

EDN: PEAXSL

УДК 691+69.059.643, 504.06

С. Е. ГУЛЬКО^а, Н. Г. НАСОНКИНА^б, Д. Г. СОКОЛОВ^б, С. Е. АНТОНЕНКО^б, В. С. ЗАБУРДАЕВ^б^а Донгирошахт, Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. Донецк;^б ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС ДНР В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. Представлен анализ мирового опыта утилизации золошлаковых и строительных отходов. На примере Старобешевской ТЭС изучены условия формирования золошлаковых отходов, их минеральный состав, качественно-количественные показатели и их влияние на окружающую среду. Показано, что золоотвалы занимают большие территории, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат. Разработана технологическая схема извлечения микросферы и сопутствующих компонентов из золы уноса с учетом обеспечения замкнутой системы оборотного водоснабжения. Обоснована концепция и предложена многокритериальная модель совместной переработки золошлаковых и строительных отходов. Выполнена оценка переработки микросферы и строительных отходов во вторичные ресурсы, с последующим их применением для строительных материалов и дорожного покрытия. Отмечается, что совместное использование строительных отходов и ЗШО представляет сочетание коммерческих и технических показателей – наличием ресурсов, невысокой стоимости, высокой прочности и химической стойкости.

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

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Россия занимает четвертое место в мире по объему производства тепловой энергии. Объектами тепловой генерации в настоящее время вырабатывается свыше 60 % от всей энергии, производящейся на территории страны.

Процесс сжигания топлива сопровождается образованием золошлаковых отходов (далее ЗШО), объём, минералогический и химический состав которых определяется месторождением, марочным составом угля, способом шлакозолоудаления в котлоагрегатах. Общее количество золы и шлака в золоотвалах России составляет более 1,5 млрд т, а площадь, занимаемая отвалами превышает 220 км² [2, 3].

Золоотвалы постоянно пылят, а подвижные формы отходов вымываются осадками, загрязняя окружающую среду. Утилизация ЗШО имеет важное экологическое, экономическое и энергосберегающее значение.

Золошлаковые отходы можно использовать в производстве различных бетонов, строительных растворов, в дорожном строительстве и других отраслях [13, 17]. Наибольшее применение нашла зола уноса. Использование ее в хозяйственных целях ограничено токсичностью отходов.

Из составляющих ЗШО практический интерес представляют железосодержащий магнитный концентрат, вторичный уголь, микросфера, инертная масса алюмосиликатного состава и тяжелая фракция.

Многочисленные исследования [2–13] свидетельствуют о положительных результатах по извлечению ценных компонентов, в том числе и микросферы.

Для выделения микросферы на действующих ТЭС Российской Федерации используются [3, 7–13] следующие схемы: а) извлечения микросферы с поверхности золоотвалов; б) выделение микросферы из пульпы золы уноса; в) улавливания сухой золы уноса с дальнейшим использованием в строительной промышленности; г) переработка микросферы из золоотвала с производством товарной

© С. Е. Гулько, Н. Г. Насонкина, Д. Г. Соколов, С. Е. Антоненко, В. С. Забурдаев, 2023



микросферы на специализированных предприятиях и д) комбинированная схема извлечения микросферы. Степень использования ЗШО по стране не превышает 10 % [2, 3]. Сложившаяся ситуация предопределяет необходимость более широкого внедрения переработки ЗШО на территории России с последующей утилизацией полученных продуктов.

Лидером переработки зольных отходов является Индия, на территории которой перерабатывается до 30 млн т ежегодно [1, 3]. В европейских странах перерабатывается от 70 до 100 % от общего количества золошлакоотходов [3]. Высокий уровень утилизации ЗШО обеспечивается широким внедрением технологий комплексной переработки отходов ТЭЦ. Например, компания «Zola new technology» [4] использует технологию переработки с получением магнитного концентрата, алюмосиликатной микросферы, редкоземельных металлов. Компания Omega Minerals Group [3, 5] проводит извлечение микросферы на стадии механизированной добычи легких фракций золы с поверхности намываемых карт гидрозолошлакоотвалов. Применение технологии электростатической сепарации [3, 6] позволяет снизить содержание углерода в золе уноса, в результате образуется зола с низким содержанием углерода, известного под торговой маркой ProAsh (зола ProAsh), который применяется при производстве бетона.

Известно свыше 300 технологий по переработке и использованию ЗШО в строительстве и для производства стройматериалов, но в них не затрагиваются вопросы возможного комплексного использования ЗШО и строительных отходов.

Цель работы: исследование состава золы уноса на примере Старобешевской ТЭС, разработка и обоснование выбора экологически безопасной технологии выделения микросферы из золы – уноса ТЭС и оценка возможности ее использования совместно со строительными отходами для производства стройматериалов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Топливо-энергетический комплекс Донецкой Народной Республики представлен угольной отраслью и предприятиями генерации электроэнергии.

