

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ЗОЛОШЛАКООТВАЛОВ — ПРОДУКТОВ ТЕХНОГЕНЕЗА

Е.Н. Огородникова¹, Т.А. Барабошкина², С.К. Николаева²

¹Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

²Геологический факультет
Московский государственный университет
Воробьевы горы, Москва, Россия, 119899

В процессе техногенного литогенеза формируются массивы новообразований, к которым относятся золошлакоотвалы. Минеральный и химический состав зол и шлаков изменяется во времени, что определяет водную миграцию макро- и микрокомпонентов и приводит к загрязнению природной среды.

Ключевые слова: техногенез, золоотвалы, минеральный, химический состав, загрязнение, природная среда.

Активная промышленная и хозяйственная деятельность человека привела к накоплению на поверхности нашей планеты миллиардов кубометров техногенных образований. Приблизительный расчет объемов новообразований, формирующихся при добыче и переработке рудных, нерудных полезных ископаемых и ископаемого топлива составляет в среднем 43 км^3 в год, в то время как ежегодный объем твердого стока рек Земли соответствует объему $12,4 \text{ км}^3$. Сравнение этих величин показывает, что объем ежегодного накопления техногенных грунтов — продуктов горнодобывающей промышленности почти в три раза превышает объем твердого стока рек на земном шаре [4]. Процесс формирования этих новообразований определяется техногенезом и приводит к формированию нового генетического типа четвертичных отложений, которые в инженерной геологии относят к техногенным грунтам.

В соответствии с принятыми классификациями техногенные грунты подразделяются на техногенно образованные, техногенно переотложенные и техногенно измененные разности [4]. Среди выделенных типов техногенно образованные являются наименее термодинамически устойчивыми, следствием чего являются их литогенетические преобразования во времени.

Трансформация минерального и химического состава техногенно образованных разностей приводит к формированию подвижных соединений и загрязнению окружающей среды.

Золы и шлаки относятся к техногенно образованным разностям. Они образуют массивы золошлакоотвалов, которые формируются при сжигании твердого топлива: бурого, каменного угля, горючих сланцев, торфа и транспортировке продуктов сгорания гидротранспортом. Состав золошлаков определяется видом сжигаемого топлива, технологией сжигания и складирования. В химическом составе зол и шлаков преобладают соединения кремния, алюминия, кальция, магния, железа. Содержание серы определяется сернистостью сжигаемых углей. В соответствии с химическим составом золошлаки подразделяются на кислые с содержанием оксида кальция менее 10% (образуются от сжигания каменного и бурого угля, антрацита) и основные (образуются при сжигании сланцев и молодых углей).

Особенно отчетливо литогенетические преобразования проявляются в активных золах. Это связано с процессом складирования пульпы, последующими процессами взаимодействия активных компонентов между собой, а также с газами атмосферы и природными водами. Анализ литогенетических преобразований был выполнен с помощью фазового рентгеноструктурного анализа для активных зол Березовской ГРЭС-1 (Канско-Ачинский буроугольный бассейн). Для анализа были отобраны образцы зол гидроудаления из зоны сброса пульпы и зоны пруда-отстойника и старого отработанного золоотвала.

Минеральный состав исследованных зол разнообразен и включает минералы, образующиеся на разных стадиях технологического процесса (табл. 1).

