

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ
ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

4 (424)

ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2017 ж.
ИЮЛЬ – АВГУСТ 2017 г.
JULY – AUGUST 2017

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы

э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА академигі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., академик (Қазақстан)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғыстан)
Беспәев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Қазақстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.Х. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., академик (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология мен техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18, <http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д. э. н., профессор, академик НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., академик (Казахстан)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.Х. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Казахстан)
Кожаметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., академик (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

<http://наука-нанрк.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, academician of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., academician (Kazakhstan)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., academician (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.Kh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kenzhaliyev B.K. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., academician (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoyev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 4, Number 424 (2017), 90 – 97

R. B. Isabekov, N. M. Itemen, Sh. G. Kurmangaliyeva

LLC "Institute of Hydrogeology and Geocology named after U. M. Akhmedsafin ", Almaty, Kazakhstan

ANALYSIS TECHNOLOGY OF EXTRACTION STRONTIUM FROM NATURAL BRINE

Abstract. In this article are given results analysis of information sources on the extraction of strontium from natural brines and its use in various areas of the national economy. According to the results of research conducted on the territory of Kazakhstan, industrial groundwater (natural brines), are concentrated in the Caspian province with four areas of industrial waters, Mangyshlak–Ustyurt province with two areas of industrial waters and Shu-Sarysu province with three areas of industrial waters. It was noted considerable resources brines in which the concentration of rare elements, alkali metal salts of mineral reach an industrial scales. One of the rare metals used in industry is strontium, belonging to the group of alkaline-earth elements. The main fields of application of strontium, its alloys and compounds are pyrotechnics, radio electronics, metallurgical, chemical and ceramic industries.

The results of this analysis suggest that use of reservoir brines to extract useful components will not only enhance the efficiency investment and industrial mineral raw materials, but also to solve the problems of the environment protection, rational and comprehensive utilization of mineral resources.

Keywords: natural brines, strontium, extraction technologies.

УДК 553.7; 556.314

Р. Б. Исабеков, Н. М. Итемен, Ш. Г. Курмангалиева

ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина», Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СТРОНЦИЯ ИЗ ПРИРОДНЫХ РАССОЛОВ

Аннотация. Приведены результаты анализа информационных источников по извлечению стронция из природных рассолов и его использованию в различных областях народного хозяйства. По результатам исследований, проведенных на территории Казахстана, промышленные подземные воды (природные рассолы), сосредоточены в Прикаспийской провинции с четырьмя областями промышленных вод, Мангышлак–Устьюртской провинции с двумя областями промышленных вод и Шу-Сарысуйской провинции с тремя областями промышленных вод. Отмечены значительные ресурсы рассолов, в которых концентрации редких элементов, щелочных металлов, минеральных солей достигают промышленных масштабов. Одним из редких металлов, используемых в промышленности, является стронций, относящийся к группе щелочноземельных элементов. Основными областями применения стронция, его сплавов и соединений являются пиротехника, радиоэлектроника, металлургическая, химическая и керамическая промышленности.

Результаты проведенного анализа позволяют предположить, что использование пластовых рассолов для извлечения полезных компонентов будет способствовать не только повышению эффективности инвестиций

и обеспечению промышленности минеральным сырьем, но и решению проблем охраны природной среды, рационального и комплексного использования полезных ископаемых.

Ключевые слова: природные рассолы, стронций, технологии извлечения.

На территории Республики Казахстан сосредоточены огромные ресурсы промышленных подземных вод. В подземных рассолах отмечены промышленные концентрации редких элементов, щелочных металлов, минеральных солей. Интерес к промышленным подземным водам, как к объекту использования, в последнее время все больше возрастает, но, несмотря на это, они остаются нетрадиционным сырьем и опыт их переработки ограничен. Количество компонентов, извлекаемых из подземных, а тем более попутных вод, невелико. Возможности комплексного использования промышленных подземных вод как источника редких элементов остаются низкими, что связано, в первую очередь, с отсутствием эффективных технологий их переработки [1].

В ряде стран (США, Италия, Израиль, Япония, Новая Зеландия, Исландия, Австралия и др.) имеется определенный опыт по промышленному использованию гидроминерального сырья и в этих же странах постоянно и планомерно ведутся технологические исследования для разработки методов извлечения ценных элементов из конкретных геохимических типов природных вод. Целесообразность и экономическая эффективность переработки гидроминерального сырья подтверждается длительной добычей во многих странах лития, йода, брома, калия. Увеличение спроса на редкие металлы, Sr, В, Вг, I объясняется широким их использованием во многих отраслях промышленности [2].