Промышленные запасы месторождений энергетического угля марки Т и А в границах Донецкой Народной Республики составляют 742 709,0 тыс. т. Запасы угля газовой группы – 162 201,0 тыс. т (уголь марки Д, ДГ). Генерацию электроэнергии в Донецкой Народной Республике осуществляют две теплоэлектростанции: ОП «Зуевская ТЭС» и ОП «Старобешевская ТЭС».

Проблема образования и накопления золоотвалов возле ТЭС является актуальной для нашего региона. Золоотвалы занимают большие территории, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат, которые в свою очередь влияют на повышение себестоимости производства энергоносителей.

Самым ценным компонентом золы-уноса является алюмосиликатная микросфера.

Выделение микросферы на действующих электростанциях Донецкой Народной Республики производится с водной поверхности золошлаковых отвалов малоэффективным немеханизированным способом. Учитывая сложившееся положение, необходимо разработать технологическую схему по выделению микросферы и сопутствующих компонентов из золы уноса для ТЭС ДНР.

Рассмотрим схему получения микросферы на примере Старобешевской ТЭС. ТЭС поставляет электроэнергию на территорию Донецкой Народной Республики (обеспечивает электроэнергией города Донецк, Макеевку, Докучаевск, Амвросиевку, Старобешево и пгт Еленовку) и частично на территорию Луганской Народной Республики.

Основное топливо – это низкорреакционный уголь марок «А» и «Т», а также шлам и высокозольный АШ. В связи с пониженной реакционной способностью углей марки А и Т для подсветки используется природный газ. Качественная характеристика добываемых углей и концентрата приведена в таблице 1.

Для сжигания в котлоагрегатах предусматривается использование шихты углей марки А в количестве – 50 % и марки Т в количестве – 50 %. Показатели качества концентратов и шихты, которая готовится на электростанциях, приведены в таблице 2.

Химический состав золы угольного концентрата приведен в таблице 3.

В результате сжигания угольного концентрата образуются зола-унос и шлак. Химический состав золы уноса и шлака играет определяющую роль для оценки их использования в народном хозяйстве.

При сжигании углей газовой группы в котлоагрегатах с жидким шлакоудалением доля шлака составляет 20 % [7], доля золы уноса в общем объеме шлаковых отходов – 80 %. Их химический состав представлен в таблице 4.

Таблица 1 – Качественная характеристика углей и концентрата

№ п/п	Марка	Зола, %	Влага, %	Сера, %	Выход летучих V^{daf} , %	Теплота сгорания $Q_{н}^p$, Ккал/кг	Примечание
1	Т	40,2	6,9	3,3	13,7	4 583	уголь («Макеевуголь»)
2	Т	36	5,5	2,4	6,6	4 946	уголь (шахта «Комсомолец Донбасса»)
3	Т	24,4	13,3	2,6	13,7	5 400	концентрат («Макеевуголь»)
4	Т	19,13	7,3	1,58	6,6	6 159	концентрат (шахта «Комсомолец Донбасса»)
5	А	33,7	7,3	1,3	3,1	4 862	уголь («Горезантрацит»)
6	А	37,5	7,4	1,4	5,5	4 588	уголь (шахта «Шахтёрская-Глубокая»,)
7	А	18,5	8,1	1,3	3,1	5 990	концентрат (ГОФ «Красная Звезда»)
8	А	25,0	11,0	1,4	5,5	5 284	концентрат (ЦОФ «Шахтерская»)

Таблица 2 – Показатели качества концентратов и шихты

Угольный концентрат шахты	Доля в угольной шихте	Марка	Зола, %	Влага, %	Сера, %	Выход летучих V^{daf} , %	Теплота сгорания $Q_{н}^p$, Ккал/кг
Шахта «Комсомолец Донбасса»	0,5	Т	19,13	7,3	1,58	6,6	6 159
шахты «Горезантрацит»	0,5	А	18,5	8,1	1,3	3,1	5 990
Итого	1,00	–	18,8	7,7	1,44	4,85	6 075

Таблица 3 – Химический состав золы угольного концентрата марки Т

Химические соединения	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	П.п.п.*	Марка
Содержание, %	38,00	0,66	19,77	22,62	3,80	1,37	2,00	1,35	0,39	3,48	6,57	Т
Содержание, %	39,7	0,65	17,95	24,4	5,2	3,4	2,6	1,1	0,45	4,25	23,60	А
Содержание, %	38,85	0,7	18,86	23,51	4,5	2,4	2,3	1,2	0,42	3,86	15,0	шихта

* – Потери при прокаливании

Сравнительная характеристика химического состава золошлаковой смеси приведена в таблице 5. Учитывая химический состав золы уноса при сжигании угля марок А и Т энергетической группы, наиболее промышленно значимыми компонентами переработки являются: микросфера; магнетитовый концентрат; угольный концентрат (недожог).

