УДК 553.04

А.А. Гудкова
Тюменский нефтяной научный центр[1]
специалист
aagudkova2@tnnc.rosneft.ru

Е.А. Савельев
Тюменский нефтяной научный центр[1]
главный специалист
easavelyev@tnnc.rosneft.ru

В.В. Касаткин
Тюменский нефтяной научный центр[1]
управление по подсчету запасов и геологическому моделированию
заместитель начальника
VKasatkin@tnnc.rosneft.ru

И.Ю. Белкин
Тюменский нефтяной научный центр[1]
начальник отдела подсчета запасов подземных вод
iybelkin@tnnc.rosneft.ru

Актуальные вопросы освоения гидроминерального сырья в качестве попутно добываемого полезного ископаемого при разработке нефтяных месторождений

[1]Россия, 625002, Тюмень, ул. Осипенко 79/1.

В современном мире высокотехнологичные производства являются основой устойчивого развития экономики, роста экспорта и благосостояния населения. Сложные процессы и оборудование требуют использования редких элементов, содержащихся в гидроминеральном сырье, добыча которого в РФ не ведется, что повышает импортозависимость и обуславливает риски получения низкосортного сырья. В статье рассматривается перспективный подход к импортозамещению гидроминерального сырья за счет добычи его в качестве попутного полезного ископаемого при разработке месторождений УВС. Рассмотрен ряд первоочередных нормативных и технологических аспектов реализации данного подхода

Ключевые слова: гидроминеральное сырье; литий; цезий; германий; УВС; минерализация; нефтяное месторождение

Основным источником устойчивого экономического развития Российской Федерации является эффективная реализация богатой минерально-сырьевой базы. В последнее десятилетие наряду с энергоносителями высокую актуальность для экспорта и внутреннего потребления приобретают сопутствующие энергетике и высокотехнологическим производствам элементы: литий, цезий, стронций, промышленная концентрация которых присуща гидроминеральному сырью (ГМС).

По объему запасов данного сырья Россия занимает одно из ведущих мест в мире, однако его добыча не ведется. Часть ценных компонентов добывалась горнорудным путем, но в связи с распадом СССР и экономическим кризисом производство остановилось, и восстанавливать его нецелесообразно. В связи с этим вместо экспорта Россия вынуждена закупать перечисленные элементы на внешнем рынке.

Наибольшим потенциалом для извлечения гидроминерального сырья обладают крепкие рассолы, распространенные в карбонатно-галогенных отложениях Восточной Сибири в интервале глубин от 300–500 до 1000 м. Вторыми по концентрации полезных веществ являются высокоминерализованные пластовые воды нефтяных коллекторов, распространенные также в Западной Сибири, Кавказе, на юге европейской части России (***рис. 1***).

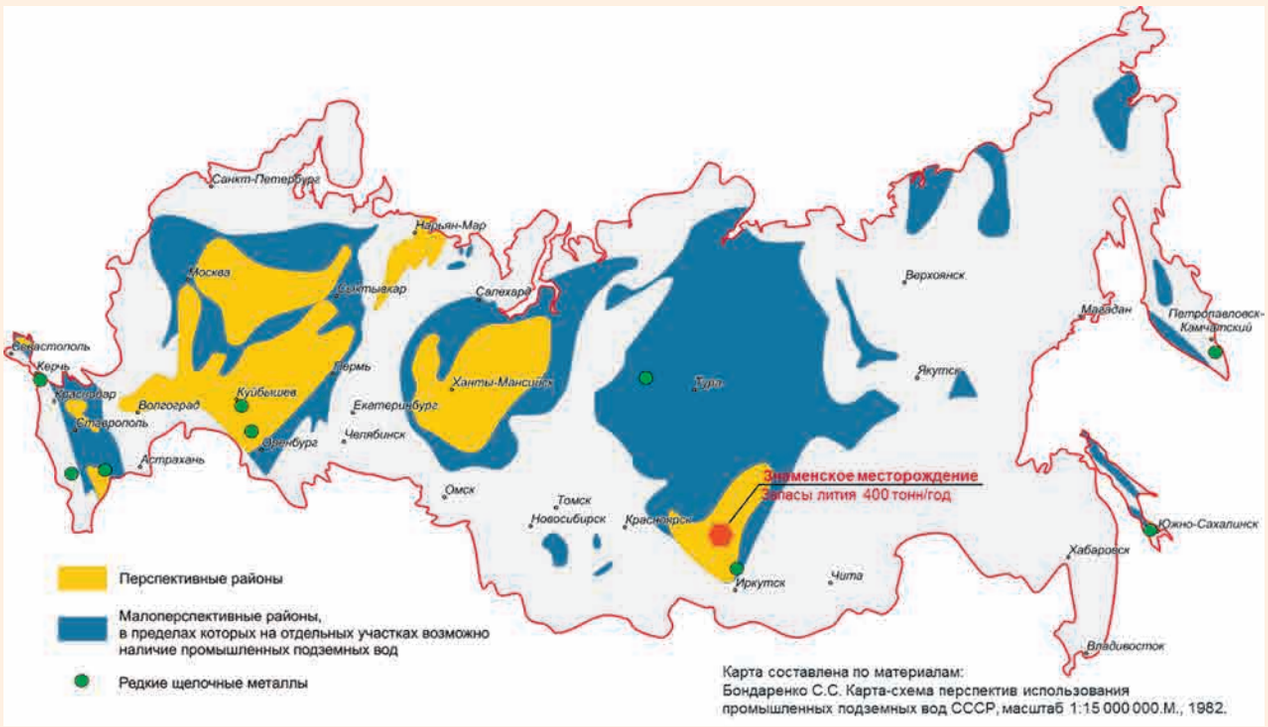
На сегодняшний день государственная программа ГРР не ориентирована на поиск и разведку месторождений ГМС, в связи с чем наблюдается существенный дефицит данных о содержании лития и редкоземельных металлов в подземных водах РФ.

