НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКОЕ ОБЛАСТНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
АДМИНИСТРАЦИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Природопользование и охрана природы:
Охрана памятников природы,
биологического и ландшафтного
разнообразия Томского Приобья
и других регионов России**

**Материалы IX Всероссийской с международным участием
научно-практической конференции**

Томск, 21–23 апреля 2020 г.

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

муаммоларни ҳал этишнинг долзарб масалалари. Мавзусидаги Республика илмий-амалий конференцияси материаллар тўплами, Наманган, 2017 йил 31 май. Наманган : «Баркамол ривож» МЧЖ типографияси, 2017. С. 9–12.

4. Домуладжанов И.Х., Бояринова В.Г., Латипова М.И. Современное состояние непрерывного экологического образования // Научный вестник ФДУ. 2017. № 6. С. 26–31.

5. Домуладжанов И.Х., Тешабаев А.М., Холмирзаев Ю.М. Оценка воздействия твердых отходов на окружающую среду // 19-й Международный научно-технический семинар «Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте», Кошице Киев, 18–23 февраля 2019 г. АТМ Украины, 2019. С. 50–56.

6. Домуладжанов И.Х., Махмудов С.Ю., Дадакузиев М.Р. Экологическая безопасность // 19-й Международный научно-технический семинар «Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте», Кошице – Киев, 18–23 февраля 2019 г. АТМ Украины, 2019. С. 126–131.

7. Домуладжанов И.Х., Бояринова В.Г., Домуладжанова Ш.И., Латипова М.И. Воздействие Установки по производству полипропиленовых и полиэтиленовых мешков мощностью 20,0 млн. шт. в год АО «Ferganaazot» на атмосферу // Научно-технический журнал ФерПИ. 2019. Т. 23, № 2. С. 107–114.

8. Domuladjanov I. Radiation state of Fergana city // International Scientific-Technical Conference «Radiation on and chemical safety problems», Baku, 05–06 November 2019. Baku, 2019. С. 50–51.

9. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 22.11.2018 г. № 949 «Об утверждении Положения о государственной экологической экспертизе в Республике Узбекистан» с Приложением № 2 «Перечень видов деятельности, по которым осуществляется государственная экологическая экспертиза».

10. Справочник эколога-эксперта / Хабилов Р.С., Королева Н.В., Ишмухамедов Т.Р. Ташкент : Госкомприрода, Госэкоэкспертиза, ООО «Кони-Нур», 2009. 528 с.

DOI: 10.17223/978-5-94621-954-9-2020-70

ОСВОЕНИЕ ГИДРОМИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ НЕФТИ И ГАЗА ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА FAMILIARIZATION OF HYDROMINERAL RESOURCES IN OIL AND GAS FIELDS OF WESTERN KAZAKHSTAN

Н.М. Итемен¹, Е.М. Дутова^{2,3}

N.M. Itemen¹, E.M. Dutova^{2,3}

¹ Satbaev University, г. Алматы, Республика Казахстан

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

³ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

n.itemen@stud.satbayev.university, dutova@tpu.ru

На основе анализа опубликованных данных показана экономическая эффективность переработки гидроминерального сырья в различных странах мира. В ходе исследований 2017–2019 гг. осуществлена опытная реализация технологического решения по комплексной переработке пластовых рассолов на конкретных площадях (месторождения Асар, Бектурлы, Южный Жетыбай), разработана технологическая схема извлечения лития и магния из попутных пластовых рассолов с учетом их комплексной и экологически безопасной переработки. Установлены основные характеристики пластовой воды, перспективной для извлечения соединений Li и Mg.

Based on the analysis of the published data is shown, economic efficiency of the processing of hydromineral raw materials in various countries of the world. In the course of research for 2017–2019 an experimental implementation of a technological solution for the complex processing of reservoir brines in specific areas (Asar, Bekturly, South Zhetybai deposits) was carried out, a technological scheme has been developed for the extraction of lithium and magnesium from associated brine taking into account their integrated and environmentally safe processing. The main characteristics of reservoir water are established, selected as promising for the extraction of compounds of Li and Mg.

Ключевые слова: месторождения нефти и газа, гидроминеральные ресурсы, редкие элементы, извлечение лития и магния из рассолов.

Keywords: oil and gas fields, hydromineral resources, rare elements, extraction of lithium and magnesium from brines.

Интенсивная добыча многих полезных ископаемых привела к тому, что запасы некоторых редких элементов существенно сократились, а потребность в них резко увеличилась за счет рас-

ширения использования в новых отраслях техники и технологии. Все острее становится проблема поиска и вовлечения в промышленную разработку новых видов минерального сырья. Одним из таких новых видов гидроминерального сырья могут стать промышленные подземные воды различных гидрогеологических структур, а также пластовые рассолы, попутно добываемые при разработке месторождений нефти и газа. При разработке месторождений нефти и газа вместе с углеводородным сырьем извлекается значительное количество попутных пластовых вод, которые при наличии в них отдельных компонентов или их соединений являются гидроминеральным сырьем.