Таблица 4 – Химический состав шлака и золы

Химические соединения	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	П.п.п.*	Примечание
Содержание, %	54,08	1,05	21,25	13,55	3,60	1,67	3,03	0,98	0,61	0,18	0,00	шлак [13]
Содержание, %	48,76	0,35	18,02	12,39	1,73	2,16	2,97	1,38	0,29	0,52	23,60	зола [13]
Содержание, %	51,42	0,7	19,6	12,97	2,67	1,92	3,0	1,18	0,45	0,35	23,6	ЗШО

* – Потери при прокаливании

Таблица 5 – Сравнительная характеристика химического состав ЗШО

Химические соединения	Содержание химических соединений, %	
	золошлаковая смесь [8]	золошлаковая смесь шихты из марок А+Т
SiO ₂	51,42	38,85
TiO ₂	0,7	0,7
Al ₂ O ₃	19,6	18,86
Fe ₂ O ₃	12,97	23,51
CaO	2,67	4,5
MgO	1,92	2,4
K ₂ O	3,0	2,3
Na ₂ O	1,18	1,2
P ₂ O ₅	0,45	0,42
SO ₃	0,35	3,86
Потери при прокаливании	23,6	15,0

Золошлаковая пульпа по трубопроводам направляется на золоотвалы, занимающие значительные земельные площади.

На «Старобешевской» ТЭС находятся три золоотвала. Золоотвал № 1 в 1967 году выведен из эксплуатации и законсервирован. Золоотвал № 2 находился в эксплуатации с 1967 года. После заполнения до отметки плюс 142,00 м в 1997 году он также выведен из эксплуатации. В настоящее время выполняется его консервация. Золоотвал № 3 введен в эксплуатацию в 1997 году.

Отвалы являются источником загрязнения окружающей среды (рис. 1). Зола и шлак быстро поддаются выветриванию. После высыхания уже при скорости ветра выше 3 м/с начинают пылить. Вокруг них формируются ореолы загрязнения грунтов, почв, зоны аэрации и водонасыщенных пород (рис. 2).

Схема золошлакоудаления на «Старобешевской» ТЭС обеспечивает мокрое и частично сухое удаление золы уноса с дальнейшим гидротранспортом золошлаковой пульпы в отвалы. Извлечение микросферы и сопутствующих компонентов может производиться как из водного потока золы уноса, так и из сухой ее части.

В золоотвале, в результате гравитационного разделения водной суспензии, легкая фракция золы – полые зольные микросферы отделяются от золы уноса, шлака, несгоревшего угля и всплывают на поверхность золоотвала (рис. 3). Существенная часть золы представлена стекловидным веществом. По составу – это оксиды алюминия, калия, натрия. Полые внутри микросферы образуют пенные образования на поверхности золоотвала (рис. 3).

На ТЭС микросфера вызывает забивание труб оборотного водоснабжения.

Устойчивое развитие теплоэнергетического комплекса невозможно без решения проблемы утилизации золошлаковых отходов. ЗШО по фазово-минералогическому составу являются ценным сырьем для различных отраслей промышленности.

Рекомендуемая технологическая схема извлечения микросферы с поверхности золоотвалов (рис. 4) представлена следующими операциями: а) гидросепарация пульпы с извлечением микросферы во

