Республикой, работая на 60 % от установленной мощности. Все золошлаковые отходы станции складированы на отвалах (рис. 1).

На территории Старобешевской ТЭС функционируют три золошлаковых отвала. Отвалы № 1 и № 2 были выведены из эксплуатации и консервированы в 1967 и 1997 годах соответственно. Отвал № 3, введенный в эксплуатацию в 1977 году, расположен на расстоянии 1 км к востоку от станции, на правом берегу Старобешевского водохранилища. Он представляет собой балочный тип отвала, сформированный путем выгораживания участка поймы реки Берестовой двумя плотинами. Общая площадь земельного участка, отведенного под отвал № 3, составляет 180 га, из которых 60 га заняты зоной складирования золы.

Угольные золоотвалы выводят земли из хозяйственной деятельности на длительный срок и оказывают существенное воздействие на природно-территориальные комплексы (ПТК) путем рассеивания золы ветром, сброс стоков из отвала, фильтрацию вод сквозь стенки и дно золоотвала.

Золошлаковые отходы (ЗШО) это смесь золы и шлака в соотношении приблизительно 4:1 и по форме представляют собой микроскопические сферические частицы минералов, оплавленные под воздействием высоких температур, в основном кварца, а также частицы неправильной формы.



Рисунок 1 – Золоотвалы «Старобешевской» ТЭС.

Система золошлакоудаления на станции предусматривает как мокрое, так и частичное сухое удаление золы уноса с последующей гидротранспортировкой золошлаковой пульпы в отвалы. Извлечение микросфер и сопутствующих компонентов возможно как из водного потока золы уноса, так и из её сухой фракции. В процессе гравитационного разделения водной суспензии в золоотвале лёгкие фракции золы – полые зольные микросферы – отделяются от золы уноса, шлака и несгоревшего угля, всплывая на поверхность (рис. 1).

Основная часть золы представлена стекловидным веществом, состоящим из оксидов алюминия, калия и натрия. Полые внутри микросферы образуют пенные образования на поверхности золоотвала (рис. 1). Размер частичек золы не превышает 1...2 мм, а в среднем составляет 0,01...0,1 мм. Размеры частичек шлака отличаются большей крупностью и представлены фракциями от 0,1 до 20 мм, максимальный размер при этом не превышает 40...60 мм, а минимальный размер около 0,04 мм. Цвет порошка и золы и шлака может иметь оттенки от светло-серого до темно-серого цвета [6].

Влияние ЗШО ТЭС на окружающую среду, как по характеру, так и по масштабу воздействия, прогнозировать сложно, поскольку золо-, шлако-отвалы как источник загрязнения плохо изучены. При рассмотрении влияния их на окружающую среду нужно учитывать их фильтрационные потери в почву и грунтовые воды, потери при транспортировании в шламонакопитель. Необходимо также учитывать отчуждение и загрязнение значительных территорий, а также трансформацию природных ландшафтов в регионе. К основным экологическим рискам, связанным со шламонакопителями, относятся загрязнение вокруг отвала почвы ртутью, мышьяком и другими металлами (никель, цинк, медь, свинец, кадмий), попадание в подземные воды токсичных соединений, поступающих из загрязненных грунтов.

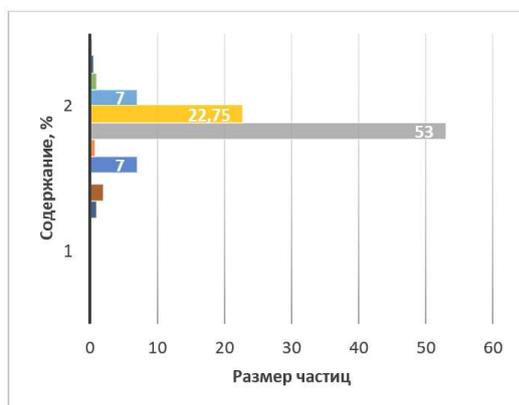


Рисунок 2 – Распределение частиц в золе.

Основной объем складированных в золоотвалах веществ (более 90 %) имеют небольшую фракцию (менее 0,1 мм), поэтому золошлаковые отходы легко сдуваются ветром с поверхностей отвалов (рис. 2). При скорости ветра выше 3 м/с начинается пыление, что приводит к образованию ореолов загрязнения грунтов, почв, зоны аэрации и водонасыщенных пород.

