



Геоэкология / Geocology

Оригинальная статья / Original article

УДК 556.38, 539.16

DOI: 10.18470/1992-1098-2016-4-129-138

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД СЕВЕРНОГО ДАГЕСТАНА

^{1,2}Арсен Ш. Рамазанов*, ¹Миясат А. Каспарова, ¹Ирина В. Сараева,
²Алибек Б. Алхасов, ²Омари М. Рамазанов, ²Магомед И. Ахмедов

¹Дагестанский государственный университет,
Махачкала, Россия, a_ramazanov_@mail.ru

²Дагестанский научный центр РАН, Махачкала, Россия

Резюме. Цель. Целью данной работы является разработка технологии переработки геотермальной минерализованной воды, добываемой попутно с нефтью, для решения экологических проблем региона. **Методы.** Для определения химического состава и радиоактивности геотермальной воды и твердых образцов, полученных из нее, использовали атомно-абсорбционную и гамма-спектрометрию. Оценка эффективности технологии осуществлена с привлечением экспериментальных исследований. **Результаты.** В геотермальной воде идентифицированы и количественно определены восемь радионуклидов, активность которых в воде составляет 87 ± 5 Бк/дм³. Для переработки этих вод с получением карбоната лития и других компонентов предложена технологическая схема, предусматривающая стадию очистки воды от радионуклидов. В результате аэрирования с подщелачиванием происходит дезактивация и очистка геотермальной воды от механических примесей, ионов железа, гидрокарбонатов, органических веществ. Из геотермальной воды после водоподготовки могут быть извлечены карбонат лития, порошок магнетитовый каустический и поваренная соль. Маточные растворы, образующиеся в ходе технологических операций, соответствуют требованиям к воде пригодной для заводнения нефтяных пластов и могут быть закачаны для поддержания пластового давления месторождения. **Заключение.** Реализация предложенной комплексной технологии переработки геотермальной минерализованной воды, добываемой с нефтью в Северном Дагестане, будет способствовать продлению срока эксплуатации и решению экологической проблемы нефтяного месторождения, а также замещению импорта в Россию карбоната лития и соли пищевой.

Ключевые слова: геотермальная минерализованная вода, радиоактивность, экологическая проблема, комплексное использование, технологическая схема, карбонат лития.

Формат цитирования: Рамазанов А.Ш., Каспарова М.А., Сараева И.В., Алхасов А.Б., Рамазанов О.М., Ахмедов М.И. Решение экологических проблем при комплексном использовании геотермальных минерализованных вод Северного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2016. Т.11, N4. С.129-138. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-4-129-138

ADDRESSING ENVIRONMENTAL CHALLENGES UNDER COMPREHENSIVE UTILIZATION OF GEOTHERMAL SALINE WATER RESOURCES IN THE NORTHERN DAGESTAN

^{1,2}Arsen Sh. Ramazanov*, ¹Miyasat A. Kasparova, ¹Irina V. Saraeva,
²Alibek B. Alkhasov, ²Omari M. Ramazanov, ²Magomed I. Akhmedov

¹Dagestan State University,

Makhachkala, Russia, a_ramazanov_@mail.ru

²Dagestan Scientific Center Russian Academic Sciences, Makhachkala, Russia

Abstract. Aim. The aim of the study is to develop technologies for processing geothermal brine produced with the extraction of oil as well as to solve environmental problems in the region. **Methods.** In order to determine the chemical composition and radioactivity of the geothermal water and solid samples, we used atomic absorption and gamma spectrometry. Evaluation of the effectiveness of the technology was made on the basis of experimental studies. **Results.** In the geothermal water, eight radionuclides were recognized and quantified with the activity of 87 ± 5 Bq / dm³. For the processing of this water to produce lithium carbonate and other components we propose a technological



scheme, which provides a step of water purification from radio-nuclides. As a result of aeration and alkalization, we can observe deactivation and purification of the geothermal water from mechanical impurities, iron ions, hydrogen carbonates and organic substances. Water treatment allows recovering lithium carbonate, magnesite caustic powder and salt from geothermal water. The mother liquors produced during manufacturing operations meet the requirements for the water suitable for waterflooding of oil reservoirs and can be injected for maintaining the reservoir pressure of the deposits. **Conclusion.** The implementation of the proposed processing technology of mineralized geothermal water produced with the extraction of oil in the Northern Dagestan will contribute to extend the life of the oil fields and improve the environmental problems. It will also allow import substitution in Russia for lithium carbonate and edible salt.

Keywords: geothermal brine, radioactivity, environmental problem, comprehensive utilization, process flow diagram, lithium carbonate.

For citation: Ramazanov A.Sh., Kasparova M.A., Saraeva I.V., Alkhasov A.B., Ramazanov O.M., Akhmedov M.I. Addressing environmental challenges under comprehensive utilization of geothermal saline water resources in the Northern Dagestan. *South of Russia: ecology, development*. 2016, vol. 11, no. 4, pp. 129-138. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-4-129-138

ВВЕДЕНИЕ

Прогресс в развитии технологий и снижении стоимости преобразования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), достигнутый во многих странах в последние годы, свидетельствует о том, что ВИЭ уже заняли заметное место в мировой энергетике. К 2013 г. суммарная мощность действующих энергоустановок на ВИЭ достигла 500 ГВт – в 1.5 раза больше мощности всех атомных электростанций в мире [1].