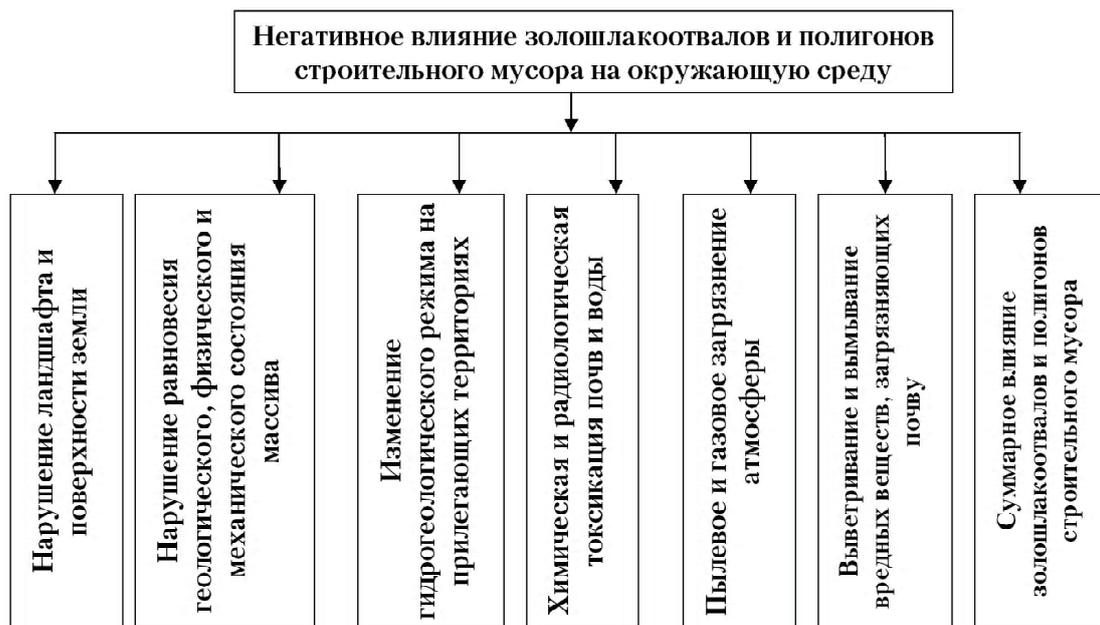


Рисунок 1 – Общая оценка влияния золошлакоотвалов и полигонов строительного мусора на окружающую среду.



Рисунок 2 – Схема распространения ореолов загрязнения по ИЗА.



Рисунок 3 – Золошлакоотвал № 2.

