

Научная статья
УДК 667.622.1
doi:10.37614/2949-1215.2023.14.1.015

КИСЛОТНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ПЕРОВСКИТА В РЕАКТОРЕ С ПОГРУЖНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

**Анатолий Григорьевич Артеменков¹, Лидия Георгиевна Герасимова²,
Юлия Германовна Быченя³, Елена Васильевна Кузнецова⁴**

^{1, 2, 3, 4}*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
имени И. В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия*

¹*a.artemenkov@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8428-0833>*

²*l.gerasimova@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7609-4651>*

³*y.bychenya@ksc.ru*

⁴*e.kuznetsova@ksc.ru*

Аннотация

Показано, что серноокислотное разложение смеси перовскитового (ПК) и сфенового (СК) концентратов, полученных из комплексного сырья Кольского полуострова, содержащего Ti, Nb, Ta, редкоземельные металлы (РЗМ) и др., возможно проводить как в классических типах химических реакторов с подводом тепла через теплообменные поверхности в виде рубашек, ТЭНами, так и электротокком с помощью погружных металлических электродов. Установлены параметры процессов, при которых извлечение титана (IV) в серноокислотные растворы достигает 85–90 % по TiO₂.

Ключевые слова:

Перовскитовый концентрат, сфеновый концентрат, серноокислотное разложение, диоксид титана, титан (IV), смесь перовскита и сфена, электрохимический реактор

Для цитирования:

Кислотное разложение перовскита в реакторе с погружными электродами / А. Г. Артеменков [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2023. Т. 14, № 1. С. 85–87.
doi:10.37614/2949-1215.2023.14.1.015

Original article

ACID DECOMPOSITION OF PEROVSKITE IN A REACTOR WITH SUBMERSIBLE ELECTRODES

Anatoly G. Artemenkov¹, Lidia G. Gerasimova², Yulia G. Bychenya³, Elena V. Kuznetsova⁴

^{1, 2, 3, 4}*I. V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials
of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia*

¹*a.artemenkov@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8428-0833>*

²*l.gerasimova@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7609-4651>*

³*y.bychenya@ksc.ru*

⁴*e.kuznetsova@ksc.ru*

Abstract:

It is shown that sulfuric acid decomposition of a mixture of perovskite (PC) and sphene (SC) concentrates obtained from the complex raw materials of the Kola Peninsula containing Ti, Nb, Ta, REM, etc., can be carried out both in classical types of chemical reactors with heat supply through heat exchange surfaces in the form of jackets, heating elements, and electric current using submersible metal electrodes. The parameters of the processes in which the extraction of titanium (IV) into sulfuric acid solutions reaches 85-90% are established

Keywords:

perovskite concentrate, sphene concentrate, sulfuric acid decomposition, titanium dioxide, titanium (IV), mixture of perovskite and sphene, electrochemical reactor

For citation:

Acid decomposition of perovskite in a reactor with submersible electrodes / A. G. Artemenkov [et al.] // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences. 2023. Vol. 14, No. 1. P. 85–87.
doi:10.37614/2949-1215.2023.14.1.015

Введение

Предпосылкой для реализации предлагаемого способа, основанного на использовании электродного обогрева серноокислотных суспензий, является то, что возможно создание надёжного металлического аппарата, футерованного кислотостойким кирпичом, для вскрытия эндотермических концентратов различными кислотами, в которых подвод заданного количества тепла осуществляется с помощью электрического разряда между электродами. Эксплуатация таких реакторов может иметь преимущества

по их высокой надёжности и эффективности по сравнению с традиционно используемыми реакторами для вскрытия эндотермических минеральных концентратов. Это металлические эмалированные реакторы с обогревом паром, металлические, футерованные кислотостойким кирпичом, с обогревом ТЭНами или паром, которые часто выходят из строя в связи с агрессивностью минеральных кислот при высоких температурах, из-за температурных перепадов на эмалированных покрытиях образуются сколы и др.

