

УДК 550.4+553.7+556.114+546.34

**Г.В. Попов**

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗВЛЕЧЕНИЯ  
ЛИТИЯ ИЗ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Рассмотрены основные методы извлечения лития из природных теплоносителей геотермальных месторождений, пилотные установки, достоинства и недостатки существующих технологических схем.*

*Ключевые слова: литий, извлечение, сорбция, геотермальный теплоноситель.*

---

**В**первые на перспективы извлечения полезных ископаемых из геотермального теплоносителя месторождения Вайракей указал Kennedy в 1957 году [1,2]. Kimura занимался извлечением лития мембранными методами [3]. Опытный завод «Symbol» с 2011 года извлек около 100 т лития из рассола геотермальной станции в штате Калифорния [4]. Трухин Ю.П. приводит прогнозные данные ресурсов лития гидротермальных месторождений парогидротерм Камчатского края [5]. Суммарные эксплуатационные запасы лития по  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  достигают 950 т/год.

Чаще для извлечения лития из природных теплоносителей используют сорбционные методы [1–15]. В последние 10–15 лет для селективного извлечения лития были предложены различные типы сорбентов, преимущественно типа шпинель оксидов марганца [6,12–14] и сорбенты на основе гидроксида алюминия [8–11]. Установлено [6], что такие материалы обладают высокой производительностью адсорбции в щелочной среде. Сорбенты на основе оксида марганца работают как литий-ионное сито.

Экстракция на основе ионного обмена применяется для извлечения лития с меньшей концентрацией. В 1970-х годах в качестве экстрагента для лития было предложено использовать трибутилфосфат (ТБФ) [7].

Камалутдинова И.А. и др. исследовали метод сорбции лития аморфным гидроксидом алюминия из геотермальных вод

Таблица 1

**Сравнение методов извлечения лития из растворов**

Методы	Достоинства	Недостатки
Сорбция на основе оксида марганца	Высокая селективность к ионам лития	Дорогостоящая матрица, трудности в восстановлении сорбента, использование токсичных реагентов
Ионный обмен	Использование при низких концентрациях лития в растворах	Проблемы утилизации промывочной воды, низкие механическая и химическая прочность ионитов
Сорбция неорганическими сорбентами	Доступность реагентов, простота организации технологических процессов	Проблема разрушения сорбентов, трудности в разделении получившихся солей лития и алюминия
Электрохимические методы	Уменьшение времени сорбции, увеличение степени извлечения лития	Контроль за напряжением и рН, дорогостоящие электроды, проблемы утилизации промывочной воды

Республики Дагестан и запатентовали способ получения солей лития из литийсодержащих вод [8]. Представлена схема селективного извлечения лития, основные стадии которой прошли испытания на пилотной установке [9].

Была предложена технологическая схема переработки природного теплоносителя геотермального Паужетского месторождения [10]. Антипов М.А. и др. провели эксперименты в лабораторных условиях и получили степень извлечения лития – 82,65 %. Уланов Н.М. и др. предлагают технологическую схему для извлечения ценных компонентов, в первом блоке которой предполагается извлечение лития, бора, магния и кальция. Извлечение лития будет проводиться хемосорбцией на активном гидроксиде алюминия [11].

Предложен электрохимический метод извлечения лития [12], в основе которого – электрод, селективно реагирующий с ионами лития. Kim и др. предлагают электрохимический метод извлечения лития на основе  $\lambda$ -MnO<sub>2</sub>/активированного угля

гибридной системы суперконденсаторов [13]. Десорбция ионов лития с использованием вспомогательного электростатического поля, после реакции адсорбции ионов лития, рассматривалась в работах [14]. Были применены модифицированные технологии MCDI с адсорбирующей мембраной. Использование вспомогательного электростатического поля сократило требуемое время при сорбции и десорбции.

В работе [15] был предложен новый метод извлечения лития из геотермального теплоносителя. Раствор подвергли электродиализу, с участием специальных катионных и анионных мембран, компании PCCell.

В табл. 1 сведены достоинства и недостатки существующих методов извлечения лития из природных теплоносителей.

Исходя из выше изложенного, можно сделать вывод о том, что требуется дальнейшее совершенствование и разработка новых методов и средств извлечения лития из теплоносителей геотермальных месторождений.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kennedy A.M. An assessment of the economics of lithium recovery from geothermal water // Dominion Laboratory CE, 180 (1957), 35 p.
2. Kennedy A.M. The recovery of lithium and other minerals from geothermal water at Wairakei // Proceedings of United Nations Conference on new Sources of Energy. New York, United Nations, 1961.
3. Kimura K., Sakamoto H., Kitazawa S., Shono T. Novel lithium-selective ionophores bearing an easily ionizable moiety // Chem. Comm., 4 (1995), pp. 669–670.
4. <http://www.car-tesla.ru/proizvodstvo/proizvoditeli-litiya-stremyatsya-prisoedinyatsya-k-planu-tesla.html>.
5. Трухин Ю.П. Геохимия современных геотермальных процессов и перспективные геотехнологии. – М.: Наука, 2003. – 376 с.
6. Meshram P., Pandey B.D., Mankhand T.R. Extraction of lithium from primary and secondary sources by pre-treatment, leaching and separation: A comprehensive review // Hydrometallurgy, 150 (2014), pp. 192–208.
7. Joseph R.N., Theodore E.A., Gastonia J.N.C. Recovery of lithium from bitterns // Lithium Corporation of America, US 3537813, 1970.
8. Пат. 1524253 Российская Федерация, МПК В01J 39/02. Способ ионообменного извлечения лития из растворов / Крачак А. Н, Хамизов Р. Х, Никашина В. А, Миронова Л. И, Рамазанов О. М, Рамазанов А. Ш, Зильберман М. В, Мелихов С. А. – 4429273/26; заявлено 22.04.1988; опубл. 15.02.1994.