Основным источником загрязнения водных ресурсов является жидкая фракция золошлаковой пульпы, образующаяся при транспортировке золошлаков на золоотвал.

Анализ проб подземных, поверхностных и сточных вод, отобранных на территории шламонакопителя и в его зоне влияния, выявил наличие никеля, меди, свинца и нефтепродуктов. Однако концентрация этих веществ близка к фоновым значениям и существенно ниже предельно допустимых концентраций.

Почвы исследуемой территории подвергаются комплексному антропогенному воздействию, связанному с различными перепланировками и строительством объектов. В целом почвенный покров представлен

обыкновенными черноземами на супесчаной и суглинистой основе. Наблюдаются негативные процессы деградации почв, такие как ветровая, плоскостная и линейная водная эрозия.

Вблизи золоотвалов первичные почвы отсутствуют. Верхний слой грунта представлен насыщенными гумусовыми суглинками.

Ветер является основным фактором потенциального загрязнения почв золошлаковыми отходами. В результате сдувания веществ с отвалов и осаждения их на земную поверхность формируются вторичные ореолы рассеивания в почвах. Особо сильное локальное загрязнение почв можно наблюдать в засушливый и морозный периоды, когда сухие пляжи отходов подвергаются ветровой эрозии.

Геохимический спектр золошлаков отличается от спектра первичных почв. Это позволяет определить границы пылевого ореола, локализованного в почвенном слое.

Для получения объективной информации о наличии или отсутствии аномальных ореолов загрязнения почв в связи с золоотвалами была применена радиальная система контрольных створов, направленных от отвала (рис. 3).

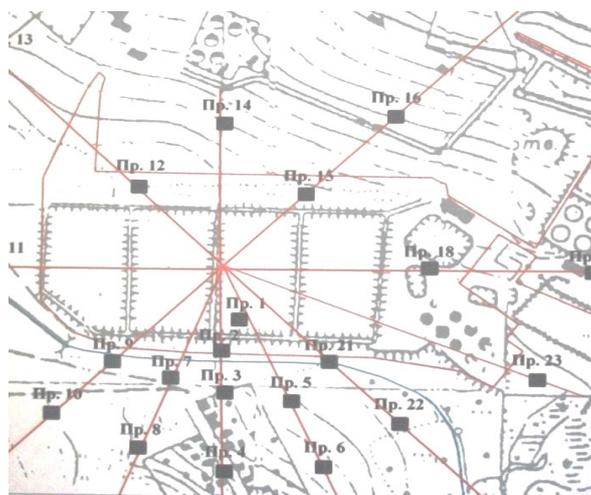


Рисунок 3 – Схема отбора проб.

Для определения уровня загрязнения почвы используется коэффициент концентрации загрязняющих веществ (K). Коэффициент концентрации представляет собой отношение средней концентрации этих веществ в почве (C_i) к предельно допустимой концентрации (СПДК) [1, 7–9]:

$$K = \frac{C_i}{C_{\text{пдк}}}$$

Согласно исследованиям, проведенным летом 2014 года, превышение ПДК было выявлено для никеля, меди и свинца. Однако, суммарный показатель загрязнения почв составил 5,92, что ниже допустимого значения 16 [2, 9, 14], установленного шкалой опасности загрязнения. Следовательно, степень загрязнения почвы в исследуемый период была допустимой.

Длительная эксплуатация золоотвалов ТЭС и технологически неизбежные утечки приводят к изменению гидрохимических условий подземных вод в непосредственной близости от золоотвала. Химический состав подземных вод в этой зоне отражает состав зольных вод.

Изменение гидрохимической обстановки в поверхностных водоемах напрямую зависит от сброса профильтровавшихся дренажных вод из золоотвала в реки и ручьи, дренирующие местный сток. Характер и интенсивность воздействия на водные объекты определяются соотношением объема сбросов и расходов водотока, находящегося под воздействием золоотвала.

Влияние размещения золоотвалов на окружающую среду зависит от комплекса факторов, которые можно разделить на три группы: физико-географические, зонально-климатические и геолого-гидрогеологические. Стабильность и устойчивость природно-технической системы «окружающая среда – теплоэлектростанция (ТЭС) – золошлаковый отвал» обеспечивается комбинацией всех перечисленных факторов, и изменение хотя бы одного из них, например, снижение эффективности дренажной системы, может привести к ухудшению экологии окружающей среды.

