

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВАНАДИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ШЛАМОВ ВАНАДИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Гончаров К.В., Кашеков Д.Ю., Атмаджиди А.С., Олюнина Т.В., Садыхов Г.Б.*  
*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г.Москва*

**Ключевые слова:** ванадий, ванадиевый шлак, конвертерный шлак, переработка, извлечение.  
**Аннотация.** В России накоплено около 1 млн т шлама ванадиевого производства с содержанием 2-3%  $V_2O_5$  и более. Учитывая экологическую опасность и повышенное содержание ванадия, переработка таких отходов является актуальной задачей. Применение современных методов исследований и анализов позволило достигнуть степени извлечения ванадия из шлама в раствор 39,3%, из которого ванадий извлекается известными способами.

## VANADIUM RECOVERY IN THE PROCESSING OF VANADIUM SLIMES

*Goncharov K.V., Kashekov D.Yu., Atmadzhidi A.S., Olyunina T.V., Sadykhov G.B.*  
*A.A. Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science*  
*of Russian Academy of Sciences, Moscow*

**Keywords:** vanadium, vanadium sludge, converter slag, processing, recovery.

**Abstract.** Russia has accumulated about 1 million tons of vanadium production sludge containing 2-3%  $V_2O_5$  and more. Considering the environmental hazard and high vanadium content, recycling of such waste is an urgent task. The use of modern research and analysis methods made it possible to achieve the degree of extraction of vanadium from the sludge into a solution of 39.3%, from which vanadium is extracted by known methods.

В России основная часть ванадия производится на заводе компании «Евраз Ванадий-Тула» путем гидрометаллургической переработки конвертерных ванадиевых шлаков. При переработке 1 т ванадиевого шлака образуется примерно 1 т шлама, содержащего более 2,0 -3,5%  $V_2O_5$ . Отработанные шламы в основном складываются в открытых шламонакопителях. По примерным оценкам, уже накоплено около 1 млн т ванадийсодержащих отходов, и каждый год еще 120 тыс. т шлама (по сухой массе) отправляют в шламонакопитель. При этом значительная часть ванадия находится в растворимой форме, что создает серьезную проблему для окружающей среды, в частности для водного бассейна региона.

Учитывая большие объемы таких отходов и их экологическую небезопасность для окружающей среды, изыскание возможности утилизации и обезвреживания ванадийсодержащих отходов является актуальной задачей. По содержанию ванадия ванадиевые шламы представляют собой богатое ванадиевое сырье и могут быть эффективно использованы для извлечения ванадия. В ранее проведенных нами исследованиях [1-4] по переработке ванадиевых шламов гидрометаллургическим способом с извлечением ванадия было установлено, что в водорастворимой форме может находиться до 3-6%  $V_2O_5$ , а при выщелачивании 3%  $H_2SO_4$  возможно извлечь в раствор 37-51%  $V_2O_5$  в зависимости от исходного образца шлама.

Представленные исследования проводились на образце шлама, полученного в марте 2019 г. непосредственно с производственной линии завода ОАО «Ванадий-Тула». Проведен химический и рентгенофазовый анализ. Установлено, что основными фазами шламов являются гематит, гипс, кварц, шпинель, псевдобрукит, а также встречаются перовскит и кристобалит, и он содержит 2,94%  $V_2O_5$  и около 35% гипса.

По результатам гранулометрического анализа установлено, что около 78% составляет мелкая фракция -0,05 мм, содержащая около 43% гипса (около 96% от исходного) и 2,67%  $V_2O_5$ . Фракция +0,1мм, выход которой составил около 12%, содержит 4,58%  $V_2O_5$ . По результатам оптической микроскопии фракции +0,1 мм показано наличие недоокисленных шпинелидов.

Изучено влияние концентрации серной кислоты от 0 до 5% на степень извлечения ванадия образце шлама ТШН (фракция -0,05 мм). Показано, что при водном выщелачивании степень извлечения ванадия достигает 3,6% и с увеличением концентрации до 3% возрастает до 41,1%. Увеличение концентрации до 5% не приводит к росту степени извлечения. При выщелачивании фракции +0,1 мм в 5% серной кислоте степень извлечения составила 38,5%.