Промышленные подземные воды по результатам проведенных исследований на территории Казахстана сосредоточены в Прикаспийской провинции с четырьмя областями промышленных вод, Мангышлак – Устьюртской провинции с двумя областями промышленных вод и Шу-Сарысуйской провинции с тремя областями промышленных вод. Одним из редких металлов, используемых в промышленности, относящихся к группе щелочноземельных элементов, является стронций. Содержание стронция в подземных водах провинций [3, 4] отражено в таблице 1.

Содержание стронция в земной коре составляет 0,0384%. Он является пятнадцатым по распространенности и следует сразу за барием, немного уступая фтору [5]. Стронций содержится в природных водах. В морской воде его концентрация составляет 8–13 г/м³. Это означает, что в водах Мирового океана содержатся миллиарды тонн стронция. Минеральные воды, содержащие стронций, считают перспективным сырьем для выделения этого элемента [6].

Таблица 1 – Содержание стронция в подземных водах провинций промышленных вод Казахстана

Table 1 – Содержание стронция в подземных водах провинций промышленных вод Казахстана

Провинция, область промышленных вод	Глубина залегания, м	Минерализация, г/дм ³	Дебит скважин, м ³ /сут	Sr, мг/дм ³
Прикаспийская провинция				
Северо-Прикаспийская область редко-металльных и йодо- бромных вод	2500-5000	88–408	1–50	70–8100
Область йодных вод Актобинского Приаралья	1800-2600	16–23	до 25	1–29
Южно-Эмбинская область бромных вод	640–2800	117–252	до 17	68–900
Восточно Прикаспийская область йодо-бromo-литиево-стронциевых вод	1200-4500	100–270	8–25	450–600
Мангистау-Устьюртская провинция				
Южно Мангистау Устьюртская область поликомпонентных вод	960–2800	120–200	8–17	320–560
Бузачинско-Северо Устьюртская область йодо-бромных вод	1000-2700	100–210	4–25	–
Шу-Сарысуйская провинция				
Кокпансорская область редкометалльных вод	570–3500	30–150	3–35	до 1500
Моинкумская область редкометалльных вод	870–2500	130–320	2–25	540–3500
Терсбулакская область редкометалльных вод	2900-3500	300–320	–	–

В океане часть стронция концентрируется в железомарганцевых конкрециях. Стронций накапливается также простейшими морскими организмами – радиоляриями, скелет которых построен из SrSO_4 [7]. В подземных минеральных водах содержится до 50 г/м [8].

Соответственно 24% мировых запасов стронция находится в подземных водах [9]. Стронций традиционно извлекается из обогащенных стронцием минералов. В свободном виде стронций не встречается. Он образует около 40 минералов. Наиболее важный из них – целестин SrSO_4 . Добывают также стронцианит SrCO_3 . Стронций присутствует в качестве изоморфной примеси в различных магниевых, кальциевых и бариевых минералах. Наиболее крупные залежи целестина – в Мексике, Испании и Турции. В России подобные месторождения есть в Хакасии, Пермской и Тульской области. Однако потребности в стронции в России удовлетворяются, в основном, за счет импорта, а также переработки апатитового концентрата, где карбонат стронция составляет 2,4%. Доскональная оценка мировых промышленных ресурсов стронция не проводилась, но по оценке Геологической службы США они превышают 1 млрд. т. По предварительным данным той же Геологической службы США мировая добыча стронция в 2009 г. снизилась относительно уровня 2009 г. на 15% – до 420 тыс. т. По добыче основного стронциевого минерала – целестина в мире лидируют КНР, Испания и Мексика. Однако в ближайшей перспективе в Мексике и Испании ожидается снижение его производства. На фоне появления новых китайских поставщиков сырья и снижения мирового спроса на стронций со стороны производителей электроннолучевых трубок в Испании к концу 2009 г. должны были закрыться ключевые целеститовые рудники и стронциевые рафинировочные предприятия [10].

Основными областями применения стронция, его сплавов и соединений является *пиротехника, радиоэлектроника, металлургическая, химическая и керамическая промышленности* [11].

Стронций применяется для легирования меди и некоторых её сплавов, для введения в аккумуляторные свинцовые сплавы, для десульфурации чугуна, меди и сталей.

