

УДК 622.7

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОМЫШЛЕННО ЦЕННЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Ивлева Е.А., студент гр.ОПа-221, КузГТУ, II курс

Научный руководитель: Бобровникова А.А., к.х.н., доцент, зав.кафедрой ОПИ  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва  
г. Кемерово

Как известно, уголь – это основа промышленной сферы современного общества. Некоторые угольные отложения могут содержать в себе различные элементы, которые являются важными для промышленности, такие как галлий, германий, ванадий, уран, селен и лантаноиды, имеют стратегическое значение в различных отраслях. Например, германий используется в электронике, галлий - в производстве полупроводников, а уран применяют в ядерной энергетике. Когда дело касается промышленного интереса к содержанию ценных металлов в углях, важно учитывать не только кларковые концентрации, но и промышленные концентрации этих элементов. При научных работах необходимо определять уровни концентраций ценных элементов, которые могут иметь промышленное значение при извлечении из угольных отложений.

Эксплуатация углей с целью извлечения и использования стратегически важных микроэлементов может стать важным направлением развития научных и технологических исследований в области угольной промышленности. Это также открывает новые возможности для диверсификации производства и расширения рынков сбыта угольной продукции.

Методические рекомендации подчеркивают, что концентрация микроэлементов в угольных отложениях может сильно варьировать в зависимости от их месторождения. При обогащении используют различные технологии: флотационные методы, химические процессы экстракции или электрохимические методы, для извлечения ценных элементов из сырья.

Например, согласно источнику [1], титан и никель имеют высокое промышленное значение. При соответствующих концентрациях этих элементов необходимо расчётно оценивать и утверждать их запасы в соответствии с установленными процедурами. Такой подход позволяет оптимизировать процессы добычи ценных элементов из угольных отложений и обеспечить эффективное использование ресурсов. Так же, по литературе источника [2], необходимо учитывать минимальные показатели элементов в золах углей или шламов, которые способны определять промышленную значимость сырья для добычи рудных компонентов.

В данной статье рассматривается определение содержания промышленно ценных микроэлементов в образцах угольного шлама (мелкодисперсные частицы размером до 1 мм).

В ходе исследования была проведена оценка концентраций навески методом рентгенофлуоресцентного спектрометрического анализа на приборе EDX – 7000Р.

#### *Характеристика прибора*

Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр EDX-7000Р (волна улавливания элементов в диапазоне от Na до U) распознает элементы в пробе, а также их количественное содержание. Спектрометр состоит из камеры для загрузки образцов и светодиодной лампы. Такие приборы применяют для элементного анализа образцов различного агрегатного состояния.

#### *Принцип метода*

В процессе облучения образца рентгеновским излучением, входящие в состав пробы атомы, испускают флуоресцентное рентгеновское излучение. Атомы каждого элемента испускают своё излучение, характерное для элемента длиной волны и энергией. Фиксируя спектр, составляется качественный элементный состав представленного образца. Учитывая диапазон излучения различных длин волн и энергию, составляется заключение о количественном содержании каждого элемента в образце.

Результаты исследования по определению содержания промышленно ценных микроэлементов в навеске представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты исследования

Наименование показателя	Проба №1 %	Проба №2 %
Fe	16,9	17,2
Ca	2,8	2,7
Si	1,2	1,1
S	0,3	0,3
P	0,9	0,9
Cr	0,5	0,5
Al	0,3	0,3
K	0,1	0,1
Zn	0,2	0,2
Ti	0,1	0,2
Ni	0,1	0,1
Cu	0,1	0,1
Mn	0,1	0,1
Sb	0,1	0,1
Sr	0,02	0,01
Mo	0,01	0,01
Mg	0,2	0,2
Влага	40,9	40,5

В том числе, содержание воды, карбонатов, хлоридов и др. составило 75,9% и 76,2%, соответственно.

В таблице приведены микроэлементы, которые могут указывать на возможную промышленную значимость ценных металлов в углях и их золах.

По результатам анализа видно, что в составе содержатся главные элементы и примеси. Такими элементами в составе образца являются: железо, кремний, сера, алюминий, калий, магний. Данные элементы являются макрокомпонентами минеральной составляющей, исключение составляет сера, известная как основной золообразующий компонент, так как образует основную массу золы (остаток после окисления твёрдого топлива в определенных условиях). Несмотря на то, что количество ценных элементов и примесей (Mo, Ti, Ni) в образцах мало значимо, не исключено выделение Ni и Ti. Показатели минимальных промышленных концентраций для ценных металлов указаны в литературе [3].

Выделение никеля и титана гидрометаллургическим способом, осуществимо методом щелочного, кислотного или водного выщелачивания [4]. Метод гидрометаллургического выделения в России в промышленных целях, был применен на заводе «Тулачертмет». Существует патент по способу выщелачивания никеля из зольного остатка соляной кислотой на территории США[5]. Авторы патента смешивали зольный остаток с HCl, затем, полученную суспензию фильтровали, а фильтрат обрабатывали раствором NaOH, (альтернативой являются KOH или Ca(OH)<sub>2</sub>), тем самым повышая pH раствора до 5,5–6,5. В результате получался осадок, содержащий соединения металла, его отфильтровывали и дополнительно выщелачивали при pH раствора = 8,5–9,5. В конечном итоге выпадал осадок в виде гидроксида никеля. Выбор реагентов оказывает различное влияние на степень выделения никеля и титана. Например, при действии раствора гидроксида натрия с концентрацией раствора 20%, дистиллированной воды, смеси гидроксида аммония и (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> на золу бурого угля, степень извлечения никеля не превысит 35%. А при добавлении сильных неорганических кислот и их смеси (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>), степень извлечения понижается уже на первой стадии и составляет ≈ 29-30%. Отмечено, что при выщелачивании в две стадии, с применением соляной кислоты и смеси с HNO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, показатель степени извлечения никеля составляет 35%.

### **Заключение**

Современные инструментальные методы позволяют проводить точную количественную оценку комплекса ценных металлов и других элементов, в рудах и твердых горючих ископаемых. Анализируя данные, можно сделать вывод о том, что в представленных образцах преобладает процент главных элементов, а извлечение ценных элементов-примесей нерентабельно, поскольку, минимальным показателем содержания Ni для комплексных сульфидных медно- никелевых руд является 0,2%, а минимальное содержание титана для промышленных руд – 0,5%.

## Список литературы

1. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ценные элементы-примеси в углях. Екатеринбург: Наука УрО РАН, 2016. – 538 с.
2. Шпирт М.Я., Микроэлементы горючих ископаемых, - М.Кучково поле, 2020. – 384с.
3. Методические рекомендации по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов. М: ФГУ Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых (ФГУ ГКЗ), 2007.– 15 с.
4. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации. На 01.01.20200 г. Вып. 28. Рассеянные элементы. М.: ФГБУ Российский федеральный геологический фонд, 2019.– 9с.
5. Кузьминых В.М., Сорокин А.П., Чурсина Л.А. Способ извлечения золота из золошлаковых отходов. Пат. 2607112 РФ // Б.И. 2017.– № 1. 5с.