Одним из перспективных видов возобновляемой энергии является геотермальная энергия, где накоплен значительный опыт ее практического использования. Геотермальные электростанции (ГеоЭС) работают в 24 странах мира, а суммарная установленная мощность их достигла 11 ГВт. США и Филиппины являются лидерами в этой области. По данным американской Геотермальной энергетической ассоциации (US Geothermal Energy Association) установленная мощность ГеоЭС в США к началу 2010 года составила 3086 МВт, а на Филиппинах - 1904 МВт. По прогнозу к 2050 году мировая установленная мощность ГеоЭС увеличится в 15 раз и достигнет 140 ГВт [2].

Развитие геотермальной электроэнергетики обусловлены ее конкурентоспособностью и рядом преимуществ по сравнению с традиционной энергетикой, среди которых – экологическая чистота, отсутствие транспортных расходов на доставку топлива и относительно короткие сроки строительства. Количество выбросов в атмосферу диоксида углерода на ГеоЭС в несколько десятков раз

ниже, чем на ТЭС, работающих на угле, мазуте и природном газе.

Доля геотермальной энергии в топливно-энергетическом балансе России незначительна. Установленная мощность ГеоЭС, действующих на Камчатке и Курилах составляет около 82 МВт [3], а мощность энергоустановок прямого использования тепла на Камчатке, Курилах и Северном Кавказе составляет 307 МВт. Скромные масштабы современной геотермальной энергетики в России явно не соответствуют ее богатой ресурсной базе [4].

В Республике Дагестан хорошо изучены геотермальные месторождения, залегающие на глубинах до 5000 м. Эти месторождения способны обеспечить получение до 10000 тепловой и 1000 МВт электрической энергии. Особенностью геотермальных вод Дагестана является повышенное содержание в них лития и других редких элементов, что делает их комплексным сырьем для геотермальной энергетики и химической промышленности [5, 6].

Целью данной работы является разработка технологии переработки геотермальной минерализованной воды (ГТМВ), добываемой попутно с нефтью, для решения экологических проблем региона. Это задача приобретает все большее значение в связи с возможностью значительного уменьшения объемов сбрасываемых на поверхность ГТМВ, что будет способствовать улучшению состояния окружающей природной среды, так как уменьшится подъем уровня грунтовых вод, засоление почв и их загряз-

нение содержащимися в ГТМВ веществами, включая радиоактивные.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлась ГТМВ, добываемая попутно с нефтью в Ногайском районе Республики Дагестан.

Для определения содержания катионов щелочных, щелочноземельных металлов и железа использовали высокоточный атомно-абсорбционный спектрофотометр с источником излучения сплошного спектра contrAA700 (Analytik Jena, Германия).

Измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения осуществляли дозиметром радиометром СРП-68-01 (ООО "НТП "Промприбор", Санкт-Петербург) на расстоянии 1 м от исследуемого объекта. Содержание радионуклидов в твердых образцах, выделенных из исследуемой воды, определяли с помощью гамма-спектрометра, собранного на базе Ge(Li) детектора с раз-

решением 3 кэВ по линии ^{60}Co . Регистрация и обработка измеренных спектров проводили на персональном компьютере с использованием пакета программ, созданных для гамма-спектроскопических измерений.

Химико-технологические экспериментальные исследования по извлечению ценных химических компонентов из ГТМВ проводили на укрупненной лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 1.

Проведение анализа сопровождалось метрологическим контролем точности результатов измерений в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.589-2001 «Государственная система обеспечения единства измерений. Контроль загрязнения окружающей природной среды».