9. Рамазанов А.Ш., Камалутдинова И.А., Мустафаева З.М. Извлечение лития из геотермальных вод хлоридного типа // Извлечение минеральных компонентов из геотермальных растворов: Тезисы докладов. – Петропавловск–Камчатский, 2005, С.51–52.

10. Антипов М.А., Медведев М.С., Клименко И.А., Круподеров В.С. Разработка сорбционной технологии по переработке термальных вод Паужетского месторождения парагидротерм // Извлечение минеральных компонентов из геотермальных растворов: Тезисы докладов. – Петропавловск–Камчатский, 2005, С. 36–38.

11. Уланов Н.М., Корчик Н.М., Рогов О.В., Омельчук В.П. Селективное извлечение ценных компонентов из природных вод // Извлечение минеральных компонентов из геотермальных растворов: Тезисы докладов. – Петропавловск–Камчатский, 2005, С.56–60.

12. Kanoh H., Ooi K., Miyai Y., Katoh S. Electrochemical recovery of lithium ions in the aqueous phase // *Separ. Sci. Technol.*, 28 (1993), pp. 643–651.

13. Kim S., Lee J., Kang J.S., K. Jo, Kim S., Sung Y., Yoon J. Lithium recovery from brine using a  $\lambda$ -MnO<sub>2</sub>/activated carbon hybrid supercapacitor system // *Chemosphere*, 125 (2015), pp. 50–56.

14. Ryu T., Lee D., Chun Ryu J., Shin J., Chung K., Kim Y. Lithium recovery system using electrostatic field assistance // *Hydrometallurgy*, 151 (2015), pp. 78–83.

15. Mroczek E., Dedual G., Graham D., Bacon L. Lithium Extraction from Wairakei Geothermal Fluid using Electrodialysis // *Proceedings World Geothermal Congress 2015. Melbourne, Australia, 19–25 April 2015.* **IWA**

#### **КОРОТКО ОБ АВТОРЕ**

---

Попов Григорий Васильевич – младший научный сотрудник, аспирант, nigtc@kscnet.ru, Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук.



---

UDC 550.4+553.7+556.114+546.34

#### **MODERN METHODS AND RECIPE EXTRACTION OF LITHIUM FROM THE COOLANTS GEOTHERMAL DEPOSITS**

Popov G.V., Junior Research scientist, Graduate Student, nigtc@kscnet.ru, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia.

---

*The basic methods extraction of lithium from the natural coolants geothermal deposits.*  
*Key words: lithium, extraction, sorption, geothermal coolants.*

#### REFERENCES

1. Kennedy A.M. Dominion Laboratory CE 180 (1957), 35 p.
2. Kennedy A.M. Proceedings of United Nations Conference on new Sources of Energy. New York, United Nations, 1961.
3. Kimura K., Sakamoto H., Kitazawa S., Shono T. Chem. Comm., 4 (1995), pp. 669–670.
4. <http://www.car-tesla.ru/proizvodstvo/proizvoditeli-litiya-stremyatsya-prisoedinyatsya-k-planu-tesla.html>.
5. Trukhin Y.P. *The geochemistry of modern geothermal processes and advanced geotechnology* (Geochemistry of modern geothermal processes and Geotechnology perspective). Moscow: Science, 2003. 376 p.
6. Meshram P., Pandey B.D., Mankhand T.R. Hydrometallurgy, 150 (2014), pp. 192–208.
7. Joseph R.N., Theodore E.A., Gastonia J.N.C. Lithium Corporation of America, US 3537813, 1970.
8. Pat. 1524253 Rossijskaya Federaciya, MPK B01J 39/02. Sposob ionoobmennogo izvlecheniya litiya iz rastvorov – 4429273/26; zayavleno 22.04.1988; opubl. 15.02.1994.
9. Ramazanov A.S.H., Kamalutdinova I.A., Mustafaeva Z.M. *Tezisy dokladov* (Abstracts). Petropavlovsk–Kamchatskij, 2005, pp. 51–52.
10. Antipov M.A., Medvedev M.S., Klimenko I.A., Krupoderov V.S. *Tezisy dokladov*. Petropavlovsk–Kamchatskij, 2005, pp. 36–38.
11. Ulanov N.M., Korchik N.M., Rogov O.V., Omel'chuk V.P. *Tezisy dokladov* (Abstracts). Petropavlovsk–Kamchatskij, 2005, pp. 56–60.
12. Kanoh H., Ooi K., Miyai Y., Katoh S. Separ. Sci. Technol., 28 (1993), pp. 643–651.
13. Kim S., Lee J., Kang J.S., K. Jo, Kim S., Sung Y., Yoon J. Chemosphere, 125 (2015), pp. 50–56.
14. Ryu T., Lee D., Chun Ryu J., Shin J., Chung K., Kim Y. Hydrometallurgy, 151 (2015), pp. 78–83.
15. Mroczek E., Dedual G., Graham D., Bacon L. Proceedings World Geothermal Congress 2015. Melbourne, Australia, 19–25 April 2015.