

полезных ископаемых по их плотности в водной среде, текущей по наклонной плоскости. На концентрационном столе одновременно осуществляются несколько процессов [2]: расслоение минеральных зерен по их крупности и удельным весам; разрыхление всей массы минеральных зерен и выборочное перемещение расслоившейся массы зерен минералов по поверхности деки в различных направлениях с разными скоростями в зависимости от плотности зерен.

В работе используется концентрационный стол СКЛ-2.00.00.000 ТО. Изменяя такие параметры как число ходов и длину хода деки, напор воды, углы поперечного и продольного наклона; возможно осуществить разделения минералов по плотности, так как самым плотным является монацит.

Ильменитовый и цирконовый концентрат Туганского месторождения имеет максимальную крупность 0,1 мм [3], из чего следует, что длина хода деки составляет 10 мм, число ходов в минуту 396, угол поперечного наклона деки 1–2,5° [2].

Микроскопические исследования (рисунок 1) проведены с помощью сканирующего (растровый) электронного микроскопа JEOL JSM-7500FA и картирование поверхности показывают, что торий распределяется не равномерно по частичкам концентрата, соответственно минерал монацит присутствует в разных концентрациях в разных частичках.

Неравномерность распределения монацита, в том числе вкрапление в зерна других минералов предполагает различие в плотностях частиц, следовательно, можно их разделить с помощью концентрационного стола путем подбора параметров работы.

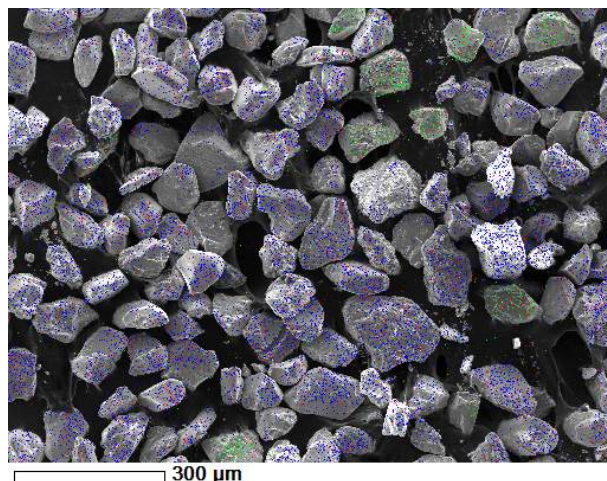


Рис. 1. Микрофотография ильменитового концентрата

Таблица 1. Плотность минералов ильменитсодержащих руд Туганского месторождения [1]

Минералы	Циркон	Ильменит	Монацит
Истинная плотность, кг/м ³	4600	4680	4800

Список литературы

1. Пелевин А.Е., Шигаева В.Н., Водовозов К.А. Совершенствование схем обогащения ильменит-титаномагнетитовых и гематит-магнетитовых руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 12–1. – С. 106–119.
2. Исаев И.Н. Концентрационные столы. Государственное научно-техническое издательство по горному делу, 1962. – 99 с.
3. Каталог продукции ТГОК «Ильменит» РО-САТОМ. – URL: <https://www.ilmenite.ru>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ ВАЛЕНТНЫХ ФОРМ МЕДИ ВО ФТОРКУПРАТЕ КАЛИЯ

Д. Е. Конюхов, В. В. Овчинников, С. П. Журавков
Научный руководитель – к.х.н., доцент ОЯТЦ ТПУ В. В. Шагалов

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
dek21@tpu.ru

Гексафторкупрат калия K_3CuF_6 соединение, которое может найти применение в различных областях науки и промышленности. K_3CuF_6 мо-

жет служить источником элементного фтора, использоваться как фторирующий агент в орга-

ническом синтезе или использоваться в качестве сильного окислителя.

Синтез K_3CuF_6 проводился путем фторирования смеси KCl и $CuSO_4$ (1,4:1) при 250 °C в медных лодочках [1], которые помещались в трубчатую печь фторирования. Изначально продукт реакции изменял свой цвет на светло-зеленый [2], что соответствует литературным данным, однако при продолжении эксперимента продукт становился темно-коричневым, а при отключении нагрева и снижении температуры до комнатной в атмосфере фтора, продукт менял свой цвет на красный. Данные изменения свидетельствуют о протекании неизвестных процессов и состав продукта может отличаться от теоретически заявленного, а формула K_3CuF_6 считается условным обозначением соединения и не говорит о точном его составе, поэтому необходимо проведение анализов полученных соединений.

В первую очередь был проведен термический анализ изначально полученного порошка зеленого цвета. Полученная термогравиметрическая кривая дает неоднозначные результаты: при нагреве пробы K_3CuF_6 от 150 до 750 °C можно наблюдать 2 изгиба, суммарная потеря массы на которых $\approx 12\%$, что соответствует потере фтора при разложении K_3CuF_6 , либо потере HF , который поступает вместе с анодным газом и может сорбироваться на фториде калия, как на промежуточном соединении.

Так как наибольший интерес в «купрате» представляет медь, которая может принимать степени окисления от +1 до +4, необходимо в первую очередь провести анализ на общее ее содержание, а также анализ на содержание меди в не свойственных для нее степенях окисления +3 и +4. Наличие изменений содержания меди

в высших степенях окисления в продуктах разного цвета сможет частично сформировать представление о процессах, протекающих при фторировании в различных условиях.

Для определения общего количества меди было использовано йодометрическое титрование. Навеска пробы растворялась в серной кислоте, смешивалась с избытком йодида калия, а йод, выделившийся в ходе реакции, титровали раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала. Данный анализ оказался необходим потому, что в продукт при фторировании попадал «нагар», образующийся на стенках медной лодочки.

Определение содержания Cu^{3+} осложнено тем, что анализируемый продукт при попадании в водные растворы, разлагает воду. Отобранную пробу гидролизovali в специальном герметичном сосуде с помощью избытка раствора $FeCl_2$, часть железа окислялась до Fe^{3+} , а избыток железа 2+ титровали 0,1 н раствором перманганата калия. Результаты определения общего количества меди и меди 3+ представлены в таблице 1.

Низкие содержания трехвалентной меди во фторкупратах можно объяснить недостатком калия, как реагента. Также исходя из полученных данных можно утверждать, что продукт красного цвета содержит наибольшее количество Cu^{3+} . Если учесть то, что синтез красного продукта проходит при температурах, близких к комнатным, а при нагреве до температуры 250 °C фторкупрат становится коричневым, после чего прекращает менять цвет, то можно предположить, что при нагреве в среде фтора устанавливается равновесие между прямой реакцией синтеза фторкупрата и обратной реакцией его термического разложения.

Таблица 1. Исследование содержания валентных форм меди во фторкупратах различного цвета

Цвет соединения	Зеленый	Коричневый	Красный
Масса пробы, г	1,6764	1,2040	0,7996
Масса Cu^{2+} , г	0,4096	0,2942	0,1954
Масса Cu^{3+} , г	0,1228	0,1158	0,1346
Доля Cu^{3+} , %	29,98	39,37	68,89

Список литературы

1. Lux H., Brauer G. *Handbook of preparative inorganic chemistry*. – London : Academic press inc., 1963. – 1906 p.
2. Hoppe R., Wingefeld G. // *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*. – 1984. – V. 519. – № 12. – P. 195–203.