Металлотермия. Стронций чистотой 99,99–99,999 % применяется для восстановления урана.

Магнитные материалы. Магнитотвёрдые ферриты стронция широко употребляются в качестве материалов для производства постоянных магнитов.

Пиротехника. В пиротехнике применяются карбонат, нитрат, перхлорат стронция для окрашивания пламени в карминово-красный цвет. Сплав магний-стронций обладает сильнейшими пирофорными свойствами и находит применение в пиротехнике для зажигательных и сигнальных составов.

Ядерная энергетика. Уранат стронция играет важную роль при получении водорода (стронций-уранатный цикл, Лос-Аламос, США) термохимическим способом (атомно-водородная энергетика), и, в частности, разрабатываются способы непосредственного деления ядер урана в составе ураната стронция для получения тепла при разложении воды на водород и кислород.

Оксид стронция применяется в качестве компонента сверхпроводящих керамик.

Вакуумные электронные приборы. Оксид стронция, в составе твёрдого раствора оксидов других щёлочноземельных металлов – бария и кальция (BaO , CaO), используется в качестве активного слоя катодов косвенного накала в вакуумных электронных приборах.

Химические источники тока. Фторид стронция используется в качестве компонента твердотельных фторионных аккумуляторных батарей с большой энергоёмкостью и энергоплотностью.

Сплавы стронция с оловом и свинцом применяются для отливки токоотводов аккумуляторных батарей. Сплавы стронций-кадмий для анодов гальванических элементов.

Медицина. Изотоп с атомной массой 89, имеющий период полураспада 50,55 суток, применяется (в виде хлорида) в качестве противоопухолевого средства [12,13].

Природная вода представляет собой сложную динамическую систему, истинно растворенное состояние в которой характерно для различных минеральных солей. В коллоидном состоянии в воде могут находиться различные минеральные и органические частицы почв и грунтов, гумусовых веществ, гидроксиды и др., во взвешенном - глинистые, песчаные, известковые частицы. Если взвешенные вещества из воды можно довольно легко удалить в процессе ее очистки с использованием методов, основанных на действии гравитационных сил и сил адгезии, а коллоидные частицы - методом коагулирования, то истинные растворы являются устойчивыми термодинамическими системами и могут неопределенно долго существовать без изменений. В связи с тем,

что на практике приходится в большинстве случаев иметь дело с истинными растворами различных веществ, необходима разработка технологий извлечения ценных компонентов из водных растворов.

Для извлечения ионов металлов из рассолов можно применять различные сорбционные технологии, такие как: элюентное разделение, вытеснительная хроматография [14-18].

Сотрудниками ИрГТУ была разработана принципиальная технологическая схема извлечения стронция из рассолов на основе применения сорбционной технологии. Особенность изучаемых рассолов заключалась в том, что они являлись высокоминерализованными растворами, концентрация солей достигала 300 г/л. В качестве сорбента на основе проведенных ранее исследований по извлечению стронция из рассолов рекомендован широко применяемый в процессах водоподготовки катионит КУ-2х8 в солевой форме. После сорбции катионит, насыщенный извлекаемым компонентом, подвергался обработке соляной кислотой концентрации 0,5 N. Элюаты, богатые по содержанию в них стронция, направлялись на термическое упаривание с отдельной кристаллизацией солей в выпарной установке. Фильтрат после сорбции направлялся на получение хлорида натрия. В результате обессоливания в выпарной установке получались следующие продукты: хлорид стронция SrCl_2 (95–98%), хлорид натрия NaCl (97%), и обессоленная вода, которая могла использоваться на хозяйственно-бытовые и технологические нужды. Важным фактором, указывающим на преимущество технологии, являлась экологичность. В результате реализации технологии снижалось воздействие соленых вод на экосистему горнодобывающих регионов, в частности, уменьшался сброс стронция, натрия, кальция и хлоридов в поверхностные водоемы [19, 20].

Извлечение стронция из подземных вод представляет определенные трудности, в первую очередь связанные с отделением его от кальция. Данные металлы в подземных водах являются геохимическими аналогами, причем накопление стронция в рассолах напрямую связано с содержанием в них кальция, и максимальные концентрации стронция приходятся на воды именно Ca-C1 типа [19, 20].

К недостаткам данного метода относится использование значительных объемов органической фазы, что вызовет трудности при промышленном применении. Опыт использования данной технологии для переработки рассолов на Удачинском ГОКе показал его низкую экономическую эффективность. Разработана технология сорбционного извлечения стронция из минерализованных вод [21].