Методики и результаты

Исследован вариант проведения основной стадии сернокислотной технологии смеси концентратов в реакторе с погружными электродами, обогрев которого осуществляется посредством электрического разряда между электродами. Материал металлических электродов — титан или ниобий. Этот приём позволяет достичь высокой степени извлечения титана (IV) в жидкую фазу — 88–98 % по TiO_2 при массовом отношении концентратов в смеси перовскит : сфен = 4 : 1 — 3 : 2. Полученная в указанных условиях суспензия является прекурсором для дальнейшей переработки с получением титаносодержащей и редкометалльной продукции. Результаты проведённых исследований позволяют определить направления дальнейшего научного и практического поиска в области переработки титано-редкометалльного сырья Кольского полуострова.

Показано, что электрические разряды способствуют более активному разрушению решёток минералов смеси ПК + СК и повышению перехода титана (IV) в титаносодержащий раствор в случае взаимодействия с 45–65 % H_2SO_4 до 95–98 %, что заметно выше, чем при выдержке смеси ПК + СК в серной кислоте с той же концентрацией, но при обогреве реактора с помощью ТЭНа — 60–66 % (таблица). При этом степень извлечения титана (IV) из индивидуальных концентратов также повысилась: для СК — более 96 %, для ПК — до 78 % (рис. 1).

Разложение смеси ПК + СК в одностадийном режиме при $T : V_{\text{ж}} = 1 : 3,5$

№ п/п	$C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$, % (г л ⁻¹)	t , °C	τ , ч	В смеси ПК + СК	C_{TiO_2} , (г л ⁻¹)	α_{TiO_2} , %	Примечание
1	45 (600)	112	16	1 : 4	85,0	60,2	Титановой фазы в осадке нет
2	45 (600)	112	16	1 : 1	91,5	64,6	То же
3	65 (1010)	130	4	1 : 4	92,8	69,7	»
4	65 (1010)	130	6	1 : 4	5,5	—	$\text{TiOSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, вторая фаза CaSO_4

Примечание. C_{TiO_2} — концентрация в жидкой фазе суспензии после разложения; τ — время взаимодействия;
 α_{TiO_2} — степень извлечения.

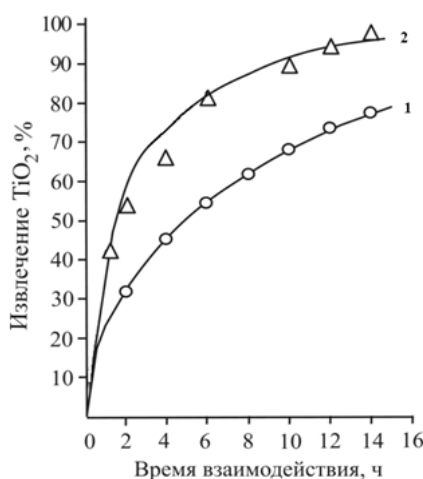


Рис. 1. Извлечение титана (IV) в жидкую фазу суспензии 45 % H_2SO_4 при $T : V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1 : 3,5$:
1 — ПК; 2 — СК. $T = 116^\circ\text{C}$, режим кипения

Показано, что извлечение TiO_2 в объединенный титаносодержащий раствор при использовании для сульфатизации реактора с погружными электродами при всех соотношениях СК : ПК и различных режимах сульфатизации достигает высоких значений в пределах 88–98 % (рисунки 2, 3).