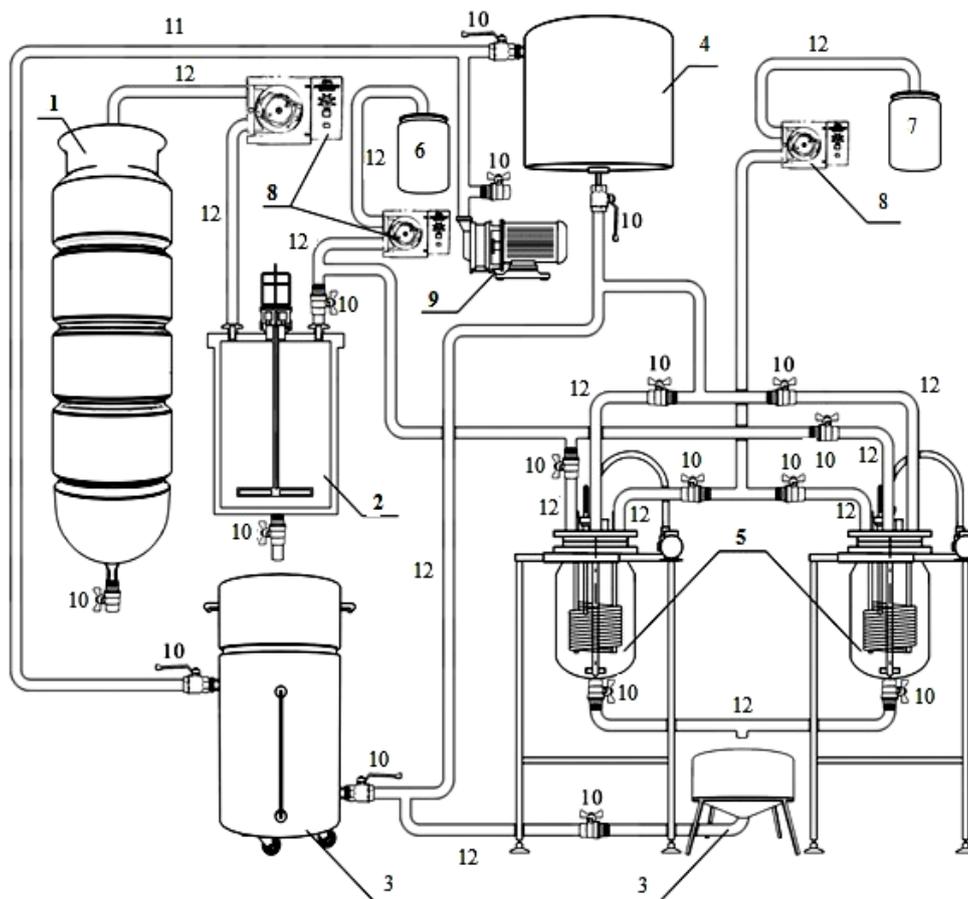


Рис. 1. Схема лабораторной установки: 1. емкость для исходной воды; 2. реактор; 3. нутч-фильтр; 4. вакуумный ресивер-ловушка; 5. аппарат реакционный; 6. емкость для щелочи; 7. емкость для AlCl_3 ; 8. перистальтический насос; 9. мембранный вакуумный насос; 10. клапан; 11. трубка полипропиленовая; 12. шланг полипропиленовая



Fig. 1. Scheme of laboratory setup: 1. capacity to source water; 2. the reactor; 3. the suction filter; 4. Vacuum receiver trap; 5. the reaction vessel; 6. capacity to alkali; 7. capacity for AlCl₃; 8. the peristaltic pump; 9. diaphragm vacuum pump; 10. the valve; 11. polypropylene pipeline; 12. polypropylene hose

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Добыча нефти в Северном Дагестане составляет около 150 тысяч тонн в год. При обводненности нефтяных скважин месторождения более 90 % объем ГТМВ, добываемых попутно с нефтью, составляет примерно 1.5 млн. м³. В идеале эти рассолы должны быть закачены в продуктивный пласт с целью поддержания пластового давления нефтяного месторождения и сохранения окружающей среды от загрязнения. Для этого требуются специально пробуренные нагнетательные скважины, высокая приемистость пласта и вода, соответствующая требованиям «ОСТ 39-225-88. Вода для завод-

нения нефтяных пластов. Требования к качеству».

Из данных представленных в табл. 1 видно, что ГТМВ, попутно добываемая с нефтью в Северном Дагестане по содержанию лития и других ценных химических компонентов относится к категории промышленных [7] (табл. 1), характеризуются высоким содержанием механических примесей (740 мг/дм³), растворенных органических веществ (2275 мгО₂/дм³). С наличием значительных количеств ионов железа, кальция, магния и гидрокарбонатов связана высокая склонность этих вод к солеотложению и коррозионной активности.

Таблица 1

Характеристика геотермальной минерализованной воды, добываемой попутно с нефтью в Северном Дагестане

Table 1

Characteristics of the geothermal brine produced simultaneously with the oil in the Northern Dagestan

Наименование показателя / Indicator	Геотермальная вода / Thermal water	Отраслевой стандарт ОСТ39-225-88* / Industry Standard OST 39-225-88*	Содержание в промышленных водах [7] / Content in industrial water [7]
pH	6,0-6,5	4,5 до 8,5	
T, °C	100-120		
Li ⁺ мг/дм ³ / Li ⁺ mg / dm ³	41		10
K ⁺	670		350-1000
Na ⁺	32000		20000
Rb ⁺	3,2		3
Cs ⁺	1,4		0,5
Mg ²⁺	720		1000-5000
Ca ²⁺	7700		-
Sr ²⁺	630		300
Ba ²⁺	83,4		-
Fe _{общ} / Fe _{total}	58	Отсутствие / lack of	-
Cl ⁻	65120		30000
Br ⁻	320		200
I ⁻	13		10
HCO ₃ ⁻	415	Отсутствие / lack of	36000
SO ₄ ²⁻	50		34000
H ₃ BO ₃	380		600
Минерализация / Mineralization	108205		
Нефтепродукты /	2275	до 5	



Petroleum products			
Мех. примеси / Mech. impurity	740	до 3	

В настоящее время ГТМВ, попутно добываемая с нефтью с гамма-фоном 28-32 мкР/ч., в основном, сбрасывается на поля фильтрации без какого-либо предварительного обеззараживания, что наносит огромный экологический ущерб окружающей среде. Гамма-картированием, одного из месторождений Северного Дагестана, который является зоной отгонного животноводства, выявлены локальные участки с гамма-фоном, превышающим естественный (5-6 мкР/ч) в 5-10 раз.