Одним из наиболее известных методов выделения стронция из водных растворов является осаждение этого металла трудно растворимыми химическими соединениями. Извлечение стронция из рассолов возможно также экстракцией нефтяными кислотами [22].

Ионообменная хроматография также нашла широкое применение для концентрирования микроколичеств стронция, отделения стронция от элементов других групп и от других щелочно-земельных элементов. Используется как катионообменная, так и анионообменная хроматография. Для разделения смесей металлов часто применяются растворы их простых солей - хлоридов или нитратов, а также соляная и азотная кислоты [23-25].

Большинство работ по сорбционному выделению стронция проводилось в лабораторных условиях и, как правило, из искусственно приготовленных растворов, содержащих незначительные концентрации макрокомпонентов, и, в частности, солей кальция. Во ВСЕГИНГЕО совместно с ИПКОН АН СССР разработана комбинированная схема электрохимической обработки стронций содержащих растворов и ионного обмена, позволившая до начала осаждения стронция полностью извлечь из раствора магний и на 85–95 % кальций. После удаления основных количеств кальция и магния катион стронция сорбируется различными катионитами со значительно более высокими емкостями [26, 27].

На Гаурдакском ПО «Туркменминерал», на Небит-Дагском йодном заводе разработана комплексная технология переработки йодо – бромных вод в том числе стронция из концентрированных рассолов. Концентрация стронция в рассоле после извлечения лития составляет $5,9 \text{ кг/м}^3$. Стронций извлекают методом соосаждения с сульфатом бария. В результате соосаждения сульфатом бария образуется смесь сульфатов стронция и бария. Эту смесь разлагают путем их карбонизации. Технологические процессы периодические.

Степень извлечения стронция 65–67%. Конечный продукт - стронций углекислый по ГОСТ 2821-75 с содержанием основного вещества 95% [28].

Разработаны физико-химические основы комплексной переработки высокоминерализованных стронций содержащих рассолов и коллекторно-дренажных вод и условия разделения кальция и стронция на карбоксильном катионите КБ-4П2 (Ma^+) в хлор-натриевых рассолах при исходной концентрации кальция не более 2 г/л. А также разработан способ селективного извлечения стронция из рассолов сложного состава с высоким содержанием кальция методом соосаждения с сульфатом бария [28].

Институтом проблем геотермии Дагестанского центра г. Махачкалы был изучен процесс электросорбции ионов стронция и кальция на активированном угле СИТ-1 [29].

ПО «Маяк» были проведены исследования сорбции стронция фитосорбентом, и рекомендовано его применение для доочистки низкоактивных растворов с низкосолевым уровнем минерализации при большой загрузке сорбента по массе [30].

На опытной базе ГЕОХИ РАН на Сахалинской ГРЭС была изготовлена опытная установка для извлечения стронция и испытана в составе пилотного стенда комплексной переработки морской воды. Исследована и показана возможность извлечения стронция при фронтальном разделении раствора смеси (Na^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+}) на карбоксильном ионите в Na -форме, так и в смешанной Na , Ca -форме. Показано, что полностью элюировать Sr^{2+} из ионита можно растворами смеси хлорида натрия и кальция или практически чистого хлорида натрия [31].

Значительное количество протекающих в природе процессов по своей сути являются ионообменными. Переход вещества в данную фазу из другой фазы в процессе установления межфазового распределения веществ можно рассматривать как процесс поглощения или сорбции вещества данной фазой.

Существование различных состояний одного и того же элемента в водах (а в этой работе рассматриваются рассолы, содержащие не только большое количество макро- и микрокомпонентов, но и характеризующиеся пребыванием одного компонента в различных соединениях) влияет на результаты их участия в ионообменном процессе и процессах сорбции, так как в обмен вступают не простые катионы и анионы, а совершенно иные соединения - соединения иного заряда и даже знака заряда. Течение и характер взаимодействия фаз гетерогенной системы, а, следовательно, течение и характер сорбционных процессов, зависят от агрегатного состояния фаз, свойств и состава всех компонентов системы [32-34].

Разрабатывалась технология использования рассолов Удачинского и Коршуновского ГОКов в качестве гидроминерального сырья для ионообменного селективного извлечения щелочных и щелочноземельных металлов на основании изучения их физико-химического состояния.