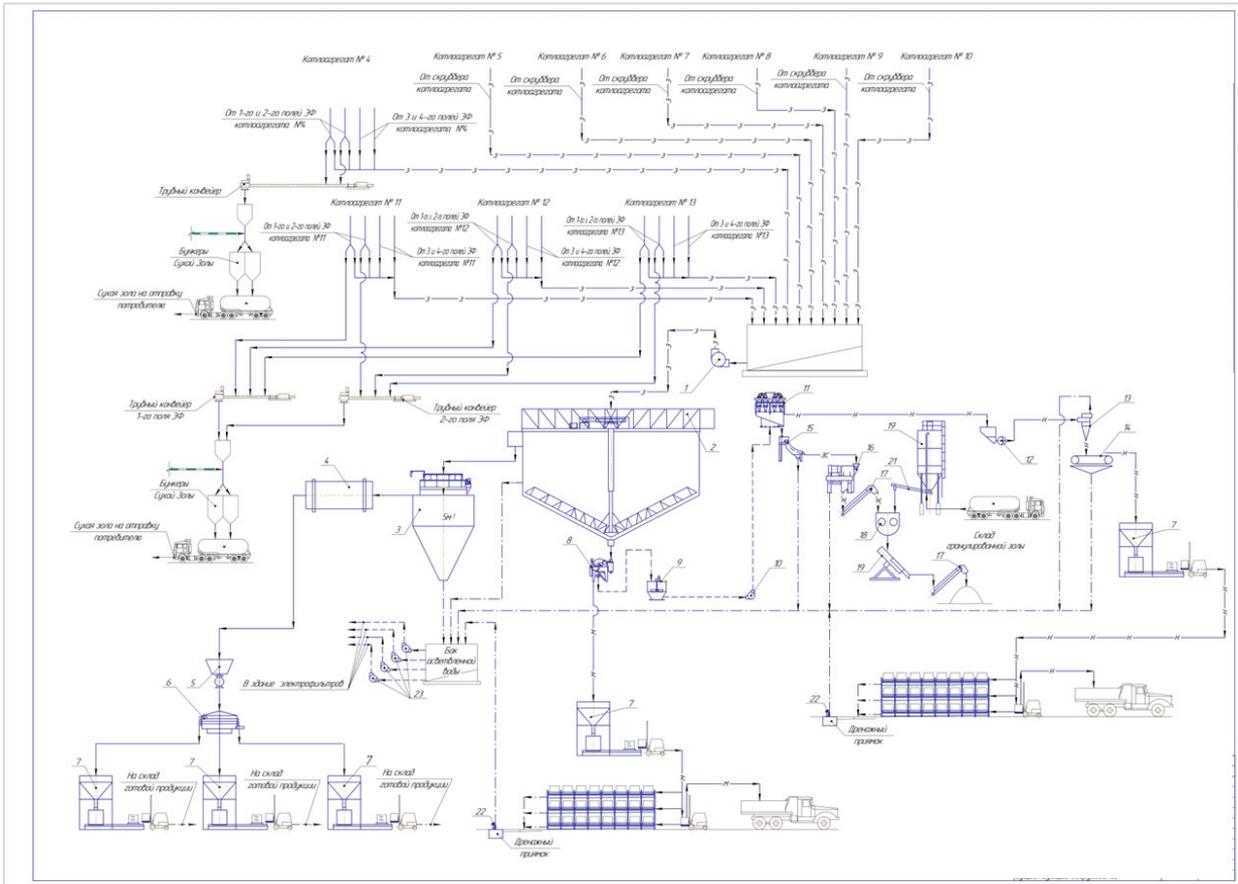


Рисунок 4 – Схема комплексной переработки водной суспензии золы уноса для Старобешевской ТЭС: 1 – насос ГРАК 350/40/1-1,6; 2 – сгуститель-гидросепаратор; 3 – зумпф микросферы с пеноъемником; 4 – сушильный барабан d 2,5 м; 5 – бункер-питатель; 6 – вибросита СВ-1,2; 7 – фасовочная машина; 8 – сепаратор СБаМ-0,8/1,7; 9 – зумпф с мешалкой; 10 – насос ГраК 85/40/0-1,3; 11 – батарея гидроокислов ПМ-24016; 12 – насос ГраК 85/40/0-1,3; 13 – гидроциклон ГИМ-350; 14 – фильтр ленточный ЛОП 4,5; 15 – дуговое сито СмДуГд-3,0-А-0,3; 16 – центрифуга ЦфШнг-100-ВМ; 17 – конвейер ленточный; 18 – смеситель; 19 – гранулятор Т-300; 20 – склад цемента 32т; 21 – шнековый питатель; 22 – насос дренажный ПКВП 63/225; 23 – насос ГраК 700/40-11-12-1,6.

всплывший слой; б) извлечение микросферы с помощью насосов; в) пакетирование микросферы; г) обезвоживание микросферы; д) отгрузка микросферы потребителю.

Объем золошлаковых отходов приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Объем золошлаковых отходов Старобешевской ТЭС

Наименование продуктов	Выход максимальный, %	Производительность	
		т/ч	тыс. т
Золошлаковые отходы:	100,0	155	957,15
зола уноса	70,0	110	670,00
шлаковые отходы	30,0	45	287,10

Этапы, представленные на рисунке 5, обуславливаются элементами многокритериальной модели, а последовательность этапов и виды возможных итераций – взаимосвязями элементов. В рамках предложенной модели может быть рассмотрен вопрос использования ЗШО совместно со строительными отходами, исходя из класса опасности, экологических ущербов и экономической эффективности.

Еще до 2014 года строительный мусор оставлял основную часть отходов на мусорных полигонах региона. Значительные разрушения городской инфраструктуры за годы военных действий, а также

дефицит свободных земель под захоронение строительных отходов выдвигают необходимость изыскивать способы утилизации данной группы отходов.

Учитывая отсутствие в настоящее время в Донбассе соответствующего технологического оборудования, необходимого опыта и нормативной базы для сферы отходов, на данном этапе все строительные отходы предлагается складировать на специальном полигоне. После решения всех организационных вопросов твердокаменные строительные отходы должны перерабатываться с вовлечением в строительный оборот в виде вторичного заполнителя для бетонных изделий или как подстилающее щебеночное основание для дорог. Полигон строительных отходов и производство по их переработке необходимо размещать в промышленной зоне. Стационарное производство включает в себя первичное оборудование: приемные бункеры, транспортеры, пункты предварительной сортировки отходов, дробилки, магнитный сепаратор, грохот и оборудование вторичного дробления для получения необходимых фракций щебня и песка. Около 76 % отходов можно использовать повторно. Например, тяжелый и легкий железобетон (примерное соотношение 4:1) после специальной переработки (дробления, сортировки, фракционирования) можно применять в дорожном строительстве, монолитном домостроении и при изготовлении неответственных железобетонных конструкций.

Схема построения модели использования ЗШО представлена на рисунке 5.

Повторное использование отходов после демонтажа железобетонных конструкций позволяет не только уменьшить стоимость основных материалов, но и улучшить экологическую ситуацию.

Многие строительные компании, занимающиеся сносом зданий, перерабатывают бой бетона и кирпича. За рубежом с 50-х годов прошлого века создана мощная сеть предприятий по переработке строительных отходов, что позволило к настоящему времени переработать около 100 млрд м³ [14].

В Российской Федерации проблемой переработки строительных отходов занимается строительный комплекс г. Москвы [14]. Накопленный им опыт свидетельствует, что использование отходов вторичных ресурсов дает высокий экономический эффект.

Совместное использование строительных отходов и ЗШО представляет сочетание коммерческих и технических показателей – наличием ресурсов, невысокой стоимости, высокой прочности и химической стойкости. Сырье из отходов в 2–3 раза дешевле, чем специально изготавливаемое сырье и может быть рекомендовано для строительных изделий при восстановлении Донбасса.