Спектроскопическими измерениями в сухом остатке, полученном выпариванием ГТМВ, идентифицированы восемь естественных радионуклидов с суммарной активностью 87 ± 5 Бк/дм³ без учета радона, который улетучивается при выпаривании (табл. 2). Наибольший вклад в суммарную активность ГТМВ вносят изотопы, относящиеся к семейству ряда урана (²³⁸U) с периодом полураспада 4.5 млрд. лет: радий

(²²⁶Ra) - 33.5 %; свинец (²¹⁴Pb) - 26.7 %; висмут (²¹⁴Bi) - 24.3 %. Изотопы актиний (²²⁸Ac), свинец (²¹²Pb), висмут (²¹²Bi) и таллий (²⁰⁸Tl), дающие вклад в суммарную активность 5 %, принадлежат к семейству тория (²³²Th) с периодом полураспада 14 млрд. лет, и 5.6 % от суммарной активности составляет удельная активность естественного гамма-излучателя - калия (⁴⁰K). Изотопы йода (¹³¹I), цезия (¹³⁷Cs) и стронция (⁸⁹Sr), которые свидетельствовали бы о «Чернобыльском следе», в ГТМВ не обнаружены.

Данные приведенные в табл. 2 свидетельствуют о том, что сброс неочищенных вод с высоким радиоактивным фоном приводит засолению и радиоактивному загрязнению прилежащих к нефтяному месторождению территории на многие века. В связи с этим необходимость разработки комплексной, экономичной и экологически безопасной технологии утилизации вод попутно добываемых с нефтью очевидна.

Таблица 2

**Удельная активность геотермальной минерализованной воды (Бк/дм³)
и твердых образцов, выделенных из нее (Бк/кг)**

**The specific activity of the geothermal brine (Bq/dm³) and
solid samples extracted there from (Bq/kg)**

Table 2

Радионуклид / Radionuclide	Геотермальная вода / Thermal water	Образец 1 / Sample 1	Образец 2 / Sample 2	Образец 3 / Sample 3
²²⁶ Ra	29±3	270±2	5737±711	121±28
²¹⁴ Pb	23.2±0.3	216±2	4359±73	108±2
²¹⁴ Bi	21.2±0.3	196±2	3633±69	94±2
²²⁸ Ac	4.6±0.2	46±6	891±64	15±2
²¹² Pb	2.5±0.2	43±2	550±54	11±1
²¹² Bi	0.9±0.3	23±2	337±102	4.1±0.4
²⁰⁸ Tl	0.6±0.1	8±3	138±15	3±0.4
⁴⁰ K	4.9±0.6	5.7±0/6	367±129	21±7
Суммарная активность / Total activity	87±5	807±43	16022±1217	378±44

Дезактивацию воды можно осуществить разными способами: физико-химическими (дистилляция, осаждение, коагулирование, флотация, фильтрование, сорбция, ионный обмен, экстрагирование, выпаривание); электролитическими (электролиз, электродиализ, электроионизация);

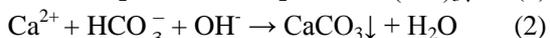
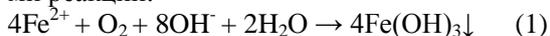
биологическими, или сочетанием перечисленных способов. Выбор метода *дезактивации* воды зависит от того, взвешены или растворены радиоактивные вещества в ней, от периода их полураспада и химических свойств, степени загрязнения воды, количества дезактивируемой воды и пр. Требуется



ния, предъявляемые к процессам дезактивации воды, очень жесткие – это высокая степень очистки, ограниченность допустимых приемов обработки и обязательная необходимость обезвреживания или захоронения радиоактивных загрязнений, выделенных из воды.

При выборе метода аэрирования в сочетании с известкованием в качестве эффективного способа водоподготовки ГТМВ к комплексной утилизации учитывали следующие факторы: наличие в очищаемой воде значительных количеств Fe^{2+} , HCO_3^- , неорганических и органических дисперсных примесей; склонность обнаруженных радионуклидов к образованию нерастворимых в воде соответствующих гидроксидов и карбонатов.

Операцию водоподготовки осуществляли по методике, предложенной в работе [8]: в реактор с исходной водой вводили эквивалентное содержанию HCO_3^- количество гидроксида кальция (гашеной извести) и сжатый воздух для окисления Fe^{2+} . При этом протекают процессы, которые схематично можно изобразить следующими уравнениями реакций:



Образующиеся твердые фазы $Fe(OH)_3$ и $CaCO_3$ обладают высокими коагуляционными и сорбционными свойствами и способствуют очистке рассола не только от механических примесей, растворенных органических веществ, но и от радиоактивных веществ (табл. 2).