В процессе исследований решались следующие задачи:

выявление основных физико-химических параметров исследуемых рассолов с учетом гидратированности ионов и их влияния на селективность ионообменного извлечения;

исследование механизма сорбции ионов стронция на основе математического моделирования кинетики ионного обмена;

выявление влияния параметров состава рассолов на процесс селективного ионообменного извлечения щелочных и щелочноземельных металлов;

разработка принципиальных технологических схем селективного извлечения компонентов из рассолов.

Однако высокая минерализация и богатый покомпонентный состав рассолов значительно усложняет работу, в связи с чем необходимо изучение физико-химических параметров рассолов. Задачей проведенных исследований являлось установление оптимальных параметров ионообменного извлечения ионов щелочных и щелочноземельных металлов из гидроминерального сырья с учетом влияния основных факторов ионообменного процесса. На основании литературных и экспериментальных данных выбирались оптимальные условия их селективного выделения из исследуемых рассолов [35].

Существуют проблемы, связанные непосредственно с использованием промышленных вод в качестве гидроминерального сырья. Они связаны с техническими трудностями их эксплуатации, а также несовершенством технологий комплексного извлечения содержащихся в минерализованных водах компонентов.

При этом, гидроминеральное сырье в сопоставлении с твердыми полезными ископаемыми имеет следующие особенности:

- широкое региональное распространение, значительные геологические запасы, причем запасы некоторых редких металлов в гидроминеральном сырье в несколько раз превышают их запасы в традиционном рудном сырье;

- поликомпонентный состав и возможность комплексной переработки;

- добыча гидроминерального сырья не требует значительных горных отводов и выполнения капиталоемких горных работ, а в некоторых случаях возможность использования попутно добывающихся минерализованных и пластовых вод в процессе разработки месторождений полезных ископаемых значительно упрощает и удешевляет технологию;

- для улучшения технологических показателей переработки гидроминерального сырья подземные воды могут легко обогащаться путем предварительного концентрирования;

- возможность механизации и автоматизации процессов добычи, сбора и транспортировки промышленных вод.

Использование пластовых рассолов для извлечения полезных компонентов будет способствовать не только повышению эффективности инвестиций и обеспечению промышленности минеральным сырьем, но и решению проблем охраны природной среды, рационального и комплексного использования полезных ископаемых

На основании изученных материалов наиболее перспективно использовать в качестве основного технологического метода ионный обмен. Это метод позволяет в промышленных условиях, используя широкий спектр ионообменников, работать с высокоминерализованными рассолами, а также максимально разделить микро- и макрокомпоненты из природных рассолов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Шадрюнова И.В., Зелинская Е.В., Волкова Н.А., Орехова Н.Н. Проблемы и перспективы освоения ресурсов гидроминерального сырья // Материалы Международного совещания «Современные процессы комплексной и глубокой переработки труднообогатимого минерального сырья (Плаксинские чтения 2015)». – М.: Пц "РИЭЛ", 2015. – С. 54-58.

[2] Муртазин Е.Ж., Кан С.М., Вялов В.Д., Калугин О.А., Сульдина О.В. Некоторые аспекты распространения промышленных подземных вод Казахстана и перспективы их использования // Известия НАН РК. Сер. геологии и технических наук. – Алматы, 2014. – № 6. – С. 49-54.

[3] Абсаметов М.К., Завалей В.А., Муртазин Е.Ж. Перспективы использования гидроминерального сырья при разведке и добычи нефти // Геология и охрана недр. – 2010. – № 1(34). – С. 64-68.

[4] Абсаметов М.К., Муртазин Е.Ж. Оценка ресурсов месторождений промышленных подземных вод Прикаспийской впадины // Труды международного форума "Наука и инженерное образование без границ", 13-14 ноября 2009 г. – Алматы: КазНТУ, 2009. – С. 201-203.

[5] Онлайн энциклопедия http://encyclopaedia.bigru.ru/enc/science_and_technology/STRONTSI.html

[6] Бурков В.В. Подпорина Е.К. Стронций. Минералогия, геохимия и главные типы месторождений // Труды Ин-та минерал. геохимии и кристаллохимии редких элементов. – М.: АН СССР, 1962. – Вып. 12. – С. 180.

[7] Аналитическая химия стронция. Полуэктов И.С., Мищенко В.Т., Кононенко Л.И., Бельтюкова С.В. – М.: Наука, 1978. – С. 223.

[8] Русанов А.К. Основы количественного спектрального анализа руд и минералов. – М.: Недра, 1971. – 360 с.

