

**МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В СОСТАВЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ  
УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШИВЭ-ОВОО**

Коврижкина К. А.  
Научный руководитель: Долгих А.Ю. ст. преподаватель  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: [kovrizhkina7@mail.ru](mailto:kovrizhkina7@mail.ru)

**TRACE ELEMENTS AND RARE METALS IN THE COMPOSITION OF MINERAL  
OF COAL MINE SHIWEI-OVOO**

К.А.Kovrizhkina  
Supervisors: A. Yu. Dolgih senior lecturer  
National research Tomsk Polytechnic University,  
Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30, 634050  
E-mail: [kovrizhkina7@mail.ru](mailto:kovrizhkina7@mail.ru).

Россия обладает огромными угольными ресурсами. По разным оценкам сосредоточенно от 3,5 до 70 трлн.т. угля. Прогнозируется в ближайшем будущем рост угледобычи. Ежегодно российская энергетика производит не только электроэнергию и тепло, но и около 27 млн тонн золошлаковых отходов. Лишь малая ее часть затем перерабатывается во что-нибудь полезное в других отраслях — менее 15 процентов. Основная же масса годами хранится в золоотвалах, занимая ценные земли и ухудшая экологию. Сегодня объем отходов теплоэнергетики в России достигает порядка 1,5 млрд тонн, а площадь золоотвалов превысила 20 тыс. гектаров. Данная ситуация обуславливает необходимость создания высокоэффективных технологий утилизации минеральной части твердых топлив, сжигаемых на ТЭС в виде золошлаковых материалов (ЗШМ) [1]. Особенно это проблема актуальна при рассмотрении возможности использования новых угольных месторождений, таких как Шивэ-Овоо [2].

Отрицательными факторами влияния золошлакоотвалов на окружающую среду являются:

- "кислотные дожди";
- пыление, особенно в ветреную погоду;
- выделение в атмосферу токсичных и радиоактивных химических элементов и их соединений;
- растворение и вымывание технической и дождевой водой вредных соединений и тяжелых металлов из ЗШМ, что приводит к химическому загрязнению водной среды, ухудшает состав грунта и подземных вод;
- повышенный тепловой фон вблизи полигонов ЗШМ, что связано со значительной долей недожега углерода (до 20%, проектная величина недожега – 5%) и последующим окислением углерода при соприкосновении ЗШМ с атмосферным воздухом [2].

В то же время золы и шлаки — ценное сырье, которое можно эффективно использовать в самых разных сферах. Золошлаки вполне применимы в производстве стройматериалов и удобрений для сельского хозяйства, дорожном строительстве, рекультивации последствий недропользования, исправлении неудобий (засыпка оврагов, карьеров и болот). Кроме всего прочего, в золошлаках содержатся ценные редкоземельные элементы, а также оксиды кремния, алюминия и железа, и все это можно выделять [1].

Цель настоящей работы является рассмотрение, в дальнейшем сравнение, анализ минимально значимую промышленную концентрацию элементов, в том числе редкоземельных и благородных металлов. Объект анализа является проба бурого угля Шивэ-Овооского месторождения Монголии.

В научно-аналитическом центре Томского политехнического университета, с использованием

атомно-эмиссионного спектрометра с ИСП были проведены исследования, 5 проб минеральной части угля месторождения Шивэ-Овоо, результаты которых представлены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание компонентов минеральной части .

№	Элемент	ШОМ №1 мг/кг	ШОМ №2 мг/кг	ШОМ №3 мг/кг	ШОМ №4 мг/кг	ШОМ №5 мг/кг
1	Al(алюминий)	17330	18520	15850	19520	13100
2	Fe (железо)	50570	44150	15400	37310	14850
3	Li (литий)	13,17	10,69	30,18	13,19	14,68
4	Mn (марганец)	5056	5143	4713	5542	6270
5	Mo (молибден)	33,2	27,7	36,45	36,86	22,79
6	Pb (свинец)	28,37	22,17	31,39	31,4	30,38
7	Sr (стронций)	1190	1240	1230	1205	1470
8	Ti (титан)	3108	3167	4066	3130	3901
9	V (ванадий)	73,89	68,01	86,51	74,38	81,36
10	Zn (цинк)	84,02	23,22	108,0	118,3	33,73

В таблице приводится сравнительный анализ усредненных показателей исследуемых проб золы со справочными данными [3], нормирующих минимальную значимую промышленную концентрацию (МЗПК).