Таблица 1

Минеральный состав исследованных золошлаков

Группы минералов	Место отбора проб	Минеральный состав
I. Минералы угля	Гидроотвал Березовской ГРЭС, зона сброса пульпы	Кварц
II. Минералы сухой золы, образовавшиеся в процессе сжигания		Магнетит и гематит
		Оксид кальция (CaO)
		Трехкальциевый алюминат ($3CaOAl_2O_3$)
		Силикат кальция ($2CaOSiO_2$)
III. Минералы, образовавшиеся в процессе водной транспортировки и хранения на золоотвале	Гидроотвал Березовской ГРЭС, промежуточная зона действующего золоотвала	Рентгеноаморфная фаза (стекло, уголь-недожег)
		Портландит ($Ca(OH)_2$)
		Четырехкальциевый алюминат, водный $4CaOAl_2O_3 \cdot 19H_2O$
		Гидросиликат кальция $9CaO6SiO_2 \cdot H_2O$
		Гидросульфаталюминат двенадцативодный ($3CaOAl_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$)
IV. Минералы, образовавшиеся в процессе длительного хранения на золоотвале	Отработанный золоотвал Березовской ГРЭС	Этtringит ($3CaOAl_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$)
		Рентгеноаморфная фаза (стекло, уголь-недожег)
		Кальцит

В минеральном составе можно выделить четыре генерации [3].

I. Минералы угля (исходного топлива). К ней относится кварц, магнетит. Содержание магнетита приурочено к образцам зоны сброса. Наряду с кварцем в первую группу отнесена рентгеноаморфная фаза представленная стеклом.

II. Минералы сухой золы. Обладают специфическим составом, так как входящие в нее минеральные формы образуются при высоких температурах в топочном пространстве котлоагрегатов. К этой группе относятся муллит, мелилит, килхоанит и оксид кальция. Все минералы, за исключением муллита, характеризуются реакционной способностью к воде и в пределах золоотвала сосредоточены в шлаковой составляющей.

III. Минералы, образующиеся в процессе водной транспортировки и хранения. Они представлены портландитом, гиббситом, гидросиликатными и гидроалюминатными формами и сульфатосодержащими разностями: бассанитом, двенадцативодным сульфалюминатом и этtringитом.

IV. Минералы, образовавшиеся в процессе длительного хранения непосредственно на золоотвале. В составе новообразований преобладают различные формы карбонатов и двухводный гипс. Это объясняется изменением щелочности среды под действием углекислоты воздуха, гидратацией, карбонатизацией и формированием более термодинамически устойчивых соединений (табл. 2).

Таблица 2

Изменение pH водной вытяжки из зол, отобранных в зоне сброса пульпы, промежуточной зоне и на старом, отработанном золоотвале

Место отбора проб	pH
Зона сброса пульпы	12,3
Промежуточная зона	11,5
Старый, отработанный золоотвал	9,2

Кроме макрокомпонентов в золах содержатся микрокомпоненты, наличие которых предопределяет возможность изменения экологических условий природной среды. В таблице 3 приведены средние значения содержания химических элементов в золе углей [2].

Таблица 3

Среднее содержание некоторых химических элементов в золе углей, г /т [2]

Элемент	Угли СССР	Угли мира (по Я.Э. Юдович)		Земная кора (по А.П. Виноградову)
		бурые	каменные	
Бериллий	5	11	21	3,8
Бор	190	560	680	12
Титан	6600	2600	4600	4500
Ванадий	120	120	180	90
Медь	65	48	80	47
Цинк	142	100	150	83
Мышьяк	—	60	90	1,8
Стронций	410	1100	460	340
Цирконий	270	160	250	170
Молибден	7	13	25	1,1
Олово	4	4,1	7,5	2,5
Барий	830	890	930	650
Свинец	36	53	170	16

Как видно из приведенных данных, зола ископаемых углей обогащена по сравнению с земной корой В, Мо, As, Ge, Be, Pb, Zn, Sn, W. Присутствие большого количества микроэлементов в золошлаковом материале создает потенциальную опасность попадания токсичных элементов в грунтовые воды при выщелачивании в процессе инфильтрации атмосферных осадков и техногенных вод. Подвижность микроэлементов в большей степени зависит от кислотности среды. С увеличением щелочности миграционная способность катионов снижается, а микроэлементов, входящих в состав анионов В, Мо, As, W возрастает, что может приводить к формированию вокруг золоотвалов техногенных геохимических провинций. Названные элементы — потенциальные ксенобиотики, они способны при значительных концентрациях оказывать негативное влияние на развитие растений, животных и человека.