Несмотря на то, что золошлаковые отвалы ТЭС проектируются и эксплуатируются в соответствии с нормами, все же наблюдаются негативные геоэкологические процессы, нарушающие экологическое равновесие в прилегающих территориях. В мировой практике известны случаи аварийных ситуаций на ЗПО ТЭС, которые оказывают наиболее разрушительное воздействие на окружающую среду.

В настоящее время на всех ТЭС внедряются современные технологии и оборудование для очистки выбросов с целью минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Утилизация золошлаковых материалов является одной из главных экологических проблем угольных ТЭС. Золоотвалы занимают значительные площади, а расходы на их хранение в России ежегодно превышают десятки миллиардов рублей.

При анализе химического состава шлака получили следующие данные: содержание SiO_2 составляет 54,08 %; TiO_2 – 1,05 %; Al_2O_3 – 21,25 %; Fe_2O_3 – 13,55 %; CaO – 3,60 %; MgO – 1,67 %; K_2O – 3,03; Na_2O – 0,98; P_2O_5 – 0,61; SO_3 – 0,18 %.

При анализе химического состава золы-уноса получили следующие данные: содержание SiO_2 – 48,76 %; TiO_2 – 0,35 %; Al_2O_3 – 18,02 %; Fe_2O_3 – 12,39 %; CaO – 1,73 %; MgO – 2,16 %; K_2O – 2,97 %; Na_2O – 1,38 %; P_2O_5 – 0,29 %; SO_3 – 0,52 %; потери при прокаливании – 23,60 %.

Исходя из состава золы уноса при сжигании углей марок А и Т энергетической группы, наиболее перспективными направлениями переработки являются: получение микросферы, магнетитового концентрата и угольного концентрата (недожога).

Обеспечение устойчивого развития теплоэнергетического комплекса немыслимо без эффективного решения проблемы утилизации золошлаковых отходов. Ввиду своего фазово-минералогического состава ЗПО представляют собой ценный ресурс для различных отраслей промышленности (рис. 4 и 5).

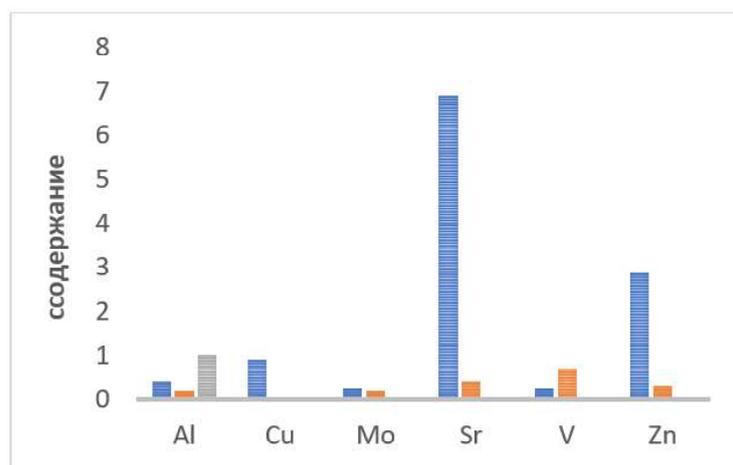


Рисунок 4 – Содержание микроэлементов в зольных водах (синим цветом показаны ПДК).

Объем золошлаковых отходов Старобешевской ТЭС составляет 670,0 тыс. т. золы уноса, и 287,1 тыс. т. шлаковых отходов.

Учет химического состава золы уноса и расчетных показателей извлечения, а также результаты работы действующей Новочеркасской ГРЭС, использующей антрацитовый штыб Донецкого угольного бассейна, послужили основанием для принятия условий вывода продукции переработки золы уноса.

Технологическая схема извлечения микросферы и сопутствующих компонентов для Старобешевской ТЭС представлена операциями, приведенными на рисунке 6.

Хранение готовой продукции – микросфер, магнетитового и угольного концентратов, гранулированных зольных смесей – планируется осуществлять в имеющихся складских помещениях ТЭС с последующим использованием в строительстве. Состав и производительность продуктов переработки представлен в таблице 2.