Для оценки степени дезактивации ГТМВ в результате водоподготовки исследованы на удельную активность образцы твердых фаз:

1) образец 1 – сухой остаток, полученный выпариванием исходной воды, выход твердой фазы примерно 108 г/дм^3 (в основном NaCl);

2) образец 2 – осадок, полученный в результате водоподготовки, выход примерно 1.15 г/дм^3 ($Fe(OH)_3$, $CaCO_3$, механические примеси);

3) образец 3 – сухой остаток, полученный выпариванием воды прошедшей стадию водоподготовки, выход твердой фазы примерно 107 г/дм^3 (в основном NaCl).

Из данных приведенных в табл. 2 видно, что сухой остаток, получаемый испарением исходной воды (образец 1), обладает повышенной удельной активностью. Учитывая, что попутно добываемая вода в основном сбрасывается на поля фильтрации, при аридном климате месторождения процесс испарения в естественных условиях протекает интенсивно, и это приводит значительному радиоактивному загрязнению окружающей среды. Осадок (образец 2), полученный в результате водоподготовки концентрирует на себе радионуклиды и обладает высокой удельной активностью, поэтому должен быть надежно захоронен. Об эффективности дезактивации ГТМВ в ходе водоподготовки свидетельствует результат измерения удельной активности сухого остатка, полученного выпариванием воды после водоподготовки (образец 3).

В результате аэрирования с подщелачиванием гашеной известью до pH примерно 7.5 и последующим отделением образовавшегося осадка, можно получить дезактивированную воду, соответствующую жестким требованиям к воде для заводнения нефтяных пластов. В тоже время, ГТМВ, прошедшая стадию водоподготовки, является литийсодержащим гидроминеральным сырьем [7]. Для комплексной переработки подготовленной воды могут быть успешно применены технологические решения, предложенные для Тарумовских и Берикейских геотермальных вод месторождений Республики Дагестан [9-12].

Целевыми продуктами предлагаемой нами технологии переработки ГТМВ являются карбонат лития и хлорид натрия, попутно – порошок магнезитовый каустический. Сущность технологии (рис. 2) заключается в следующем. В начале из воды прошедшей стадию водоподготовки осаждают магний в виде труднорастворимого гидроксида магния введением щелочного реагента:

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + CaCl_2 \quad (3)$$

Образовавшийся осадок гидроксида магния сначала сгущают в сгустителе, затем фильтруют на нутч-фильтре и промывают водой. Промытый осадок высушивают, упаковывают и направляют потребителю. Продукт отвечает требованиям ГОСТ 1216-87 на «порошок магнезитовый каустический», который широко используется при производстве стекла, огнеупорных строительных и

защитных композиционных материалов, стекла, в качестве микроудобрения.