ВЫВОДЫ

Извлечение полезных компонентов из ЗОШ, с последующей их утилизацией совместно со строительными отходами полностью позволит высвободить занимаемые площади и снизить негативное воздействие на окружающую среду, а также уменьшить технологические расходы на основное производство энергетическими предприятиями.

СПИСОК ЛИТЕРАУРЫ

1. Утилизация золы уноса: комплексный решения, проблемы отходов угольной энергетики по индийским рецептам. – Текст : электронный // Строительная газета : [сайт]. – 10.02.2023. – URL: <https://stroygaz.ru/publication/materials/utilizatsiya-zoly-unosa-kompleksnyie-resheniya-problemy-otkhodov-ugolnoy-energetiki-po-indiyskim-rets/> (дата обращения: 14.09.2023).
2. Проблемы и перспективы утилизации золошлаковых отходов ТЭЦ. Часть 1 / Г. С. Подгородецкий, В. Б. Горбунов, Е. А. Агапон [и др.]. – Текст : непосредственный // Черная металлургия (известия вузов). – 2018. – Том 61, № 6. – С. 439–446.
3. Таскин, А. В. Химико-технологические решения комплексной переработки золошлаковых отходов промышленности : специальность 03.02.08 «Экология (химия) (химические науки)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук / Таскин Андрей Васильев ; Дальневосточный федеральный университет. – Владивосток, 2018. – 208 с. – Текст : непосредственный.
4. Золошлаковые отходы. Экономическая выгода переработки. – Текст : электронный // ZOLA NEW TECHNOLOGY UG : [сайт]. – 19 мая 2021. – URL: <https://zola-nt.de/ru/zoloshlakovyie-othody-ekonomicheskaya-vygodapererabotki/> (дата обращения: 14.09.2023).
5. Завод по переработке золошлаковых отходов СУЭК и Opera Minerals увеличил годовую производительность на 40 %. – Текст : электронный // Сетевое издание «Интерфакс-Россия» : [сайт]. – Сибирь. – 23 марта 2012. – URL: <https://www.interfax-russia.ru/siberia/news/zavod-po-pererabotke-zoloshlakovyih-othodov-suek-i-omega-minerals-uvlichil-godovuyu-proizvoditelnost-na-40> (дата обращения: 14.09.2023).
6. Возможности ST комплекс технологий на летучей золе. – Текст : электронный // ST EQUIPMENT & TECHNOLOGY : [сайт]. – 2023. – URL: <https://steqtech.com/possibilities-of-st-complex-technologies-on-fly-ash/?lang=ru> (дата обращения: 14.09.2023).