Основные технико-экономические показатели в целом по предлагаемой схеме приведены в таблице 3.

Технико-экономические показатели приведены на момент полного освоения производственной мощности установки и ввода всех основных производственных фондов.



Рисунок 5 – Логистическая схема управления отходами.



Рисунок 6 – Основные этапы переработки угля.

Таблица 2 – Состав продуктов переработки водной суспензии золы уноса

Наименование продуктов	Выход максимальный, %	Производительность		Влажность, %
		т/ч	тыс. т	
Микросфера	0,18	0,2	1,2	7,0
Магнетит	10,3	11,30	69,00	8,0
Недожог	18,8	20,70	126,00	15,0
Гранулированная зола	70,72	77,8	473,80	15,0
Итого	100,00	110,0	670,00	–

ВЫВОДЫ

В настоящей работе была разработана и обоснована технологическая схема извлечения микросферы и сопутствующих компонентов из золы-уноса Донецкой Народной Республики, взятой с «Старобешевской» ТЭС. Данная разработка направлена на решение актуальной социально-экономической задачи – повышения экологической безопасности промышленных регионов за счет использования полученных материалов в строительстве.

Таблица 3 – Основные технико-экономические показатели

Наименование показателей	Показатели
Производственная мощность установки по переработке золы уноса, тыс. т	393,840
Годовой объем товарной продукции при переработке водной суспензии, тыс. т:	
– микросфера	0,657
– магнетит	41,309
– гранулированная зола	195,913
– недожог	45,554
Годовой расход цемента для производства зольных гранул, тыс. т	50,0
Сметная стоимость строительства объекта, тыс. руб.	586 677,712

В ходе реализации проекта был проведен анализ опыта других предприятий по утилизации золошлаковых отходов, а также рассмотрены современные методы переработки отходов и внедрения энергосберегающего оборудования. На основе полученных данных предложена технологическая схема утилизации золы уноса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Российская Федерация. Законы. Об отходах производства и потребления : Федеральный закон № 89-ФЗ : текст с изменениями и дополнениями на 4 августа 2023 года : [принят Государственной Думой 22 мая 1998 года : одобрен Советом Федерации 10 июня 1998 года]. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации : [сайт]. – 1998. – 24 июня. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102053807> (дата обращения: 09.09.2023).
2. Бельдеева, Л. Н. Экологически безопасное обращение с отходами / Л. Н. Бельдеева, Ю. С. Лазуткина, Л. Ф. Комарова. – Барнаул : Азбука, 2006. – 172 с. – Текст : непосредственный.
3. Вигдорович, В. И. Теоретические основы, техника и технология обезвреживания, переработки и утилизации отходов : учебное пособие / В. И. Вигдорович, Н. В. Шель, И. В. Зарапина. – Москва : КАРТЭК, 2008. – 216 с. – ISBN 978-5-9901582-1-4. – Текст : непосредственный.
4. Галицкая, И. В. Экологические проблемы обращения и утилизации бытовых и промышленных отходов / И. В. Галицкая. – Текст : непосредственный // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2005. – № 2. – С. 144–147.
5. Справочник показателей качества и объёма добычи угля в 2013 году / ГП «УКРНИИУГЛЕБОГАЩЕНИЕ». – Луганск : [б. и.], 2013. – 32 с. – Текст : непосредственный.
6. Техничко-экономический анализ работы углеобогащительных фабрик Украины за 2012 год / ГП «УКРНИИУГЛЕБОГАЩЕНИЕ». – Луганск : [б. и.], 2013. – 113 с. – Текст : непосредственный.
7. Умбетова, Ш. М. Техногенные отходы предприятий энергетики и пути их вторичной переработки / Ш. М. Умбетова. – Текст : непосредственный // Вестник КазНТУ. – 2019 – № 2. – С. 1–5.
8. Геологический отчёт о доразведке и переоценке запасов каменных углей шахт ПО «Донецкуголь» / Госуглепром Украины, Укруглегеология. – Донецк : [б. и.], 1992. – 228 с. – Текст : непосредственный.
9. Компоненты зол и шлаков ТЭС / Л. Я. Кизильштейн, И. В. Дубов, А. Л. Шпицглюз, С. Г. Парада. – Москва : Энергоатомиздат, 1995. – 176 с. – Текст : непосредственный.
10. Тасоол, Л. Х. Алюмосиликатные микросферы зольных уносов теплоэлектростанций г. Кызыла / Л. Х. Тасоол, Н. Н. Янчат, Ж. Э. Чоксум. – Текст : электронный // Вестник Тувинского государственного университета. Технические и физико-математические науки. – 2012. – № 3(14). – С. 33–37. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=rwnagb> (дата обращения: 03.09.2024). – EDN: RWNAGB.
11. Геологический отчёт о доразведке и переоценке запасов углей по полю шахты «Комсомолец Донбасса» / Госуглепром Украины, Укруглегеология. – Донецк : [б. и.], 1992. – 305 с. – Текст : непосредственный.
12. Геологический отчёт по участку «Холодная Балка-Нижняя» / Министерство геологии УССР, Трест «Артёмгеология». – Артёмовск : [б. и.], 1971. – 217 с. – Текст : непосредственный.
13. Геологический отчёт о результатах геологоразведочных работ на площади поля шахты «Прогресс» / Министерство экологии и природных ресурсов Украины, Донецкгеология. – Артёмовск : [б. и.], 2003. – 243 с. – Текст : непосредственный.
14. Геологический отчёт о детальной разведке пластов угля на поле строящейся шахты «Шахтёрская-Глубокая» / Госуглепром Украины, Донбассгеология. – Артёмовск : [б. и.], 1982. – 116 с. – Текст : непосредственный.
15. Геологическое заключение по переоценке запасов антрацита пласта h8 на поле шахты «Шахтёрская-Глубокая» ПО «Шахтёрскуголь» / Госуглепром Украины, Укруглегеология. – Донецк : [б. и.], 1990. – 21 с. – Текст : непосредственный.
16. Салихов, В. А. Перспективы извлечения ценных цветных и редких металлов из золо-шлаковых отвалов энергетических предприятий Кемеровской области / В. А. Салихов. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – № 327. – С. 163–168. – ISSN 1561-7793.

