

ные источники кобальта, который целесообразно извлекать в меру ограниченности его запасов.

В данное время технологией утилизации для получения вторичного кобальта является извлечение металлов и их соединений. При такой технологии характерно негативное воздействие на окружающую среду посредством отходящих газов промышленным стоков, а также твердых отходов производства.

В связи с этим была разработана технология утилизации литий-кобальтовых источников тока методом механохимической деструкции, где в качестве материала для извлечения кобальта применялся кобальтат лития (LiCoO_2) [1, 2].

Эксперимент состоял из следующих стадий:

- вскрытие корпуса источника тока в инертной среде;
- измельчение;
- механохимическая деструкция;
- выщелачивание;
- экстракция.

Результаты разработанной технологии показали, что степень извлечения кобальта и его соединений составляет до 53,2 % от их исходной массы.

Список литературы

1. А. М. Гонопольский, Д. А. Макаренков, В. И. Назаров [и др.] // *Экология и пром-сть России*, 2019. – Т. 23. – № 5. – С. 10–15.
2. А. М. Гонопольский, Д. А. Макаренков, В. И. Назаров, А. П. Попов // *Экология и промышленность России*, 2019. – Т. 23. – № 10. – С. 16–19.

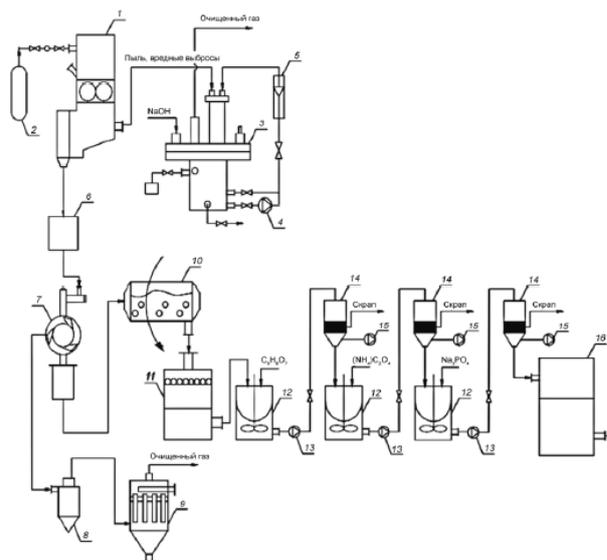


Рис. 1. Технологическая схема утилизации литий-кобальтовых источников тока:

1 – шредер; 2 – баллон с аргоном; 3 – скруббер; 4 – насос; 5 – ротаметр; 6 – магнитный сепаратор; 7 – ножевая мельница; 8 – циклон; 9 – рукавный фильтр; 10 – шаровая мельница; 11 – классификатор; 12 – реактор с мешалкой; 13 – центробежный насос; 14 – нутч-фильтр; 15 – вакуумный насос; 16 – емкость для литий-кобальтового раствора.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ОБЕСКРЕМНИВАНИЕ ЛЕЙКОКСЕНОVOГО КОНЦЕНТРАТА ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А. А. Смороков, Д. В. Брянкин, А. А. Миклашевич
Научный руководитель – к.т.н., доцент ИЯТШ ТПУ А. С. Кантаев

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

Согласно Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года, утвержденной Правительством, титан относится к группе дефицитных полезных ископаемых, внутренне потребление которых в значительной степени обеспечивается вынужденным импортом. Помимо этого, титан входит в перечень стратегических видов минерального сырья, утвержденного Правительством РФ.

Россия располагает крупной сырьевой базой титана, достаточной для обеспечения внутренних потребностей страны в титановом сырье. При этом доля в мировом производстве титановых концентратов непропорциональна имеющимся запасам в сравнении с другими странами.

Россия входит в тройку основных мировых продуцентов губчатого титана и является крупнейшим продуцентом пигментного диоксида титана в Восточной Европе. При этом практически

Таблица 1. Состав исходного сырья в пересчете на оксиды

Компонент	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	П.п.п.
Содержание, %	84,89	0,58	3,84	3,28	7,41

все российские предприятия, использующие титановое сырье, импортируют его [1].

Проблемы освоения российских месторождений имеет ряд причин, в том числе и проблемы с получением концентратов, пригодных для использования существующими предприятиями.

Наиболее востребованной на рынке титаносодержащей продукцией являются пигментный диоксид титана, а также сам титан и сплавы, содержащие титан. Диоксид титана в России преимущественно получают сернокислотным способом, сырьем для которого является ильменитовые концентраты и титановые шлаки. Также возможно получение диоксида титана хлорным способом.

Получение же титановой губки, являющегося сырьем для получения титановых сплавов и изделий из титана, промышленно осуществляется только по хлорной схеме, которая имеет определенные ограничения по исходному сырью. В частности, используются рутиловые концентраты или титановые шлаки. При этом есть ряд ограничений как по содержанию титана в сырье, так и по содержанию примесей. Содержание титана в пересчете на оксид должно составлять не менее 80 %. Также существенным ограничением является содержание диоксида кремния, способствующего образованию гексахлордисилоксана (Si₂OCl₆) – соединения, отделение которого ректификацией от тетраоксида титана весьма проблематично.

Потенциальным сырьем, которое может быть использовано для получения титановой

губки, является лейкоксеновый концентрат Ярегского месторождения, являющегося крупнейшим в России. Получаемые концентраты, тем не менее, отличаются высоким содержанием кремния и недостаточно высоким содержанием титана. Разработка способа селективного удаления кремния позволит получать концентраты, пригодные для промышленных предприятий.

Был предложен селективный метод удаления кремния раствором гидрофторида аммония. Селективность достигается за счет достаточно высокой растворимости гексафторосиликата аммония, в отличие от остальных примесей. При этом была отмечена достаточно высокая химическая стойкость рутила в условиях проведения процесса.

В результате экспериментов было определены оптимальные условия обескремнивания. Концентрация NH₄HF₂ при этом составляет 30 %, продолжительность – 3 ч, температура – 90 °С. При этом более 95 % кремния переходит в раствор.

Полученный твердый остаток был повергнут обжигу для удаления фтора и остаточного кремния. Полученный продукт по составу соответствует сырью, используемому на предприятиях по производству металлического титана.

Состав полученного продукта представлен в таблице 1.

По результатам работ предложена технологическая схема по обескремниванию лейкоксенового концентрата Ярегского месторождения с возможностью рециклинга основных реагентов [2].

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году». Под ред. Л. И. Ремизова. – М.: ВИМС, 2020. – 426 с.
2. Смороков А. А., Кантаев А. С., Брянкин Д. В., Миклашевич А. А. // Изв. вузов. Химия и хим. технология, 2022. – Т. 65. – № 2. – С. 127–133.