



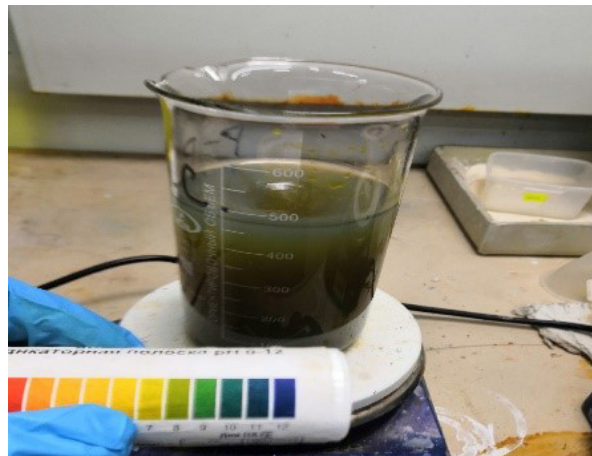
**Рис. 1.** Осадок после фильтрации при уровне кислотности 7

себе множество примесей, в том числе и железо, которое сильно затрудняет процесс получения чистого оксида магния [2].

В рамках учебно-исследовательской работы был исследован процесс выделения железа из продуктов раствора при получении сульфата магния

В данном исследовании использовался раствор смеси различных сульфатов металлов, полученный после вскрытия хромсодержащей руды серной кислотой (ГОСТ 2184-2013), в которой процентное содержание оксида железа (II) составляет 10,01%.

Исходный раствор был подвергнут переработке. При помощи аммиачной воды (ГОСТ



**Рис. 2.** Раствор при уровне кислотности 7

24147-80) было проведено осаждение гидроксида железа (II), который обильно осаждался при уровне кислотности от 5 до 7. Осаждение проводилось при непрерывном перемешивании с использованием механической мешалки с электроприводом. После каждого повышения кислотности на единицу, раствор фильтровали, а осадок в виде гидроксида железа (II) просушивали при температуре 180 °С в течении часа, затем взвешивали.

Следующим этапом исследования является более полное осаждение гидроксида железа (II) при наработке большего количества целевого компонента в виде оксида магния.

### Список литературы

1. Стрелец Х.Л. *Металлургия магния.* / Под ред. Х.Л. Стрелец, А.Ю. Тайц, Б.С. Гуляницкий. – М.: Гос. научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1950. – 494 с.
2. Рипан Р. *Неорганическая химия: В 2-х т.* / Под ред. В.И. Спицына, И.Д. Колли. – М.: Издательство «Мир» 1972. – Т.2.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМЕСИ ФТОРИДА И ГИДРОДИФТОРИДА АММОНИЯ В ПЕРЕРАБОТКЕ ЛЕЙКОКСЕНОVOГО КОНЦЕНТРАТА ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.А. Смороков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, wolfraum@yandex.ru

Производство пигментного диоксида титана с 2014 г. сокращается в связи с многочисленными проблемами со снабжением сырьем и водой, а также экологическими проблемами

на единственном в стране заводе по производству пигментного диоксида титана в Республике Крым [1]. Данные проблемы связаны со специ-

фико́й серно́кислотной технологии получения пигментного  $\text{TiO}_2$ .

Большинство титановых месторождений сосредоточены на всей территории РФ, при этом доля запасов  $\text{TiO}_2$  в данных месторождениях, а также его содержание относительно невелики. Исключением является Ярегское месторождение лейкоксен-кварцевых нефтетитановых руд.

Согласно [1] в данном месторождении сконцентрированы 46,4% запасов диоксида титана страны. Проблема освоения данного месторождения заключается в специфике сырья, а именно – в высоком содержании диоксида кремния. Классические титансодержащие концентраты (рутиловый и ильменитовый), помимо  $\text{TiO}_2$ ,

содержат примеси, позволяющие проводить экономически целесообразную переработку сырья серно́кислотным или хлорным способами. Наличие высокого содержания диоксида кремния делает такого рода переработку нерентабельной.

В качестве решения проблемы предлагается использование фтораммонийного способа, заключающегося в использовании смеси фторида ( $\text{NH}_4\text{F}$ ) и гидродифторида ( $\text{NH}_4\text{HF}_2$ ) аммония. В отличие от использования каждого из реагентов по отдельности, данная смесь образует эвтектику с температурой плавления ниже ( $109^\circ\text{C}$ ), чем у каждого из реагентов по отдельности ( $\text{NH}_4\text{HF}_2$  –  $126^\circ\text{C}$ ;  $\text{NH}_4\text{F}$  –  $167^\circ\text{C}$ ).

### Список литературы

1. *О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов РФ в 2018 году.* – М: ВИМС, 2019. – 426 с.

## МУЛЬТИФЕРРОИКИ НА ОСНОВЕ ВИСМУТА

Т.В. Токарева, К.Т. Врона, Р.А. Сурменев, Б.Т. Киеу  
Научный руководитель – к.т.н., доцент Л.А. Леонова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, tpu@tpu.ru*

Мультиферроики – это класс материалов, которые имеют два либо больше «ферро» свойств, таких как ферро-электричество (сегнето-электричество), (анти)ферро-магнетизм, ферро-эластичность (сегнето-эластичность), ферро-тороидичность и другие, что можно широко использовать в мультифункциональных устройствах. В работах различных исследователей прослеживается, чтобы такие материалы проявляли свои свойства при комнатной температуре. Однако в природе существует очень мало однофазовых соединений таких мультиферроиков, поэтому приходится их синтезировать. Поэтому целью данной работы является исследование самого известного представителя этой группы материалов – феррита висмута (химическая формула  $\text{BiFeO}_3$ , в литературе используется ещё аббревиатура BFO) [5].

$\text{BiFeO}_3$  является единственным однофазовым мультиферроиком с сегнето-электричностью и антиферро-магнетизмом (типа G), присутствующими при комнатной температуре, что определяется высокими температурами: Кюри ( $1\ 103\ \text{K}$ ) и Нееля ( $643\ \text{K}$ ) [5]. Кроме того, феррит

висмута имеет структуру  $\text{ABO}_3$  – структуру перовскита, что частично способствует существованию мульти-ферроичных свойств. При обработке BFO или добавке других металлов (либо их ионов), как например Zr [4],  $\text{Sr}^{2+}$  [9], La [2], Cd и Ti [8], Cr [1], Ni [10], можно получить определённые оптические [2, 3, 5, 6, 7], фотокаталитические [2, 4, 5, 6, 9], пьезоэлектрические [5], а также улучшить магнитные [1, 2, 8, 9] и электрические [1, 8, 10] свойства феррита висмута.

Смотря на эту совокупность разнообразных свойств BFO, нетрудно догадаться, что этот мультиферроик широко применяется в спинтронике, в сенсорах, детекторах и актуаторах, в ёмкостных электромагнитах, в СВЧ-технике (невзаимные сверхвысокочастотные фильтры), в электронике (устройства для записи, считывания и хранения информации новой генерации, сегнетоэлектрические полевые транзисторы), в фотовольтаике, а также в медицине для производства скаффолдов, хотя это может оказаться затруднительным из-за трудности вывода тяжёлых металлов из организма человека [5].