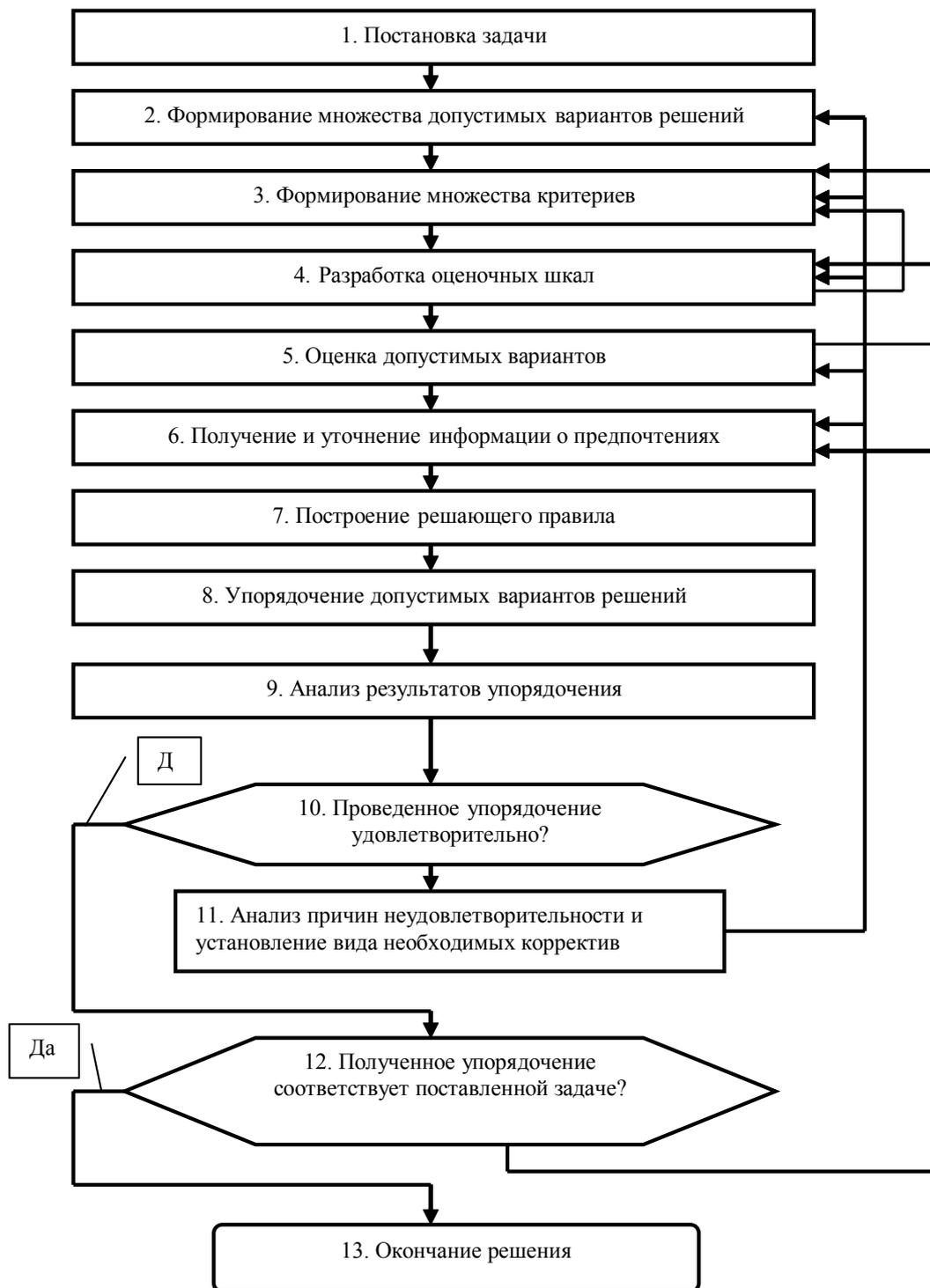


Рисунок 5 – Схема построения модели многокритериальной задачи.

7. Умбетова, Ш. М. Техногенные отходы предприятий энергетики и пути их вторичной переработки / Ш. М. Умбетова. – Текст : непосредственный // Вестник КазНТУ. – 2019 – № 2. – С. 2–8.
8. Компоненты зол и шлаков ТЭС / Л. Я. Кизильштейн, И. В. Дубов, А. Л. Шпицглюз, С. Г. Парада. – Москва : Энергоатомиздат, 1995. – 176 с. – Текст : непосредственный.
9. Тас-оол, Л. Х. Алумосиликатные микросферы зольных уносов теплоэлектростанции г. Кызыла / Л. Х. Тас-оол, Н. Н. Янчат, Ж. Э. Чоксум. – Текст : непосредственный // Кызыл: Вестник Тувинского государственного университета. – 2012. – № 3. – С. 33–37.

10. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов / Л. Б. Хорошавин, В. А. Беляков, Е. А. Свалов ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. у-та, 2016. – 220 с. – Текст : непосредственный.
11. Салихов, В. А. Перспективы извлечения ценных цветных и редких металлов из золо-шлаковых отходов энергетических предприятий Кемеровской области / В. А. Салихов. – Текст : электронный // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – С. 163-168. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-izvlecheniya-tsennykh-tsvetnykh-i-redkih-metallor-iz-zolo-shlakovykh-otvalov-energeticheskikh-predpriyatiy-keмеровskoy-oblasti/viewer> (дата обращения: 14.09.2023).
12. Зубков, А. А. Переработка золошлаковых отходов / А. А. Зубков. – Текст : непосредственный. – Москва : Русатом. Инфраструктурные решения. – 2020. – С. 1–10.
13. Целыковский, Ю. К. Опыт промышленного использования золошлаковых отходов ТЭС / Ю. К. Целыковский. – Текст: непосредственный // Новое в российской энергетике. – 2000. – № 2. – С. 22–31.
14. Олейник, С. П. Единая система переработки строительных отходов / С. П. Олейник. – Москва : СВР-Аргус, 2006. – 300 с. – Текст : непосредственный.

Получена 13.10.2023

Принята 27.10.2023

С. Є. ГУЛЬКО ^a, Н. Г. НАСОНКІНА ^b, Д. Г. СОКОЛОВ ^b, С. Є. АНТОНЕНКО ^b,
В. С. ЗАБУРДАЄВ ^b

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ТЕС ДНР В БУДІВНИЦТВІ

^a Донгіпрошахт, Донецька Народна Республіка, м. Донецьк; ^b ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», Російська Федерація, Донецька Народна Республіка, м. о. Макіївський, м. Макіївка

Анотація. Представлений аналіз світового досвіду утилізації золошлакових та будівельних відходів. На прикладі Старобешівської ТЕС вивчено умови формування золошлакових відходів, їх мінеральний склад, якісно-кількісні показники та їх вплив на довкілля. Показано, що золовідвали займають великі території, а їх утримання вимагає значних експлуатаційних витрат. Розроблено технологічну схему вилучення мікросфери та супутніх компонентів із золи винесення з урахуванням забезпечення замкнутої системи оборотного водопостачання. Обґрунтовано концепцію та запропоновано багатокритеріальну модель спільної переробки золошлакових та будівельних відходів. Виконано оцінку переробки мікросфери та будівельних відходів у вторинні ресурси, з подальшим їх застосуванням для будівельних матеріалів та дорожнього покриття. Відзначається, що спільне використання будівельних відходів і ЗШВ представляє поєднання комерційних і технічних показників – наявністю ресурсів, невисокої вартості, високої міцності і хімічної стійкості.