Промышленные подземные воды представляют собой добываемые из земных недр природные рассолы, из которых путем химических и физических преобразований могут быть получены вещества, используемые в качестве промышленного сырья или предметов потребления, т.е. товарная продукция. Это позволяет рассматривать их как жидкую руду и применять при их геолого-экономической оценке основные положения и методические приемы, используемые при геолого-экономической оценке рудных месторождений.

В природных водах сосредоточено до 78 % мировых запасов лития [1], 40 % – рения, 35 % – цезия. Бром извлекается в промышленном масштабе только из природных вод, так как не образует больших скоплений своих минералов, равно как и йод, мировая добыча которого из природных вод составляет 80–85 %. В нефти обнаружено более 60 микроэлементов [2–7], а в попутных пластовых водах, представленных в основном рассолами, в промышленных масштабах содержатся хлористый натрий, хлористый кальций, другие соли и редкие элементы, такие как литий, стронций, цезий, рубидий, йод, бром, бор и др. [8–11]. Вопрос извлечения этих редких микроэлементов и их соединений в настоящее время приобрел значительную актуальность.

Важным преимуществом подземных вод, как сырьевого источника редких элементов, является низкая себестоимость продукта, так как подземные воды – полноценное сырье, отдельные их геохимические типы обладают сравнительно высокой технологичностью, эксплуатация водных месторождений редких элементов не требует дорогостоящих горных разработок. Поэтому в большинстве стран (США, Италия, Израиль, Япония, Новая Зеландия, Исландия, Австралия и др.) постоянно и планомерно ведутся технологические исследования для разработки методов извлечения этих элементов из конкретных геохимических типов природных вод.

Целесообразность и экономическая эффективность переработки гидроминерального сырья подтверждается длительной добычей во многих странах лития, йода, брома, калия. Например:

- в США из рассолов оз. Сирлс (штат Калифорния) с минерализацией около 430 г/л, с максимальным содержанием Li – 81 мг/кг, K – 26 г/кг, B – 4 г/кг, Br – 860 мг/кг производят соду, сульфат натрия, хлорид калия, бром, бромистый натрий, буру, борную кислоту, фосфорную кислоту, карбонат лития, фосфат лития. Из рассолов оз. Сильвер-Пик с минерализацией 180 г/л производят карбонат лития и целый ряд других соединений, а из рассолов Большого соленого озера с минерализацией 310 г/л производят сульфаты калия, натрия, хлориды магния, натрия и лития;

- в Италии основным источником бора являются парогидротермы Лардерелло. Из них извлекают буру, борную кислоту, аммиачные и карбонатные продукты. Общий объем – 4 400 т борной кислоты и 4–5 тыс. т буры;

- в Израиле из рассолов Мертвого моря (минерализация 300–320 г/л) извлекают хлористый калий, бромидные продукты и намереваются извлекать LiCl (запасы LiCl – 17,5 млн т);

- в Китае промышленные природные воды (особенно рассолы озер) используют для извлечения редких щелочных элементов и бора;

- в Японии для этой же цели используют парогидротермы;

– на территории бывшего СССР йод из природных вод добывали на следующих заводах: Бакинском йодном, Ново-Нефтечалинском йодобромном (Азербайджан), Челекенском химическом, Небид-Дагском йодном (Туркмения), Троицком йодном и Уральском ПО «Галоген» (Россия) [11–14].

Из редких металлов к широко используемым относится литий. Идентифицированные сырьевые ресурсы лития в мире оцениваются в 13 млн. т при объеме мирового потребления ≈ 65 тыс. т. При этом 22 % подтвержденных запасов лития сосредоточены в пегматитовых рудах, а 78 % – в различных видах гидроминерального сырья. Открытие и разработка в 90-х годах прошлого века богатейшего месторождения литиевой рапы в Чили произвели коренной переворот на рынке литиевой продукции. Подземные рассолы становятся во всем мире доминирующим сырьем для производства Li_2CO_3 из-за более низких издержек по сравнению с его получением из твердой руды [1].

Кондиционными считаются воды, содержание элементов в которых превышает (в мг/дм³): брома – 200, йода – 10, бора – 100, лития – 10, рубидия – 3, цезия – 0,5, калия – 1000, стронция – 300 [15]. Промышленные воды называют «жидкой рудой». Это новый вид нетрадиционного и комплексного минерального сырья, промышленное значение которого в полной мере пока трудно оценить. Особенно велико значение «жидких руд» для получения редких металлов (лития, рубидия, стронция, цезия и др.). В Казахстане имеются три перспективные провинции промышленных подземных вод: Прикаспийская, Мангышлак-Устюртская, Шу-Сарысузская.