Для снижения расхода кислоты и получения более чистого по примесям ванадиевого раствора сернокислородное выщелачивание проводили при поддержании определенного уровня рН. Результаты представлены в табл. 1. Показано, что применение рН-статирования позволяет достичь степени извлечения ванадия 36,5% при рН 1,0, что по сравнению с выщелачиванием в 3% серной кислоте позволит получать более чистый продукт при дальнейшей переработке ванадиевого раствора с целью осаждения ванадия.

Табл. 1. Зависимость степени извлечения ванадия от рН раствора при рН-статированном выщелачивании

рН	Т:Ж	Т, °С	t, мин	Извл. $V_2O_5$ , %
2,5	1:6	20	60	1,8
1,8	1:6	20	60	8,1
1,4	1:6	20	60	22,0
1,0	1:6	20	60	36,5

Следует отметить, что при слабокислом выщелачивании (рН 1,0-2,5) при Т:Ж=1:4 наблюдается значительное затруднение при перемешивании пульпы из-за схватывания гипса и значительного загустевания. В связи с этим Т:Ж увеличили до 1:6. Также показано, что увеличение Т:Ж с 1:4 до 1:7 приводит к росту извлечения ванадия с 24,8% до 31,5% на примере выщелачивания шлама раствором 1% серной кислоты.

Изучено влияние продолжительности рН-статированного выщелачивания на степень извлечения ванадия при рН 1,0 (табл.2). Показано, что увеличение продолжительности выщелачивания до 120 мин приводит к росту извлечения до 39,3%.

Табл. 2. Зависимость степени извлечения ванадия от продолжительности рН-статированного выщелачивания

рН	Т:Ж	Т, °С	t, мин	Извл. V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %
1,0	1:6	20	15	27,9
1,0	1:6	20	30	32,7
1,0	1:6	20	45	32,7
1,0	1:6	20	60	36,5
1,0	1:6	20	120	39,3

*Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований президиума РАН №39 «Фундаментальные основы и энергоэффективные, ресурсосберегающие, инновационные технологии переработки минерального сырья, утилизации промышленных и бытовых отходов» (регистрационный номер НИОКТР АААА-А18-118032690052-5).*

#### Список литературы

1. Гончаров К.В. Извлечение ванадия из шламов ванадиевого производства // XV Российская ежегодная конференция молодых научных сотрудников и аспирантов «Физико-химия и технология неорганических материалов». Москва. 16-19 октября 2018 г. / Сборник трудов. – М: ИМЕТ РАН, 2018. – С. 427.
2. Гончаров К.В., Садыхов Г.Б., Олюнина Т.В., Анисонян К.Г., Копьев Д.Ю. Получение чистого пентаоксида ванадия из растворов сернокислотного выщелачивания ванадиевых шлаков // Сборник материалов VII Всероссийской конференции «Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды». – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2018. – С. 96-97.
3. Гончаров К.В. Исследование процесса очистки сернокислотных ванадатных растворов от марганца и других примесей / К.В. Гончаров, К.Г. Анисонян, Д.Ю. Копьев, Г.Б. Садыхов // Цветные металлы. – 2017. – №2. – С. 62-67.
4. Садыхов Г.Б., Гончаров К.В., Олюнина Т.В., Кашеков Д.Ю. Исследование отвального шлама производства V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> по известково-сернокислотной технологии как техногенного сырья для извлечения ванадия // Металлы. – 2019. – №5. – С. 38-49.

#### Сведения об авторах:

*Гончаров Константин Васильевич* – к.т.н., с.т.н., ИМЕТ РАН, Москва;

*Кашеков Дмитрий Юрьевич* – м.н.с., ИМЕТ РАН, Москва;

*Атмаджиди Александра Ставровна* – м.н.с., ИМЕТ РАН, Москва;

*Олюнина Татьяна Владимировна* – с.н.с., ИМЕТ РАН, Москва;

*Садыхов Гусейн Бахлулович* – д.т.н., зав. лаб., ИМЕТ РАН, Москва.