

Научная статья
УДК 579.66; 546.34; 669.1; 549.642.27
doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.048

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЛИТИЯ ИЗ СПОДУМЕНА ДВУМЯ ШТАММАМИ ЧЁРНОГО АСПЕРГИЛЛА

А. З. Миндубаев¹, С. В. Клементьев², М. Ю. Сидоров³, З. Т. Байдуллаев⁴, А. Н. Гостева⁵

^{1,2}Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

³Геологический институт Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия

⁴Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Казанского научного центра РАН, Казань, Россия

⁵Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия

¹mindubaev-az@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8596-7805>

²slava_klementev3715@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5459-974X>

³m.sidorov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9992-6617>

⁴bajdullaev1999@gmail.com

⁵angosteva@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8201-5876>

Аннотация

Исследовано биовыщелачивание минерала сподумена Ловозёрского месторождения при помощи двух родственных штаммов *Aspergillus niger* AM1 VKM F-4815D и AM2 VKM F-4816D и извлечение из него редкого элемента лития. Исследование показало, что выбранные штаммы осуществляют биовыщелачивание сподумена и переводят литий в водорастворимую форму.

Ключевые слова:

биовыщелачивание, штаммы *Aspergillus niger*, сподумен, литий, фосфор, аспергилл

Для цитирования:

Извлечение лития из сподумена двумя штаммами чёрного аспергилла / А. З. Миндубаев [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2024. Т. 15, № 1. С. 294–296. doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.048.

Original article

LITHIUM EXTRACTION FROM SPODUMENE BY TWO STRAINS OF BLACK ASPERGILLUS

**A. Z. Mindubaev¹, S. V. Klementiev², M. Y. Sidorov³,
Z. T. Baidullaev⁴, A. N. Gosteva⁵**

^{1,2}Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

³Geological Institute of the Kola Science Centre of RAS, Apatity, Russia

⁴A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry of the Kazan Science Centre of RAS, Kazan, Russia

⁵I. V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the Kola Science Centre of RAS, Apatity, Russia

¹mindubaev-az@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8596-7805>

²slava_klementev3715@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5459-974X>

³m.sidorov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9992-6617>

⁴bajdullaev1999@gmail.com

⁵angosteva@list.ru <https://orcid.org/0000-0002-8201-5876>

Abstract

Bioleaching of spodumene mineral of Lovozero deposit by two related strains of *Aspergillus niger* AM1 VKM F-4815D and AM2 VKM F-4816D and extraction of rare element lithium from it were investigated. The study showed that the selected strains carry out bioleaching of spodumene and convert lithium into water-soluble form.

Keywords:

bio-leaching, *Aspergillus niger* strains, spodumene, lithium, phosphorus, aspergillus

For citation:

Lithium extraction from spodumene by two strains of black aspergillus / A. Z. Mindubaev [et al.] // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences. 2024. Vol. 15, No. 1. P. 294–296. doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.048.

Одним из важных применений биогеотехнологических разработок является биовыщелачивание, то есть извлечение элементов из руд при помощи микроорганизмов. Исследуются экстремотолерантные культуры гриба *Aspergillus niger* AM1 BKM F-4815D и AM2 BKM F-4816D. *A. niger* F-4815D выделен из ёмкости с кусковым белым фосфором, хранящимся в толще воды. Гриб оказался способен обезвреживать белый и красный фосфор, окисляя его до фосфата [1], а также метаболизировать соединения фосфора и растворять нерастворимые в воде фосфатные соединения, включая трикальцийфосфат [1].

A. niger F-4816D — дочерний штамм, возникший при культивировании F-4815D. В настоящее время оба штамма депонированы во Всероссийской коллекции микроорганизмов. Филогенетическое дерево штаммов показало, что они относятся к кластеру внутри вида, который специализируется на солюбилизации фосфатных минералов. Поэтому закономерно возникла идея использовать исследуемые штаммы грибов для выборочного биовыщелачивания элементов из минералов.

Впервые для биовыщелачивания лития применены культуры грибов солюбилизаторов фосфата. Кроме того, сравнивалась эффективность биовыщелачивания в полноценной культуральной среде, содержащей фосфаты, и в среде без источников фосфора — необходимого для роста микробных культур элемента. Предполагалось, что в условиях нехватки биогенного элемента грибы начнут более интенсивно растворять минерал для извлечения микропримесей фосфатов и заодно переводить в водорастворимую форму содержащийся в нём литий.

ИК-спектры изученного нами сподумена соответствуют таковым из литературных источников [2]. Эти результаты свидетельствуют о том, что исследуемый минерал действительно является сподуменом. Проведённый рентгенофлуоресцентный анализ показал наличие 0,013404 % фосфора (в пересчёте на оксид P_2O_5) в составе исследуемого минерала. Исследуемый минерал не был прокалён перед началом эксперимента.