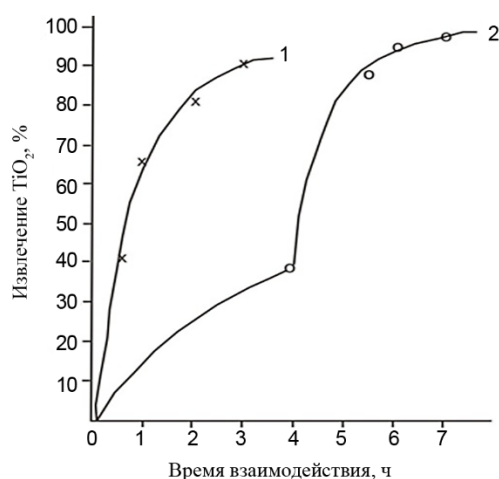


Рис. 2. Извлечение титана (IV) в жидкую фазу суспензии из смеси с массовым отношением ПК : СК = 4 : 1:
1 — 1 стд.: 80 % H_2SO_4 при T : $V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1 : 3,5$, $T = 160\text{--}170^\circ\text{C}$, $\tau = 1,0$ ч; 2 стд.: 65 % H_2SO_4 при T : $V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1 : 4,8$, $T = 130\text{--}140^\circ\text{C}$, $\tau = 2,0$ ч;
2 — 1 стд.: 45 % H_2SO_4 при T : $V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1 : 1,2$, $T = 112^\circ\text{C}$, $\tau = 4,0$ ч; 2 стд.: 65 % H_2SO_4 при T : $V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1 : 4,8$, $T = 130\text{--}140^\circ\text{C}$, $\tau = 3,0$ ч

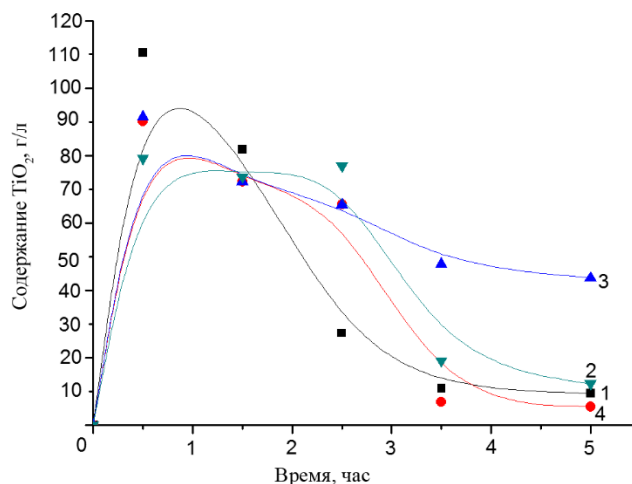


Рис. 3. Изменение содержания титана в жидкой фазе в процессе разложения коллективного сфенового и перовскитового концентратов при массовом отношении СК : ПК, %:
1 — 20 : 80; 2 — 30 : 70; 3 — 40 : 60; 4 — 50 : 50.
Извлечение TiO_2 в объединенный титаносодержащий раствор соответственно 88,0; 82,2; 78,1; 80,8 %

Во всех экспериментах титаносодержащая жидкая фаза, образовавшаяся после кислотной обработки смеси в течение 2,5–3,0 ч, устойчива к выделению титана (IV) в осадок, что способствует проведению дальнейших операций — охлаждению и фильтрации суспензии, получению стабильных титаносодержащих растворов для последующего выделения из них титановой соли (СТМ), пригодной для получения разнообразной титаносодержащей продукции, в том числе пигментного диоксида титана высокого качества.

Выводы

Предложен вариант проведения сернокислотной обработки смеси концентратов в электрохимическом реакторе, обогрев которого осуществляется посредством электрического разряда между электродами. Материал металлических электродов — титан или ниобий. Этот прием позволяет достичь высокой степени извлечения титана (IV) в жидкую фазу — 88–98 % по TiO_2 при массовом отношении концентратов в смеси перовскит : сфен = 4 : 1 — 3 : 2. Полученная в указанных условиях суспензия является прекурсором для дальнейшей переработки с получением титаносодержащей и редкометалльной продукции. Результаты проведенных исследований позволяют определить направления дальнейшего научного и практического поиска в области переработки титано-редкометалльного сырья Кольского полуострова.

Информация об авторах

А. Г. Артеменков — кандидат технических наук, технолог;
Л. Г. Герасимова — доктор химических наук, главный научный сотрудник;
Ю. Г. Бычяня — технолог;
Е. В. Кузнецова — инженер-исследователь.

Information about the authors

A. G. Artemenkov — PhD (Engineering), engineer;
L. G. Gerasimova — Dr. Sc. (Engineering), senior scientist;
Yu. G. Bychenya — engineer;
E. V. Kuznetsova — research engineer.

Статья поступила в редакцию 09.02.2023; одобрена после рецензирования 13.02.2023; принята к публикации 14.02.2023.
The article was submitted 09.02.2023; approved after reviewing 13.02.2023; accepted for publication 14.02.2023.