[9] Воронов А.Н., Тудвачев А.В. Геологический факультет СПбГУ. Извлечение промышленных компонентов из попутных нефтяных вод // Сайт Экологические технологии <http://www.ecotoc.ru/water/techno/d566>

[10] Информационный бюллетень МЭР РФ // Металлургический бюллетень <http://www.metalbulletin.ru/publications/3678>

[11] <http://metal-archive.ru/legkie-metally/1414-oblasti-primeneniya-stronciya.html>

[12] <https://ru.wikipedia.org/wiki/Стронций>

[13] http://www.scientificlife.ru/publ/stroncij/primenenie_stroncija

[14] Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология. – М.: МГТУ, 2001. – С. 656.

[15] Ергожин Е.Е., Высокопроницаемые иониты. – Алма-Ата: Наука, 1979. – С. 303.

[16] Крайнов СР., Швец В.М. Основы геохимии подземных вод. – М.: Недра, 1980. – С. 285.

[17] Михайличенко А.И., Михлин Е.Б., Патрикеев Ю.Б. Редкоземельные металлы. – М.: Металлургия, 1987. – С. 92-113.

[18] Трофименко Н.К., Иониты и их применение. – М.: Московский печатник, 1949. – С. 255.

[19] Русецкая Г.Д., Зелинская Е.В., Горбунова О.И., Гончарова Н.Н. Разработка аналитических методов извлечения и технологии переработки промышленных рассолов // Тезисы докл. международной конф. «CERECO- 94». – Ужгород, 1994. – С. 163.

[20] Горбунова О.И. Разработка технологии извлечения стронция из природных рассолов Коршуновского месторождения: автореф. ... канд. техн. наук. – Иркутск, 1997. – 16 с.

- [21] Леонов С.Б., Зелинская Е.В., Горбунова О.И. Гидроминеральное сырье и проблемы его переработки: Монография. – Иркутск: ИрГТУ, 1999. – 120 с.
- [22] Голуб А.М., Недилько С.А., Зырянова Н.П. и др. Экстракционное выделение стронция нафтеновой кислотой из природных вод повышенной минерализации // ЖФХ. – 1979. – Т. VII, № 2. – С. 269-272.
- [23] Полуэктов Н.С., Мищенко В.Т. Аналитическая химия элементов. Стронций. – М.: Наука, 1978. – С. 222.
- [24] Хмельницкая Т.М. Разработка технологии очистки подземных вод от селена и стронция: Автореф. ... канд. техн. наук. – Кишинев, 1986. – 24 с.
- [25] Стронций. Требования промышленности к качеству минерального сырья: Справочник для геологов. – 1960. – Вып. 70. – 20 с.
- [26] Назарова Г.Н., Костина Л.В., Венкова М.Ю., Ковалева Н.В. Применение электрохимических методов для извлечения некоторых элементов-спутников из минерального сырья // В кн.: Физические и химические воздействия при обогащении полезных ископаемых. – М.: Наука, 1979. – С. 38-51.
- [27] Назарова Г.П. Изучение возможности извлечения ценных компонентов при переработке гидроминерального сырья с помощью электрохимической технологии // В кн.: Физические и химические основы переработки минерального сырья. – М.: Наука, 1982. – С. 169-173.
- [28] Гельдиев О.А., Ходжамамедов А.М. Комплексная переработка подземных промышленных йодо-бромных вод Туркменистана: <https://media.professional.ru/processor/topics/original/2014/11/0/spravka-po-jodu.pdf>
- [29] Свешникова Д.А., Абакаров А.Н. Электросорбция ионов стронция и кальция на активированном угле // Химия и технология воды. – 1993. – Т. 15, № 4.
- [30] Медведева И.Б., Ровный СИ., Величко В.А. Сорбция U, Cs, Sr фитосорбентом 728 при дезактивации жидких радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности // М.: НТЖ «Экология и промышленность России». – 1998. – № 7.
- [31] Николаев Н.Н. Физико-химические основы непрерывного ионообменного процесса извлечения стронция из высокоминерализованных растворов: Автореф. ... канд. хим. наук. – М.: МГУ, 1993. – 20 с.
- [32] Бур Я. Динамический характер адсорбции. – М.: Иностранная литература, 1962. – 290 с.
- [33] Грисбах Р. Теория и практика ионного обмена. – М.: Иностранная литература, 1963. – 499 с.
- [34] Салдадзе К.М. и др. Ионообменные высокомолекулярные соединения. – М.: Госхимиздат, 1960. – 356 с.
- [35] Клименкова С.Б. Совершенствование технологии селективного извлечения компонентов из рассолов на основании изучения физико-химических параметров: Автореф. ... канд. техн. наук. – Иркутск, 2004. – 20 с.

