

- отселение населения, проживающего в зоне экологически напряженных территорий;
- решение проблем утилизации галитовых и шламовых отходов, противозерозионных покрытий отработанных участков солеотвалов;
- создание эффективных очистных сооружений, организация замкнутой системы водооборота, изменение технологии промышленного производства, биологическая рекультивация;
- расчистка рек, водоемов и колодцев, оборудование водозаборов, рекультивация карьеров;
- использование для водоснабжения более глубоких водоносных горизонтов – межморенных, подморенных и др.;
- организация экологического мониторинга.

#### Литература

1. Губин В.Н. Экология геологической среды: Учеб. пособие / В.Н. Губин, А.А. Ковалев, С.А. Сладкопечцев, М.Г. Ясоев. – Мн.: БГУ, 2002. – 120 с.
2. Добровольский П.А. В Солигорске растут горы экологических проблем // Интернет-источник: Ежедневник здоровье. Экология. 2013.
3. Эколого-радиационный паспорт Солигорского района. Госкомитет по экологии Республики Беларусь, АН Беларуси, Солигорский райисполком. Минск, 1992.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ФРАКЦИОНИРОВАННОЙ ЗОЛЫ УНОСА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ КУЗБАССА

**В.С. Алиханов\*, А.П. Иванов\*, А.А. Лапин\*\***

**Научный руководитель доцент Е.Ю. Темникова**

**\*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,  
\*\*Государственная жилищная инспекция Кемеровской области, г Кемерово, Россия**

В России работают 350 угольных ГРЭС и ТЭЦ, вырабатывающих около 20% тепловой и электрической энергии от общей выработки по стране. Из них 172 электростанции производят более 100 тыс. т золы в год. Ежегодная выработка золошлаковых отходов (ЗШО) в России составляет около 22 млн. т. Ежегодной реализации подвергается около 18% от выработки. Остальные хранятся на золоотвалах, ресурсы большинства которых практически исчерпаны. Между тем, продажи золы в сухом виде из Эстонии на рынке России успешно реализуемые отечественной компанией в течение более 6 лет, подтверждают, что спрос на сухую золу есть [1]. На отдельных электростанциях в России идет реализация проектов сухого золошлакоудаления (СЗШУ). Назвать ее «сухой» можно с большой натяжкой, так как конечной целью эти проекты претендуют на продление срока использования существующих площадей золоотвалов с переходом на увлажненное складирование уловленной в сухом виде золы [1-3].

Угольная генерация в Кузбассе занимает ведущее место по сравнению с другими видами используемого топлива и высокотемпературные процессы переработки углей в пылеугольных котлах вносят значительную долю загрязнений в окружающую среду в виде золошлаковых отходов. Группой компаний Кузбасского филиала Сибирской генерирующей компании (СГК) в Кузбассе ежегодно производят вывоз около 1,4 млн. тыс. т золошлаковых отходов в регламентированные золоотвалы. Пыление от заполненных, высушенных временем отвалов вызывает значительное беспокойство, так как частицы пыли, в основном размером менее 200 мкм, уносятся ветром (витают) скоростью всего лишь более 0,8 м/с. Безветренной погоды в летнее время, или при скорости ветра менее 0,8 м/с в Кузбассе практически не бывает.

Отсутствие фракционирования золы стало препятствием на пути повышения ее потребительских свойств и, следовательно, цены, которую за нее готов заплатить потребитель.

Цель работы заключается в изучении элементного состава фракционированных золовых отходов предприятий угольной генерации Кузбасса. Были взяты представительные пробы на четырех предприятиях угольной генерации Кузбасса: Кемеровской ГРЭС (КемГРЭС), Беловской ГРЭС (БелГРЭС), Томь-Усинской ГРЭС (ТУ ГРЭС), Ново-Кемеровской ТЭЦ (НК ТЭЦ). Способы улавливания золы уноса на этих станциях имеют существенное различие. Сухой способ улавливания с использованием электрофильтров применяется на двух станциях: Кемеровской ГРЭС и Беловской ГРЭС. Мокрое пылеулавливание с использованием скрубберов Вентури и последовательно установленных пыльными форсуночными скрубберами, орошаемыми водой, реализуется на Ново-Кемеровской ТЭЦ и Томь-Усинской ГРЭС.

Взятые пробы на станциях имели существенное отличие, связанное с различием способа очистки дымовых газов. При мокром способе очистки пробы золы были взяты во влажном виде либо в скрубберах, остановленных для регламентированной очистки от отложений золы на стенках диффузора скруббера Вентури или на кольцевом козырьке – брызгоуловителе полого форсуночного скруббера, либо у дымососа. При сухом способе улавливания пробы золы уноса отбирались из бункера в сухом виде, из которого зола поступала в канал гидрозолоудаления, далее сливалась с потоком измельченного шлака и баггерными насосами направлялась в отстойники накопители. В пробах, взятых на станциях с мокрым способом очистки дымовых газов, наблюдалось отсутствие легкой фракции золы (полых микросфер или ценосфер) или её следы. К пробам золы уноса при сухом способе очистки

дымовых газов можно применить фразу: пробы «в первозданном виде».