Попутные пластовые воды, вскрывающиеся при отработке месторождений нефти и газа, также являются гидроминеральным сырьем для получения промышленной продукции, которое, как правило, не используется, изливается или сбрасывается на поверхность, либо закачивается в подземные горизонты. Лабораторией промышленных и геотермальных вод (заведующий канд. геол.-минерал. наук С.М. Кан) по проекту № 0843/ГФ4 «Оценка перспектив освоения попутных пластовых рассолов месторождений нефти и газа Казахстана в качестве гидроминерального сырья» в 2015–2017 гг. осуществлена опытная реализация технологического решения по комплексной переработке пластовых рассолов и разработана технологическая схема извлечения лития и магния из попутных пластовых рассолов на месторождениях Асар, Бектурлы, Южный Жетыбай с учетом их комплексной и экологически безопасной переработки.

На основании анализа исходных пластовых растворов и известных методов получения соединений из гидроминерального сырья выявлены возможности и условия переработки и извлечения содержащихся в них полезных компонентов. Установлены основные характеристики пластовой воды, выбранной как перспективной для извлечения соединений Li и Mg.

Для извлечения лития и его соединений из попутных пластовых рассолов наибольший интерес представляют перспективные площади Южно-Мангышлак-Устюртской области промышленных вод (месторождения Асар, Бектурлы, Южный Жетыбай). В соответствии с планом опытной реализации технологических решений по комплексной переработке пластовых рассолов были отобраны две партии пластовых рассолов на станции сепарации ЦППН Мангышлак. Общий объем проб составил 435 дм³. Получено Li_2CO_3 , карбонат лития – 14,4 г и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ гидроксид магния – 1 200 г.

Базовыми принципами для переработки имеющегося сырья приняты технологичные и простые способы извлечения основных перспективных компонентов, на основе которых разработана технологическая схема извлечения из пластовой воды лития и магния с последующей переработкой до товарной продукции: для лития – Li_2CO_3 , для магния – MgO. Коммерческая привлекательность технологии заключается в обосновании перспектив хозяйственного освоения промышленных подземных вод на основе оценки их эксплуатационных запасов и технико-

экономических показателей эксплуатации, обоснованных параметров кондиций и рациональных схем комплексного использования с учетом требований экологической безопасности.

Методы и материалы: Проведен сбор, анализ и обобщение материалов по опробованию пластовых рассолов месторождений нефти и газа, данных режимных наблюдений за гидродинамическими и гидрогеохимическими показателями пластовых рассолов;

- продолжены наземные региональные гидрогеологические и гидрогеохимические полевые исследования с опробованием скважин и проведением химико-аналитических исследований пластовых рассолов, опробованием пластовых рассолов, отбором технологических проб на перспективных площадях;

- проведена оценка основных гидрогеологических и гидрогеохимических параметров пластовых водоносных систем, оценка их прогнозных эксплуатационных ресурсов и запасов кондиционных промышленных компонентов и соединений аналитическими методами и методами математического моделирования;

- начата геолого-экономическая оценка практически значимых промышленных вод, обоснование параметров кондиций, направлений и технико-экономических показателей их освоения.

Результаты. Добыча и переработка промышленных вод, благодаря быстрой окупаемости капитальных вложений, модульности установок, высокой эффективности извлечения ценных компонентов из пластовых рассолов, возможности закачки отработанных очищенных рассолов в продуктивный пласт и высокой рентабельности производства (цена цезия 35–38 USD/кг, лития (ЛЭ-1) – 159 USD/кг, рубидия (99,9 %) – 55-60 USD/г, органического брома – 3–10,5 USD/кг), может стать дополнительным финансовым источником при освоении месторождений нефти и газа (таблица).

Рыночная стоимость полезных компонентов

Наименование	Ед. изм.	Стоимость	Стоимость, тенге
Карбонат лития	тонна	17 000 долл.	5 780 000
Стронций углекислый	кг	0,8 долл.	260
Хлорид калия	тонна	300 долл.	97 500
Цезий	г	38 долл.	12 350
Рубидий	г	58 долл.	13 000
Йод кристаллический	кг	56,96 долл.	18 500
Бром технический	тонна	700–1000 долл.	325 000
Борная кислота	кг	20–87,42 руб.	400
Карбид бора	кг	1,85 руб.	600

Промышленное освоение уникальных пластовых рассолов целесообразно осуществлять в комплексе с освоением ресурсов углеводородного сырья. Добыча и переработка рассолов, благодаря быстрой окупаемости капитальных вложений и высокой рентабельности производства, может стать дополнительным источником инвестиций в освоение месторождения нефти и газа. Основными исходными показателями являются производительность промысла, расчетный срок эксплуатации, содержание полезных компонентов, их запасы и коэффициенты извлечения. Они определяются в результате поисковых и разведочных работ и технологических исследований. Цена единицы продукции принимается на основании действующих рыночных цен.