REFERENCES

- [1] Shadrinova I.V., Zelinskaya E.V., Volkova N.A., Orekhova N.N. Problems and prospects for the development of resources of hydro-mineral raw materials // Proceedings of the International Meeting "Modern processes of combined and deep processing of hard-to-digest mineral raw materials (Plaksinsky readings 2015)". М.: Рс "RIEL", 2015. P. 54-58.
- [2] Murtazin E.Zh., Kan S.M., Vyalov V.D., Kalugin O.A., Suldina O.V. Some aspects of the distribution of industrial groundwater Kazakhstan and prospects of their use // Proceedings of National Academy of Sciences of Kazakhstan, geology and technical science series. Almaty, 2014. N 6. P. 49-54.
- [3] Absametov M.K., Zavalei V.A., Murtazin E.Zh. Prospects using of hydromineral raw materials in exploration and production of oil // Geology and conservation of mineral resources. 2010. N 1 (34). P. 64-68.
- [4] Absametov M.K., Murtazin E.Zh. Estimation of resources of industrial underground water fields in the Caspian depression // Proceedings of the international forum "Science and engineering education without borders", November 13-14, 2009. Almaty: KazNTU, 2009. P. 201-203
- [5] Online encyclopedia http://encyclopaedia.big.ru/enc/science_and_technology/Strontsi.html
- [6] Burkov V.V., Podporina E.K. Strontium. Mineralogy, geochemistry and main types of deposits // Proceedings of the Institute of Mineral, Geochemistry and Crystallochemistry of Rare Elements. М.: AN SSSR, 1962. Issue 12. P. 180.
- [7] Poluektov I.S., Mishchenko V.T., Kononenko L.I., Belyukova S.V. Analytical chemistry of strontium. М.: Science, 1978. P. 223.
- [8] Rusanov A.K. Fundamentals of quantitative spectral analysis of ores and minerals. М.: Subsoil, 1971. 360 p.
- [9] Voronov A.N. and Tudvachev A.V. Geological Faculty of St. Petersburg State University. Extraction of industrial components from associated petroleum waters: Website Ecological technologies <http://www.ecotoc.ru/water/techno/d566>
- [10] Information bulletin of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation. Metallurgical Bulletin <http://www.metalbulletin.ru/publications/3678>
- [11] <http://metal-archive.ru/legkie-metally/1414-oblasti-primeneniya-stronciya.html>
- [12] <https://ru.wikipedia.org/wiki/Strontium>.
- [13] http://www.scientificlife.ru/publ/stroncij/primenenie_stroncija
- [14] Ahrens V.Zh. Physicochemical geotechnology. М.: MGTU, 2001. P. 656.
- [15] Ergozhin E.E. High-permeability ionites. Alma-Ata: Science, 1979. P. 303.
- [16] Krainov S.R., Shvets V.M. Fundamentals of geochemistry of groundwater. М.: Subsoil, 1980. P. 285.
- [17] Mikhailichenko A.I., Mikhlin E.B., Patrikeev Yu.B. Rare-earth metals. М.: Metallurgy, 1987. P. 92-113.
- [18] Trofimenko N.K. Ionites and their application. М.: Moscow printer, 1949. P. 255.
- [19] Rusetskaya G.D., Zelinskaya E.V., Gorbunova O.I., Goncharova H.H. Development of analytical methods for extraction and processing of industrial brines, in Proceedings. International conf. «CERECO-94». Uzhhorod, 1994. P. 163.
- [20] Gorbunova O.I. Development technology extraction of strontium from natural brines of the Korshunovskoye field: the author's abstract. ... cand. tech. sciences. Irkutsk, 1997. 16 p.