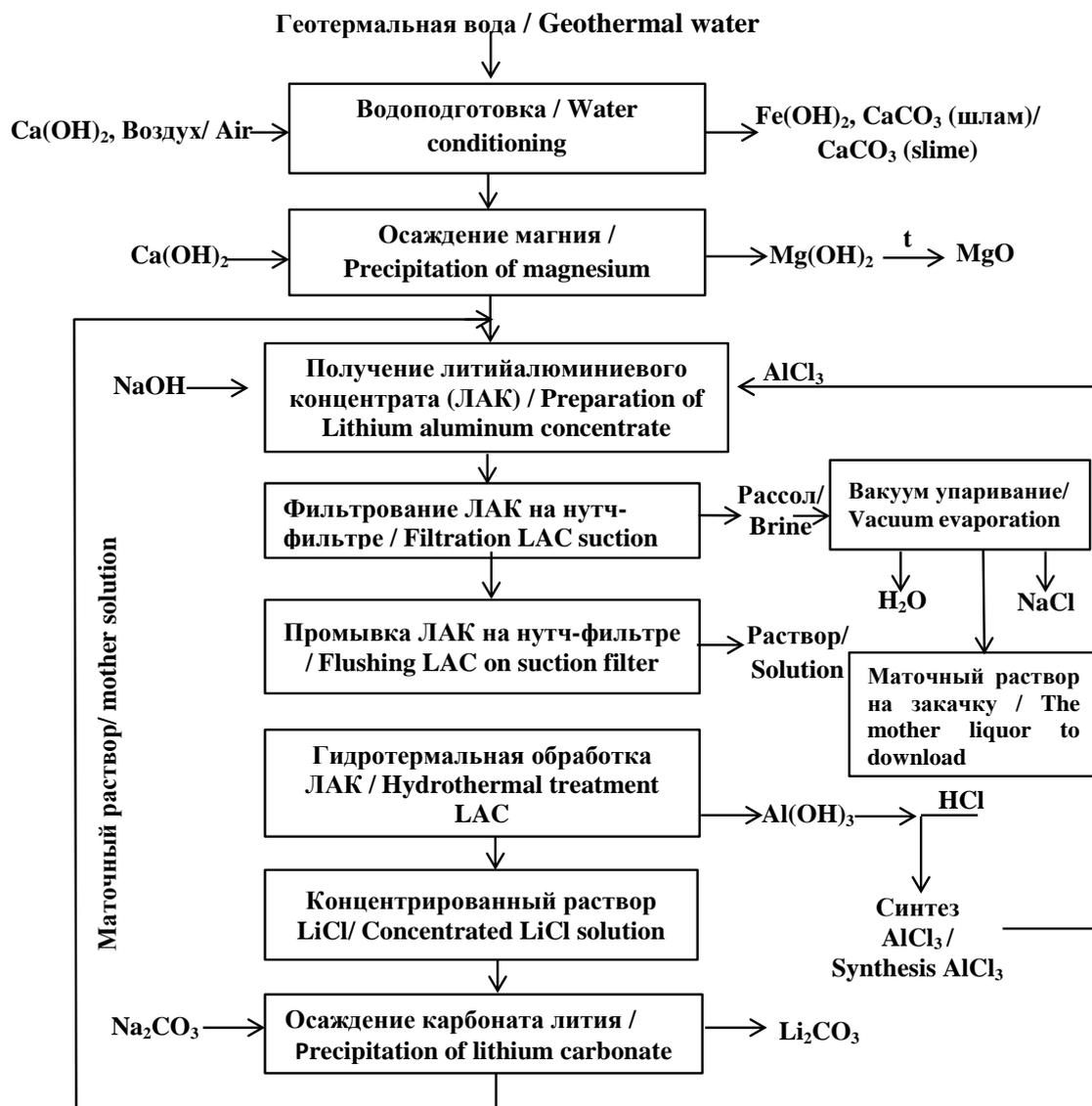


Рис. 2. Технологическая схема переработки геотермальной минерализованной воды

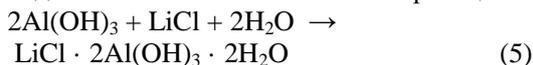
Fig. 2. Technological scheme of processing geothermal brine

Осветленный раствор объединяют с фильтратом и промывной водой и перекачивают в реактор, где осуществляется осаждение лития. Для осаждения лития используют хлорид алюминия в присутствии гидроксида натрия [13]. При использовании растворимых соединений алюминия процесс осаждения лития протекает в две стадии:

1) формирование аморфного гидроксида алюминия по реакции:

$$\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \quad (4)$$

2) взаимодействие аморфного гидроксида алюминия в соответствии с реакцией:



Для простоты осуществления процесса обе стадии совмещают и проводят в одном реакторе. Осадок литий-алюминиевого концентрата (ЛАК) сгущают, фильтруют и промывают водой. Промытый осадок направляют на получения карбоната лития. Фильтрат объединяют с промывной водой и сли-



вом стустителя и направляют на выделение хлористого натрия.

Промытый осадок ЛАК без сушки загружают в экстрактор типа Сокслет и подвергают гидротермальной обработке. Одним и тем же объемом воды обрабатывают 4 - 5 навески ЛАК. Степень извлечения лития в раствор составляет 98 %. При этом получают раствор хлорида лития с концентрацией по LiCl примерно 150 г/дм³, из которого действием карбоната натрия при 90 °С в течение 30 мин осаждают карбонат лития.



Осадок карбоната лития фильтруют на нутч-фильтре и промывают водой. Фильтрат объединяют с промывной водой и направляют на приготовление раствора карбоната натрия.

Промытый осадок карбоната лития высушивают при 100 °С. Продукт с содержанием основного вещества (Li₂CO₃) более 95,5 % соответствует марке ЛУ по ТУ 95.1951-89.

Влажный осадок гидроксида алюминия после выщелачивания хлорида лития направляют на приготовление раствора хлорида алюминия.

Приготовление раствора хлорида алюминия осуществляют в герметичной мешал-

ке кислотоупорного исполнения. Осветленный раствор направляют на осаждение лития, а осадок (не растворившийся гидроксид алюминия) оставляют в мешалке, к нему добавляют свежую порцию Al(OH)₃ и HCl и нарабатывают следующую порцию раствора AlCl₃.

Известковое молоко готовят в реакторе с якорной мешалкой. Для гашения извести используют минерализованную воду. Приготовленное известковое молоко подвергают гидравлической сепарации для отделения недопада и силикатов.

На основании результатов проверки отдельных стадий технологической схемы (рис. 2) на укрупненной лабораторной установке (рис. 1) подготовлены исходные данные для проектирования опытной установки. Переработка только 1.5 млн. м³ ГТМВ, попутно добываемых с нефтью, позволит получать ежегодно: карбоната лития 300 т, порошка магnezитового каустического 1650 т и соли пищевой 116100 т.

Предварительная технико - экономическая оценка эффективности получения карбоната лития из ГТМВ показала, что себестоимость целевого продукта будет составлять не более 130 рублей за кг (при сегодняшней стоимости примерно 7 долларов).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение следует отметить, что в настоящее время литиевые продукты в России в основном производят из чилийского карбоната лития, импорт которого составляет около 300 т в год. Импорт пищевой соли в Россию ежегодно составляет более 0.5 млн. т [14], при этом потребность Республики Дагестан в соли оценивается примерно 40 тысяч т в год. Комплексная переработка геотермальных минерализованных вод, попутно добываемых с нефтью в Северном Дагестане, позволит: снизить себестоимость до-

бычи нефти, за счет проведения операции подготовки воды для поддержания пластового давления в рамках технологии извлечения химических компонентов; продлить срок эксплуатации нефтяного месторождения до полного обводнения. Кроме того, будет способствовать значительному замещению импорта этих продуктов и решению острой экологической проблемы обширной сельскохозяйственной зоны Северного Дагестана.