Перед фракционированием золы уноса на магнитную и немагнитную фракции проведено отделение полых микросфер методом мокрой флотации (на лабораторных машинах и механизмах, моделирующих процесс мокрой флотации на угольных обогатительных фабриках без применения флотореагентов). Необходимости использовать флотационные реагенты не было, так как работает закон Архимеда при достаточно большой разности выталкивающей силы, обеспечиваемой значительной разницей истинной плотностью частиц золы и полых микросфер.

Фракционирование обедненной полыми микросферами золы уноса на магнитную и немагнитную фракции осуществляли на лабораторном магнитном анализаторе, используемом для определения эффективности отделения магнитных частиц из состава природного (минерального) мелкодисперсного железосодержащего концентрата.

В табл. 2 представлены результаты разделения зол на микросферы, магнитную и немагнитную фракции. В золах НК ТЭЦ и ТУ ГРЭС микросферы отсутствуют, так как технология улавливания золы уноса у них отличается от Кемеровской ГРЭС и Беловской ГРЭС.

Нужно обратить внимание, что зола Томь-Усинской ГРЭС имеет более значительное содержание магнитной фракции, чем золы других станций.

Для определения элементного и химического состава образцов зол предприятий, а также магнитной и немагнитной фракций использовался метод сканирующей электронной микроскопии с применением сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6390 LA с энергодисперсионным детектором рентгеновского излучения JED 2300 Центра коллективного пользования ФИЦ УУХ СО РАН. Частичные результаты анализов (по некоторым элементам) представлены в табл. 3.

**Таблица 2**

Станция	Состав золы уноса, % масс.			
	Микросферы	Магнитная фракция	Немагнитная фракция	Потери
Кем. ГРЭС [4]	2,46	3,82	89,18	4,54
Бел. ГРЭС	1,11	8,22	89,56	1,11
НК ТЭЦ	-	4,48	91,65	3,86
ТУ ГРЭС	-	14,49	76,14	9,36

В магнитной фракции железо может находиться в составе золы уноса как отдельный элемент Fe, как оксид железа (II, III) ( $Fe_2O_3$  и/или  $Fe_3O_4$  ( $FeO \cdot Fe_2O_3$  в виде магнетита или железной окалины)), как карбонат железа (II)  $FeCO_3$ , как сульфата железа  $FeSO_4$ , который в присутствии карбоната натрия  $Na_2CO_3$  или карбоната кальция  $CaCO_3$  в инертной среде переходит в карбонат железа  $FeCO_3$  с образованием сульфата натрия  $Na_2SO_4$  или сульфата кальция  $CaSO_4$ . При этом серные или сернистые оксиды образуют твердые минеральные сульфаты либо с натрием или кальцием, либо с железом, т.е. происходит связывание газообразных оксидов серы, образованных при горении угля, в которых находится, хотя и небольшое количество, серы (Кузбасские угли бедны серой и сернистыми соединениями). Отметим, что карбонаты железа  $FeCO_3$ , образовавшиеся в процессе горения при температурах более  $500^\circ C$  переходят в оксиды железа (II) и выделением газообразного диоксида углерода  $CO_2$ .

**Таблица 3**

Элементы	Зола уноса КемГРЭС	Немагнитная фракция [4]	Магнитная фракция [4] (две стадии)	Зола НК ТЭЦ	Немагнитная фракция	Магнитная фракция	Зола уноса БелГРЭС	Немагнитная фракция	Магнитная фракция	Зола ТУ ГРЭС	Немагнитная фракция	Магнитная фракция
C	16,24	-	-	24,86	-	22,95	17,75	37,59	23,70	17,47	18,59	14,76
Si	22,16	28,09	19,08	13,72	27,01	17,65	17,5	16,17	18,29	14,72	18,59	15,72
S	0,25	-	-	0,22	0,26	0,36	0,07	-	0,11	0,18	0,24	0,36
Ca	4,37	4,15	4,9	1,58	4,14	4,19	2,33	5,26	8,48	2,18	4,23	5,48
Fe	4,04	4,01	21,22	2,19	4,59	7,9	2,86	2,92	4,79	3,71	3,87	10,51

Таким образом, при выделении магнитной фракции из общего состава золы уноса, должно происходить увеличение концентрации железосодержащих соединений, полагаем в большей степени сульфатов железа в виде  $FeSO_4$ , сульфатов кальция  $CaSO_4$  и оксидов  $Fe_2O_3$  (в пересчете на элемент – железо), а также увеличение концентрации сернистых соединений (в пересчете на элемент – сера).