Таблица 2. Сравнение химических элементов в данном угле со справочными значениями.

№	Элемент	ШОМ мг/кг	МЗПК мг/кг
1	Al(алюминий)	16,86	*
2	Fe (железо)	32,45	200
3	Li (литий)	0,016	175
4	Mn (марганец)	5,34	10000
5	Mo (молибден)	0,031	30
6	Pb (свинец)	0,028	1200
7	Sr (стронций)	1,27	2000
8	Ti (титан)	3,47	7500
9	V (ванадий)	0,08	150
10	Zn (цинк)	0,07	2000

\*чистого алюминия в природе нет, его добывают из природных соединений – биокситов (биокит, нефелит, алунит и др.)[4].

Проведенный анализ содержания ценных химических элементов в ЗШМ бурых углей Шивэ-Овооского месторождения Монголии показал, что их значения ниже минимальной значимой промышленной концентрации [3,4]. Отсюда следует, что прямое использование ЗШМ в качестве исходного сырья для извлечения редких и ценных элементов углей Шивэ-Овооского месторождения Монголии не перспективно. В качестве альтернативы предлагается увеличение концентрации рассматриваемых элементов путем использования методик обогащения, применяемых в горнодобывающей промышленности для получения концентратов различных руд [5]:

#### 1. Гравитационное обогащение.

Гравитационное обогащение — разделение золы от примесей по плотности в поле силы тяжести или центробежных сил с целью получения концентрата. При гравитационном обогащении используется сила земного притяжения (откуда и название метода); иногда дополнительно привлекают поля

центробежных сил или электромагнитные — при магнитогидростатической и магнитогидродинамической сепарации. Основные факторы разделения при гравитационном обогащении — динамические и статические воздействия сред (воздуха, воды, суспензий). Гравитационное обогащение рассматривается как процесс установления равновесия и достижения минимума потенциальной энергии системой частиц, находящихся в поле сил тяжести в состоянии неустойчивого равновесия. Скорость гравитационного разделения оценивается по понижению центра тяжести взвеси, а его эффективность — по убыли потенциальной энергии смеси.

## 2. Сорбирование.

Сорбция — поглощение твёрдым телом либо жидкостью различных веществ из окружающей среды. Поглощаемое вещество, находящееся в среде, называют сорбатом (сорбтивом), поглощающее твёрдое тело или жидкость — сорбентом. По характеру поглощения сорбата сорбционные явления делятся на два типа: адсорбцию — концентрирование сорбата на поверхности раздела фаз или его поглощение поверхностным слоем сорбента и абсорбцию — объёмное поглощение, при котором сорбат распределяется по всему объёму сорбента. При сорбировании шлака, происходит захват сорбентом той части, которая не имеет никакой ценности для дальнейшего рассмотрения. Компоненты, которые в дальнейшем пойдут на переработку, оседают и в дальнейшем извлекаются.

В дальнейшем предлагается подробное изучение возможных вариантов для получения из золы угля Шиве-Овооского месторождения концентратов ценных и редких химических элементов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Промстроймат [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://prostroyamat.ru/content/kuda-devat-zolu-problema-pererabotki-zolo-shlakovyh-othodov>
2. Заворин А. С., Долгих А.Ю., Саломатов В.В., Батмунх С., Энхжаргал Х. Теплотехнические характеристики углей месторождения Шивэ-Овоо Монголии как энергетического топлива // Известия Томского политехнического университета / Томский политехнический университет (ТПУ). – 2014. – Т. 324, № 4 : Техника и технологии в энергетике. – С. 47-53.
3. Металлоносность углей приамурья/ В.В. Крапивенцева. – Институт технологии и геофизики им. Ю.А. Косыгина, 2005 г.
4. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справ. М.:Недр,1996 г.–238 с.
5. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ценные элементы-примеси в углях. Екатеринбург: – УрО РАН, 2006. 538 с.
6. Юдович Я.Э. Грамм дороже тонны. Редкие элементы в углях. – М.: Наука, 1989. 160с.