Благодарность: Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России. Уникальный идентификационный номер проекта RFMEFI60414X0120.

Acknowledgement: This study has been supported by the Russian Ministry of Education. Unique project identification number - RFMEFI60414X0120.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фортов В.Е., Попель О.С. Состояние развития возобновляемых источников энергии в мире и в России // Теплоэнергетика. 2014. №6. С. 4-13. DOI: 10.1134/S0040363614060022
2. Holm A., Blodgett L., Jennejohn D., Gawell K. Geothermal Energy: International Market Update. Geo-

- thermal Energy Association, May 2010, P.77.
3. Томаров Г.В., Никольский А.И., Семенов В.Н., Шипков А.А., Паршин Б.Е. Тенденции и перспективы развития геотермальной энергетики // Теплоэнергетика. 2012. N11. С. 26-35.
4. Свалова В.Б. Комплексное использование



- геотермальных ресурсов // Георесурсы. 2009. N1(29). С. 17-23.
5. Курбанов М.К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М.: Наука, 2001. 260 с.
6. Алхасов А.Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии. М.: Физматлит, 2008. 376 с.
7. Бондаренко С.С. Минеральное сырье. Воды промышленные. М.: Геоинформмарк. 1999. 45 с.
8. Рамазанов А.Ш., Ахмедов М.И., Рамазанов О.М. Удаление железа и дезактивация подземной минерализованной воды // Химия и технология воды. 1996. Т. 18, N3. С.285-288.
9. Алхасов А.Б., Алхасова Д.А., Рамазанов А.Ш., Каспарова М.А. Перспективы комплексного освоения высокопараметрических геотермальных рассолов // Теплоэнергетика. 2015. N6. С. 11-17. DOI: 10.1134/S0040363615060016
10. Рамазанов А.Ш., Каспарова М.А., Сараева И.В., Алхасов А.Б., Рамазанов О.М. Комплексная переработка минерализованных геотермальных вод // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20, N2. С.14-17. DOI:10.18412/1816-0395-2016-2-14-17
11. Алхасов А.Б., Алхасова Д.А., Рамазанов А.Ш., Каспарова М.А. Перспективы освоения высокотемпературных высокоминерализованных ресурсов Тарумовского геотермального месторождения // Теплоэнергетика. 2016. N6. С. 25-30. DOI:10.1134/S0040363616060011
12. Алхасов А.Б., Алхасова Д.А., Алиев Р.М., Рамазанов А.Ш. Комплексное освоение геотермальных ресурсов // Юг России: экология, развитие. 2016. Т.11, N1. С.149-158. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-149-15
13. Рамазанов А.Ш., Атаев Д.Р., Каспарова М.А., Сараева И.В. Зависимость сорбционных свойств аморфного гидроксида алюминия по литию от условий получения // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2010, Т. 53, N4. С. 6-8.
14. Маркетинговый отчет «Рынок поваренной соли в России 2008-2012 гг. и прогноз до 2020 года» компании TEBIZ GROUP. URL: <http://tebiz.ru/news-mi/newsmarketsalt-1.php> (дата обращения: 19.07.2016)