Изучение состава микроэлементов проводилось в зоне возможного влияния золоотвала Алма-Атинской ГРЭС, на которой при сжигании используются бурые угли Экибастузского месторождения. Зола, образованная в процессе сжигания, относится к основным, с высоким содержанием оксида кальция и сходна по минеральному составу с золошлаками Березовской ГРЭС. Золошлаковые материалы подаются на отвал гидравлическим способом. Система водопотребления — оборотная. Вследствие этого массив техногенного грунта обводнен. Особенности технологического процесса определяют многократные контакты в системе «вода — золошлаки», что приводит к образованию в составе техногенных вод золоотвала свинца, ванадия, кадмия, бериллия [1].

Природные поверхностные воды района представлены рекой Карагаalinka (табл. 4). Выполненная серия анализов из реки вблизи золоотвала показала превышения предельно допустимых концентраций по бериллию (до 5,3 ПДК_в) и ванадию (1,5 ПДК_в), которые как уже отмечалось, подвижны в щелочных условиях, способны к водной миграции и относятся к первому классу опасности. Содержание свинца и кадмия в водах реки не превышает кларковых содержаний, что определяется наличием в составе зол щелочных минеральных компонентов, удерживающих тяжелые металлы и предотвращающие их водную миграцию.

Таблица 4

Превышение ПДК водного (разы) по микрокомпонентам в отобранных пробах

Место отбора проб	Определенные элементы			
	свинец (Pb)	ванадий (V)	кадмий (Cd)	бериллий (Be)
Вода золоотвала	2,2—1,7	2,7—5	3	66—125
Вода ручья Карагаalinka	—	1,5	—	5,3

Анализ результатов проведенной работы показывает, что процесс техногенеза приводит к образованию массивов, которые являются термодинамически неустойчивыми. Пример таких образований — золошлакоотвалы, образующиеся от сжигания твердого топлива. Их состав определяется видом топлива, технологиями сжигания и транспортировки на золоотвал. Минеральный состав зол с повышенным содержанием кальция представлен неустойчивыми системами, кото-

рые при хранении трансформируются в карбонаты и сульфаты, способные к поглощению катионов химических элементов, что предотвращает их водную миграцию. Присутствие элементов анионной формы приводит к водной миграции в щелочных условиях, что подтверждают полученные результаты.

В заключение следует отметить, что помимо водной миграции загрязнение окружающей среды может проходить воздушным путем, что требует дополнительных исследований почв, снегового покрова и т.д. при комплексной оценке влияния золошлакоотвалов на окружающую природную среду.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Барабошкина Т.А., Огородникова Е.Н.* Эколого-геохимические аспекты воздействия золоотвалов на природную среду и некоторые пути использования зол и шлаков // *Энергетик*. — 1999. — № 10. — С. 18—20.
- [2] *Добровольский В.В.* Основы биогеохимии. — М.: Академия, 2003.
- [3] *Огородникова Е.Н., Николаева С.К., Ковылин Ю.А.* Минеральный состав зол гидроудаления Березовской ГРЭС — источник загрязнения природной среды // *Геоэкология*. — 1994. — № 2. — С. 95—103.
- [4] *Огородникова Е.Н., Николаева С.К.* Техногенные грунты. — М.: МГУ, 2004.

FEATURES OF THE MINERAL COMPOSITION ASH DUMP — PRODUCTS TECHNOGENESIS

E.N. Ogorodnikova¹, T.A. Baraboshkina², S.K. Nikolaeva²

¹Ecological Faculty
People' Friendship University of Russian
Podolskoye Shosse, Moscow, Russia, 113093

²Geological faculty
Moscow State University
Vorobei gori, 8/5, Moscow, Russia, 119899

In the process of anthropogenic lithogenesis arrays formed tumors, which include ash dump. Mineral and chemical composition of ash and slag varies over time, which determines the migration of aquatic macro- and micro leads to environmental pollution.

Key words: Technogenesis, ash dump, mineral, chemical composition, pollution, naturalen ironment.