Ключові слова: мікросфера, зола, відходи, відвали, шлак, золошлакова суміш.

SERGEY GULKO ^a, NADIYA NASONKINA ^b, DMITRY SOKOLOV ^b,
SVETLANA ANTONENKO ^b, VIACHESLAV ZABURDAEV ^b

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING ASH AND SLAG WASTE FROM DPR THERMAL POWER PLANTS IN CONSTRUCTION

^a Dongiproschacht, Russian Federation, Donetsk; ^b FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Makeevka

Abstract. The analysis of the world experience in the disposal of ash and slag and construction waste is presented. Using the example of the Starobeshivskaya thermal power plant, the conditions for the formation of ash and slag waste, their mineral composition, qualitative and quantitative indicators and their impact on the environment are studied. It is shown that ash dumps occupy large territories, and their maintenance requires significant operating costs. A technological scheme for the extraction of microspheres and related components from fly ash has been developed, taking into account the provision of a closed circulating water supply system. The concept is substantiated and a multi-criteria model of joint processing of ash and slag and construction waste is proposed. The evaluation of the processing of microspheres and construction waste into secondary resources, with their subsequent use for building materials and pavement, was carried out. It is noted that the joint use of construction waste and waste management represents a combination of commercial and technical indicators – availability of resources, low cost, high strength and chemical resistance.

Keywords: microsphere, ash, waste, dumps, slag, ash-slag mixture.

Гулько Сергей Евгеньевич – доктор технических наук, и. о. директора Донгипрошахт. Научные интересы: техносферная безопасность; технология и комплексная механизация подземных разработок месторождений полезных ископаемых; техносферная безопасность при ликвидации шахт в Донецке.

Насонкина Надежда Геннадиевна – доктор технических наук, профессор кафедры городского строительства и хозяйства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: системы водоснабжения и водоотведения, экологическая безопасность систем водоснабжения, микросфера (отходы ТЭС), строительные отходы и применение их в строительстве.

Соколов Дмитрий Геннадьевич – студент ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: микросфера (отходы ТЭС), строительные отходы и применение их в строительстве.

Антоненко Светлана Евгеньевна – кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: электрохимическое умягчение воды, новые материалы и оборудование при проектировании систем отопления, экологическая безопасность инженерных сетей, энергоэффективность зданий.

Забурдаев Вячеслав Семенович – заведующий лабораторией кафедры городского строительства и хозяйства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: системы водоснабжения и водоотведения, экологическая безопасность систем водоснабжения.

Гулько Сергій Євгенович – доктор технічних наук, в. о. директора Донгіпрошахт. Наукові інтереси: техносферна безпека; технологія і комплексна механізація підземних розробок родовищ корисних копалин; техносферна безпека при ліквідації шахт в Донецьку.

Насонкіна Надія Геннадіївна – доктор технічних наук, професор кафедри міського будівництва і господарства ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: системи водопостачання і водовідведення, екологічна безпека систем водопостачання, микросфера (відходи ТЕС), будівельні відходи та застосування їх у будівництві.

Соколов Дмитро Геннадійович – студент ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: микросфера (відходи ТЕС), будівельні відходи та застосування їх у будівництві

Антоненко Світлана Євгенівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва та господарства ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: електрохімічне з'ясування води, нові матеріали і устаткування при проектуванні систем опалення, екологічна безпека інженерних мереж, енергоефективність будівель.

Забурдаєв Вячеслав Семенович – завідувач лабораторією кафедри міського будівництва та господарства ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: системи водопостачання і водовідведення, екологічна безпека систем водопостачання.

Gulko Sergey – D. Sc. (Eng), Acting Director of Dongiproshakht. Scientific interests: technosphere safety; technology and complex mechanization of underground mining of mineral deposits; technosphere safety in the liquidation of mines in Donetsk.

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

Sokolov Dmitry – student, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: microsphere (TPP waste), construction waste and their application in construction

Antonenko Svetlana – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Municipal Building and Economy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». 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 – Head of Laboratory, Municipal Building and Economy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: water and wastewater treatment, ecological safety of the water systems.