REFERENCES

1. Fortov V.E., Popel' O.S. The current status of the development of renewable energy sources worldwide and in Russia. *Thermal Engineering*. 2014. no. 6, pp. 4-13. (In Russian) DOI: 10.1134/S0040363614060022
2. Holm A., Blodgett L., Jennejohn D., Gawell K. Geothermal Energy: International Market Update. Geothermal Energy Association, May 2010, 77 p.
3. Tomarov G.V., Nikol'skii A.I., Semenov V.N., Shipkov A.A., Parshin B.E. Trends and prospects of development of geothermal power engineering. *Teploenergetika [Thermal Engineering]*. 2012, no. 11, pp. 26-35. (In Russian)
4. Svalova V.B. Integrated use of geothermal resources. *Georesursy [Georesources]*. 2009, no. 1(29), pp. 17-23. (In Russian)
5. Kurbanov M.K. *Geotermal'nye i gidromineral'nye resursy Vostochnogo Kavkaza i Predkavkaz'ya* [Geothermal and hydromineral resources of the Eastern Caucasus and Ciscaucasia]. Moscow, Nauka Publ., 2001. 260 p. (In Russian)
6. Alkhasov A.B. *Geotermal'naya energiya: problema, resursy i tekhnologiya* [Geothermal energy: problems, resources, and technology]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2008. 376 p. (In Russian)
7. Bondarenko S.S. *Mineral'noe syr'e. Vody promyshlennye* [Raw mineral. Water Industrial]. Moscow, Geoinformmark Publ., 1999. 45 p. (In Russian)
8. Ramazanov A.Sh., Ahmedov M.I., Ramazanov O.M. Iron removal and deactivation of underground water in oil pool. *Himiya i tekhnologiya vody [Chemistry and technology of water]*. 1996, vol. 18, no. 3, pp. 285-288. (In Russian)
9. Alkhasov A.B., Alkhasova D.A., Ramazanov A.S., Kasparova M.A. Prospects of the complex development of highly parameter geothermal brines. *Thermal Engineering*. 2015, no. 6, pp. 11-17. (In Russian) DOI: 10.1134/S0040363615060016.
10. Ramazanov A.Sh., Kasparova M.A., Saraeva I.V., Alhasov A.B., Ramazanov O.M. Complex processing of mineralized geothermal waters. *Ecology and Industry of Russia*. 2016, vol. 20, no. 2, pp.14-17. (In Russian) DOI:10.18412/1816-0395-2016-2-14-17.
11. Alhasov A.B., Alhasova D.A., Ramazanov A.Sh., Kasparova M.A. Prospects of development high temperature resources highly mineralized Tarumovsky geothermal field. *Thermal Engineering*. 2016, no. 6, pp. 25-30. (In Russian) DOI:10.1134/S0040363616060011.
12. Alhasov A.B., Alhasova D.A., Aliev R.M., Ramazanov A.Sh. Integrated exploration of geothermal resources. *South of Russia: ecology, development*. 2016, vol. 11, no. 1, pp. 149-158. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-149-15813
13. Ramazanov A.Sh., Ataev D.R., Kasparova M.A., Saraeva I.V. Defendancy of adsorption parameters of amorphous aluminum hydroxide on lithium on obtaining conditions. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya*. 2010, vol. 53, no. 4, pp. 6-8. (In Russian)
14. *Marketingovyi otchet «Rynok povarennoi soli v Rossii 2008-2012 gg. i prognoz do 2020 goda» kompanii TEBIZ GROUP*. URL: <http://tebiz.ru/news-mi/newsmarketsalt-1.php> (дата обращения: 19.07.2016)



panii *TEBIZ GROUP* [Marketing Report "Salt Market in Russia 2008- 2012 and Forecast up to 2020". *TEBIZ*

GROUP Company]. (In Russian) Available at: <http://tebiz.ru/news-mi/newsmarketsalt-1.php>. (accessed 19.07.2016)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Арсен Ш. Рамазанов* - заведующий кафедрой, Дагестанский государственный университет, доктор химических наук, профессор. 367021, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 43а, e-mail: a_ramazanov@mail.ru

Миясат А. Каспарова – кандидат химических наук, доцент, Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия.

Ирина В. Сараева – научный сотрудник, Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия.

Алибек Б. Алхасов - директор Института проблем геотермии ДНЦ РАН, доктор технических наук, профессор, г. Махачкала, Россия.

Омари М. Рамазанов – заведующий лабораторией Института проблем геотермии ДНЦ РАН, кандидат химических наук, г. Махачкала, Россия.

Магомед И. Ахмедов - старший научный сотрудник Института проблем геотермии ДНЦ РАН, кандидат технических наук, г. Махачкала, Россия.

Критерии авторства

Алибек Б. Алхасов – постановка задачи. Арсен Ш. Рамазанов – проанализировал экспериментальные данные, написал рукопись и несет ответственность за плагиат. Миясат А. Каспарова, Ирина В. Сараева, Омари М. Рамазанов, Магомед И. Ахмедов - проведение экспериментальных исследований по извлечению химических компонентов из геотермальных рассолов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 14.08.2016

Принята в печать 05.09.2016

AUTHORS INFORMATION

Affiliations

Arsen Sh. Ramazanov* - head of Department, Dagestan state university, Doctor of Chemistry, Professor. 367021, Russia, Republic of Dagestan, Makhachkala, M. Gadzhieva Str., 43a, e-mail: a_ramazanov@mail.ru

Miyasat A. Kasparova – docent, Candidat of Chemistry Sciences, Dagestan state university, Makhachkala, Russia.

Irina V. Saraeva – researcher, Dagestan state University, Makhachkala, Russia.

Alibek B. Alkhasov - director of the Institute for Geothermal Research, Dagestan scientific center RAS, Doctor of Technical Sciences, Professor. Makhachkala, Russia.

Omari M. Ramazanov - head of laboratory, Institute of problems of Geothermy, Dagestan scientific center of RAS, Candidat of Chemistry Sciences, Makhachkala, Russia.

Magomed I. Akhmedov - senior researcher of the Institute for Geothermal Research, Dagestan scientific center RAS, Candidate of Technical Sciences, Makhachkala, Russia.

Contribution

Alibek B. Alkhasov assigned the objective. Arsen Sh. Ramazanov analyzed the experimental data, wrote the manuscript and responsible for avoiding the plagiarism. Miyasat A. Kasparova, Irina V. Saraeva, Omari M. Ramazanov, Magomed I. Akhmedov conducted experimental studies on the extraction of chemical components from geothermal brines.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 14.08.2016

Accepted for publication 05.09.2016