Рост аспергиллов наблюдался во всех вариантах культуральных сред, но в полноценной с источником фосфора, как и следовало ожидать, намного интенсивнее. Было предположение, что исходная культуральная среда загрязнена фосфатами, однако анализ это не подтвердил. Среда без источников фосфора содержит всего $0,96 \pm 0,13$ мг фосфат-ионов/дм³, эта концентрация на уровне погрешности. Значит, основным источником фосфата для роста служил минерал.

Через 14 сут разведения культуры уже достигли стадии воздушного мицелия и сформировали споры.

Определение лития в биомассе грибов и культуральной среде проводили методом пламенно-эмиссионной спектроскопии [3].

Результат биовыщелачивания штаммами *A. niger* F-4815D и F-4816D свидетельствует о следующем. Аспергиллы в представленном исследовании сравнительно эффективно извлекали литий в виде ионов Li^+ из минерала сподумена Ловозёрского месторождения (Мурманская область), причём основное количество извлечённого элемента накапливалось в биомассе грибов. Что касается влияния фосфатной подкормки, то результаты получились противоречивыми. Рост в среде без фосфатов положительно сказался на экстракции лития в случае *A. niger* F-4816D, однако в случае с *A. niger* F-4815D зависимость приобретает обратный характер. Возможно, это связано с тем, что дочерний штамм *A. niger* F-4816D имеет более выраженные адаптации к дефициту фосфора и более эффективно извлекает его из минералов по сравнению с родительским штаммом *A. niger* F-4815D.

Результаты исследования позволили сформулировать следующие выводы. Биовыщелачивание действительно является потенциальным методом добычи лития. Штаммы *Aspergillus niger* AM1 BKM F-4815D и AM2 BKM F-4816D в перспективе могут применяться для биовыщелачивания минералов и концентратов.

Список источников

1. Биодegradация промышленных поллютантов при помощи штаммов *Aspergillus niger* / А. З. Миндубаев [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: технические науки. 2023. Т. 1, № 14. С. 171–179. doi:10.37614/2949-1215.2023.14.1.031.

2. Chukanov N. V., Chervonnyi A. D. *Infrared Spectroscopy of Minerals and Related Compounds*. Springer, 2016. P. 386.
3. ПНД Ф 14.1:2:4.138-98. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций натрия, калия, лития, стронция в пробах питьевых, природных и сточных вод методом пламенно-эмиссионной спектроскопии. М., 2017. 22 с.

References

1. Mindubaev A. Z., Babynin E. V., Minzanova S. T., Mironova L. G., Badeeva E. K. Biodegradaciya promyshlennyh pollyutantov pri pomoshchi shtammov *Aspergillus niger* [The industrial pollutants biodegradation of using *Aspergillus niger* strains]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN. Seriya: tekhnicheskie nauki* [Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences], 2023, Vol. 14, No. 1, pp. 171–179. doi:10.37614/2949-1215.2023.14.1.031. (In Russ.).
2. Chukanov N. V., Chervonnyi A. D. *Infrared Spectroscopy of Minerals and Related Compounds*. Springer, 2016, pp. 386.
3. *PND F 14.1:2:4.138-98. Kolichestvennyj himicheskij analiz vod. Metodika izmerenij massovyh koncentracij natriya, kaliya, litiya, stronciya v probah pit'evyh, prirodnyh i stochnyh vod metodom plamennno-emissionnoj spektrometrii* [ERD F 14.1:2:4.138-98. Quantitative chemical analysis of waters. Methods of measurement of mass concentrations of sodium, potassium, lithium, strontium in samples of drinking, natural and waste water by flame emission spectrometry]. Moscow, FCAO, 2017, 22 p.

Информация об авторах

Антон Зуфарович Миндубаев — кандидат химических наук;

Святослав Владимирович Клементьев — аспирант;

Михаил Юрьевич Сидоров — начальник отдела редких минеральных коллекций;

Закиржан Тахиржанович Байдуллаев — инженер, химик-аналитик;

Алевтина Николаевна Гостева — кандидат химических наук, научный сотрудник.

Information about the authors

Anton Z. Mindubaev — PhD (Chemistry), Master's Degree Student;

Svyatoslav V. Klementiev — Postgraduate Student;

Mikhail Y. Sidorov — Head of the Department of Rare Mineral Collections;

Zakirzhan T. Baidullaev — Engineer, Analytical Chemist;

Alevtina N. Gosteva — PhD (Chemistry), Researcher.

Статья поступила в редакцию 08.04.2024; одобрена после рецензирования 10.04.2024; принята к публикации 12.04.2024.
The article was submitted 08.04.2024; approved after reviewing 10.04.2024; accepted for publication 12.04.2024.