17. Зубков, А. А. Переработка золошлаковых отвалов / А. А. Зубков. – Москва : Русатом. Инфраструктурные решения, 2020. – 10 с. – Текст : непосредственный.
18. Целыковский, Ю. К. Опыт промышленного использования золошлаковых отходов ТЭС / Ю. К. Целыковский. – Текст : непосредственный // Новое в российской энергетике. – 2000. – № 2. – С. 22–31.

Информация об авторе

Насонкина Надежда Геннадиевна – доктор технических наук, профессор кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: системы водоснабжения и водоотведения, экологическая безопасность систем водоснабжения, микросфера (отходы ТЭС), строительные отходы и применение их в строительстве.

Антоненко Светлана Евгеньевна – кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: электрохимическое умягчение воды, новые материалы и оборудование при проектировании систем отопления, экологическая безопасность инженерных сетей, энергоэффективность зданий.

Забурдаев Вячеслав Семенович – старший преподаватель, заведующий лабораторией кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: системы водоснабжения и водоотведения, экологическая безопасность систем водоснабжения.

Соколов Дмитрий Геннадьевич – инженер-проектировщик архитектурно-проектной фирмы «Новые технологии», ДНР, Донецк, Россия. Научные интересы: микросфера (отходы ТЭС), строительные отходы и применение их в строительстве.

Information about the author

Nasonkina Nadiya G. – D. Sc. (Eng.), Professor, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: water and wastewater treatment, ecological safety of the water systems.

Antonenko Svetlana Ye. – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: electrochemical softening the waters, new materials and the equipment at designing of systems of heating, environmental safety of engineering networks, energy efficiency of buildings.

Zaburdaiev Viacheslav S. – Senior Lecturer, Head of Laboratory Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: water and wastewater treatment, ecological safety of the water systems.

Sokolov Dmitry G. – design engineer at the architectural design firm «New Technologies», DPR, Donetsk, Russia. Scientific interests: microsphere (TPP waste), construction waste and their application in construction.

Статья поступила в редакцию 26.09.2024; одобрена после рецензирования 18.10.2024; принята к публикации 25.10.2024.

The article was submitted 26.09.2024; approved after reviewing 18.10.2024; accepted for publication 25.10.2024.