Из табл. 3 видно, что в магнитной фракции содержание магнетита в пересчете на элементное железо, выделенное при проведении одностадийной мокрой магнитной сепарации на магнитном анализаторе, в 2-3 раза больше, чем в исходной золе уноса. При двухстадийной сепарации (мокрой и сухой) в содержании магнетита элементного железа в 5 раз больше, чем в исходной золе уноса. Увеличение концентрации серы при одновременном росте содержания кальция показывает, что сера может находиться с большей вероятностью в виде сульфатов железа и кальция.

На основе полученных результатов предполагается определить рациональную последовательность операций технологического процесса получения магнитной фракции (железосодержащего концентрата), легкой фракции золы уноса (полах микросфер) и немагнитной фракции с предварительно разработанными режимными параметрами процессов разделения. В золах и шлаках содержатся компоненты, обладающие ценными уникальными технологическими свойствами, позволяющими во многих современных технологиях эффективно использовать эти компоненты.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Департамента образования и науки Кемеровской области в рамках научного проекта (договора) № 16-48-420871, «р\_а» и соглашения № 6 от 15 декабря 2016 г.

#### Литература

1. Принципиальная схема очистки отходящих газов угольных электростанций для создания качественных попутных продуктов сжигания угля / А.И. Калачев // ТЭК. Стратегии развития. – 2015. - № 4 (39). – С. 36-41.
2. Технические решения по использованию золошлаковых отходов Каширской ГРЭС / А.Г. Тумановский, Ю.К. Цельковский, А.М. Зыков, Л.М. Делицын, С.Ф. Торхунов // Энергетик. – 2014. – № 4. – С. 27-31.
3. Переработка отвальных золошлаковых смесей в кондиционные зольные продукты – одно из приоритетных направлений эффективного решения проблемы обращения с золошлаками ТЭС в современных условиях А.Н. Набоков, Г.Н. Фрейберг, Т.П. Щерблякина // Энергетик. – 2014. – № 10. – С. 31-35. Sysolyatin, A.S. Analysis of Fractionated Fly Ash and Slag at Kemerovo State District Power Plant / A.S. Sysolyatin, I.A. Zvingul, E.Yu. Temnikova// MATEC Web of Conferences, 2016, Vol. 72 (2016), Heat and Mass Transfer in the
4. System of Thermal Modes of Energy – Technical and Technological Equipment (HMTTSC-2016), Tomsk, Russia, April 19-21, 2016, Published online: 09 August 2016. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20167201137> – Article available at <http://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2016/35/contents/contents.html>

### ФОРМИРОВАНИЕ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОМЕЛЬСКОГО ПОЛЕСЬЯ

С.В. Андрушко

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

Территория Гомельского Полесья, в пределах которой обнаружены первые палеолитические стоянки человека (24 – 22 тыс. лет до н.э.), отличается длительным периодом антропогенного освоения, уже на ранних этапах которого значительной трансформации подверглись отдельные природные компоненты ландшафтов, что в дальнейшем привело к существенному преобразованию их структуры и формированию природно-антропогенных ландшафтов (ПАЛ). Слабо изученной остается проблема особенностей хозяйственного освоения ландшафтов на ранних исторических этапах, весьма актуальным вопросом являются вопросы выявления пространственно-временных закономерностей смены ПАЛ.

Учет исторических особенностей антропогенного освоения и преобразования территорий позволит более обосновано характеризовать современное геоэкологическое состояние ландшафтов. Исходя из этого актуальной задачей является определение особенностей и интенсивности освоения ландшафтов, установление закономерностей формирования и изменения классов и подклассов природно-антропогенных ландшафтов и выявление предпосылок их современного геоэкологического состояния.

На основании анализа показателей демографического и хозяйственного преобразования территории в зависимости от особенностей и интенсивности хозяйственного освоения за две с половиной тысячи лет установлены особенности формирования ПАЛ.

Методика и объекты исследования. Антропогенная трансформация ландшафтов исследовалась в пределах территории Гомельского Полесья, включающая репрезентативные природные ландшафты данного региона (моренно-зандровые, вторичные водно-ледниковые и озерно-аллювиальные) за период от 1 тыс. до н.э. до начала XXI века. Разнообразие природно-ландшафтных условий и длительная история освоения территории позволили проследить особенности и установить закономерности антропогенного воздействия и трансформации ландшафтов на различных этапах хозяйственного освоения.

Природно-ландшафтная структура района состоит из аллювиального террасированного (27,5%), вторичного водно-ледникового (18,4 %), вторично-моренного (0,7 %), моренно-зандрового (35,2 %), озерно-аллювиального (10,1 %) и пойменного (8,1 %) ландшафтов.

Для каждого из ландшафтов были выделены преобладающие факторы антропогенных воздействий, проведен пространственный анализ системы расселения и интенсивности хозяйственного освоения. На основании пространственного анализа топографических и общегеографических карт района исследований середины