При применении различных технологий извлечения ценных компонентов из пластовых рассолов попутно решается ряд экологических задач. При размещении рассолопромыслов непосредственно на промыслах нефти и газа или вблизи от них появляется возможность при-

нимать на переработку попутные рассолы, которые неизбежно поступают из нефтегазодобывающих скважин и трудно поддаются наземной очистке (они подлежат подземному захоронению или обратной закачке в нефтегазоносные пласты при искусственном заводнении залежей). Обоюдный интерес такой кооперации очевиден: нефтегазодобытчики избавляются от дорогостоящей утилизации попутных рассолов, а химическое производство получает дополнительный объем рассолов для переработки.

Выводы. Проведенные работы позволили сделать вывод о широком распространении пластовых вод, которые могут использоваться в качестве источника гидроминерального сырья, а переработка попутно добываемых пластовых рассолов, особенно на месторождениях с нерентабельной добычей нефти, даст возможность снизить стоимость добычи нефти за счет дополнительного получения товарной продукции, и, как следствие, сохранить имеющуюся инфраструктуру нефтепромыслов и рабочие места. Организация производства неорганической продукции на нефтепромыслах обеспечена запасом сырья и наличием промышленных технологий, т.е. комплексное освоение нефтяных месторождений — это реальность.

Литература

1. Pacific Lithium. URL: <http://www.Pacificlithium.com/technology/associations.html>.
2. Алешин Г.Н., Самедов Ф.И., Мир-Бабаев М.Ф., Камьянов В.Ф. Микроэлементный состав высокомолекулярных компонентов нефтей и нефтяных остатков Азербайджана // Нефтехимия. 1990. С. 175–183.
3. Батуева И.Ю., Гайле А.А., Поконова Ю.В. и др. Химия нефти. Л. : Химия, 1984. 360 с.
4. Бухбиндер Г.Л., Шабанова Л.Н., Гильберт Э.Н. Определение микроэлементов в нефти атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой // Журн. аналит. химии. 1988. № 7. С. 1323–1328.
5. Дияров И.Н., Батуева И.Ю., Садыков А.Н., Солодова Н.Л. Химия нефти. Руководство к лабораторным занятиям. Л. : Химия, 1990. 240 с.
6. Колодяжный А.В., Ковальчук Т.Н., Коровин Ю.В., Антонович В.П. Определение микроэлементного состава нефтей и нефтепродуктов. Состояние и проблемы // Журн. Методы и объекты химического анализа. 2006. Т. 1, № 2. С. 90–104.
7. Надиров Н.К., Котова А.В., Камьянов В.Ф. Металлы в нефтях. Алма-Ата : Наука, 1984. 448 с.
8. Извлечение микрокомпонентов из попутно добываемых вод нефтяных месторождений (на примере южной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции) / В.И. Литвиненко, Т.Д. Ланина, А.И. Овчинников и др. // Нефтяное хозяйство. 1991. № 3. С. 15–17.
9. Литвиненко В.И. Комплексное использование попутно добываемых и пластовых вод Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции как гидроминерального сырья // Нефтяное Хозяйство. 1990. № 11. С. 72–74.
10. Капченко Л.Н. Процессы и закономерности накопления микроэлементов в подземных рассолах палеозоя Тимано-Печорской провинции // Всесоюзн. совещание «Комплексное использование попутных и пластовых вод нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в качестве гидроминерального сырья». Ухта, 1990. С. 3–5.
11. Зелинская Е.В., Воронина Е.Ю. Теоретические аспекты использования гидроминерального сырья. М.: Изд-во «Академия Естествознания», 2009. 118 с.
12. Современное состояние освоения гидроминеральных ресурсов в качестве сырьевого источника редких элементов в СССР и за рубежом / И.А. Клименко, С.А. Медведев, Ст.А. Медведев, М.В. Терентьева. М. : ИЭМС. 1983. 37 с.
13. Groundwater resources of the world and their use / IHP-VI, SERIES ON GROUNDWATER NO. 6. UNESCO, 2004. P. 299–309.
14. Рябцев А.Д. Гидроминеральное сырье неисчерпаемый источник лития в XXI веке // Изв. ТПУ. 2004. Т. 307, № 7. С. 64–70.
15. Леонов С.Б., Зелинская Е.В., Горбунова О.И. Гидроминеральное сырье и проблемы его переработки. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1999. 120 с.