- [21] Leonov S.B., Zelinskaya E.V., Gorbunova O.I. Hydromineral raw materials and the problems of its processing: Monograph. Irkutsk: IrGTU, 1999. 120 p.
- [22] Golub A.M., Nedilko S.A., Zyryanova N.P. et al. Extraction selection strontium naphthenic acid from natural increased salinity waters // ZhFH. 1979. Vol. VII, N 2. P. 269-272.
- [23] Poluektov N.S., Mishchenko V.T. Analytical chemistry of elements. Strontium. M.: Science, 1978. P. 222.
- [24] Khmel'nitskaya T.M. Development of the technology of groundwater purification from selenium and strontium: Author's abstract. ... cand. tech. sciences. Chisinau, 1986. P. 24.
- [25] Strontium. Industry requirements for the quality of mineral raw materials. Handbook for geologists. 1960. Vol. 70. 20 p.
- [26] Nazarova G.N., Kostina L.V., Venkova M.Yu., Kovaleva N.V. Application of electrochemical methods extraction of certain elemental satellites from mineral raw materials / In the book: Physical and chemical effects in the enrichment of minerals. M.: Science, 1979. P. 38-51.
- [27] Nazarova G.P. Study possibility of extracting valuable components during processing of hydromineral raw materials by means of electrochemical technology // In the book.: Physical and chemical basis of processing of mineral raw materials. M.: Science, 1982. P. 169-173
- [28] Geldiev O.A., Khodjamamedov A.M. Integrated processing of underground industrial iodine-bromine waters of Turkmenistan: <https://media.professional.ru/processor/topics/original//2014/11/0/spravka-po-jodu.pdf>
- [29] Sveshnikova D.A., Abakarov A.N. Electrosorption of strontium and calcium ions on activated carbon // Chemistry and technology of water. 1993. Vol. 15, N 4.
- [30] Medvedeva I.B., Equal S.I., Velichko V.A. Sorption of U, Cs, Sr phytosorbent 728 when deactivating liquid radioactive wastes of low and medium activity level. M.: NTZh "Ecology and Industry of Russia", 1998. N 7.
- [31] Nikolaev H.H. Physico-chemical basis continuous ion exchange process of extracting strontium vysokomineralizovannyh solutions: Abstract. ... candidate of chemistry. M.: MSU, 1993. 20 p.
- [32] Bur Ya. Dynamic nature of adsorption. M.: Foreign Literature, 1962. 290 p.
- [33] Grissbach R. Theory and Practice of Ion Exchange. M.: Foreign Literature, 1963. 499 p.
- [34] Saldadze K. Ion-exchange high-molecular compounds. M.: Goskhimizdat, 1960. 356 p.
- [35] Klimenkova S.B. Improving technology of selective extraction of components from the brines upon examination of physico-chemical parameters: Abstract. ... cand. tech. sciences. Irkutsk, 2004. 20 p.

Р. Б. Исабеков, Н. М. Итемен, Ш. Г. Курмангалиева

«У. М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан

ТАБИҒИ ТҰЗДЫҚСУЛАРДАН СТРОНЦИЙДІ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ТАЛДАУ

Аннотация. Табиғи тұздықсулардан стронцийді алу бойынша ақпарат көздерін талдау және оларды халық шаруашылығында әртүрлі салаларда қолданылу нәтижелері көрсетілген. Қазақстан аумағында жүргізілген зерттеу нәтижелері бойынша өнеркәсіптік жерасты сулары (табиғи тұздықсу) Каспий маңы провинциясының төрт өнеркәсіптік сулар ауданында, Маңғышлақ-Үстірт провинциясының екі өнеркәсіптік сулар ауданында және Шу-Сарысу провинциясының үш өнеркәсіптік сулар ауданында шоғырланған. Тұздықсудың маңызды қоры белгіленген, яғни олардағы сирек элементтер, сілтілі металдар, минералды тұздар концентрациясы өнеркәсіптік ауқымға жетеді. Өнеркәсіпте қолданылатын сирек металдардың бірі сілтілік жер элементтер қатарына жатқызылатын стронций болып табылады. Стронцийді және оның қоспа мен құйындыларын қолданатын негізгі салалар пиротехника, радиоэлектроника, металлургия, химия және керамика өнеркәсіптері болып табылады.

Жүргізілген талдау нәтижелері, табиғи құрауыштарды алу үшін қабатты тұздықсуларды пайдалану, инвестиция тиімділігін жоғарылатуға ғана мүмкіндік туғызып қоймай және өнеркәсіпті минералды шикізатпен қамтамасыз етуге, сонымен қатар қоршаған ортаны қорғау мәселелерін шешу, пайдалы қазбаларды тиімді және кешенді пайдалануын болжауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: табиғи тұздықсу, стронций, алу технологиясы.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 11.07.2017.

Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

18,2 п.л. Тираж 300. Заказ 4.