На данном основании в 2018 г. Министерством промышленности РФ направлено обращение к ПАО «НК Роснефть» об оценке потенциала месторождений компании для добычи литийгидроминерального сырья из попутно добываемых подземных вод. Однако литий, как и другие ценные составляющие ГМС, не входят в состав определяемых компонентов в пластовых и нагнетаемых подземных вод согласно действующим отраслевым стандартам [5], что существенно снижает информативность корпоративных данных относительно запроса МПР РФ.

Сложившаяся ситуация указывает на необходимость законодательной корректировки действующих нормативов, что позволит актуализировать и уточнить перспективы извлечения лития и сопутствующих редкоземельных металлов на государственном уровне.

Работы по данному направлению начались в ПАО «НК Роснефть» с 2019 г. Разработка новых регламентов ОСТ, с включением компонентов ГМС, в первую очередь ориентирована на оптимизацию и расширение определяемых компонентов агента заводнения для получения возможности оперативного прогноза влияния

Рис. 1.
Районы распространения ГМС



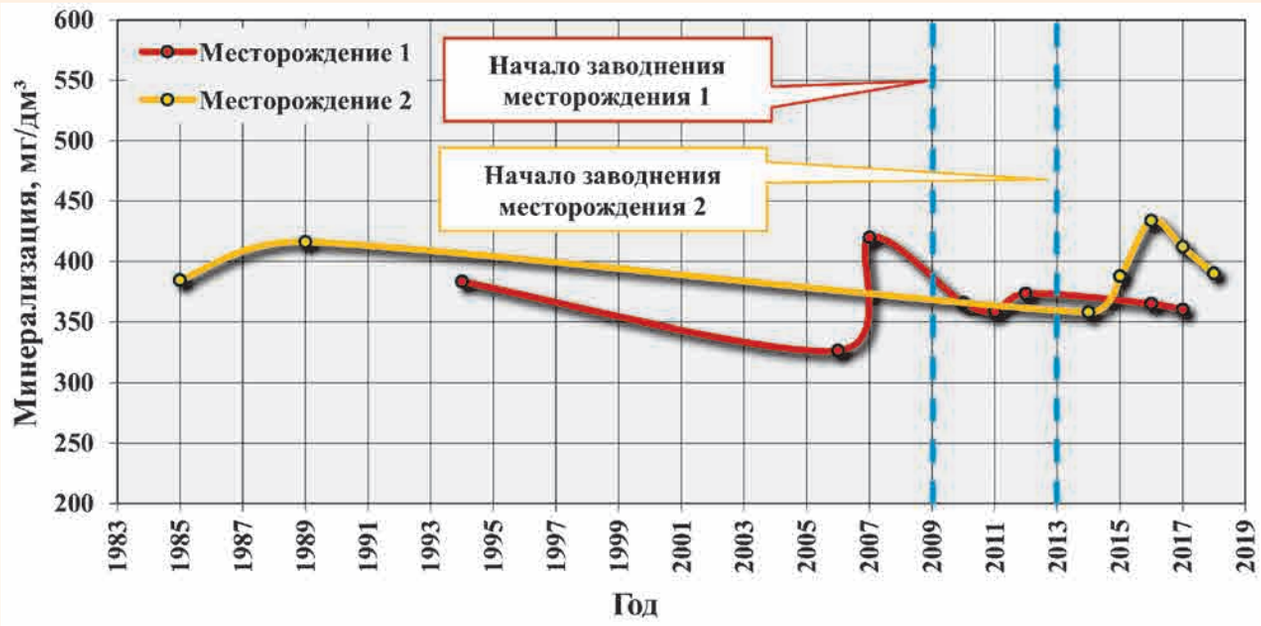


Рис. 2.
График изменения минерализации на месторождениях Восточной Сибири

на свойства пласта-коллектора. Составление документов совместно с другими ведущими компаниями отрасли ожидаются в 2020–2021 гг.

Одним из наиболее перспективных вариантов добычи ГМС является извлечение из попутных (пластовых и подтоварных) подземных вод при добыче УВС, что повысит эффективность и рентабельность разработки нефтяных месторождений. Однако на текущий момент промышленная реализация данного подхода отсутствует, несмотря на требования федерального законодательства о рациональном использовании недр.

Согласно требованиям п. 5–6 ст. 23 Закона РФ «О недрах», рациональная эксплуатация месторождений должна обеспечивать наиболее полное и комплексное извлечение основного и сопутствующих полезных ископаемых [3].

Подходы к совмещению добычи рассмотрены в «Методических рекомендациях по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», разработанном ФБУ «ГКЗ» в 2007 г. и утвержденных к использованию протоколом МПР России от 03.04.2007 № 11-17/0044-пр. [4].

Принципиальная возможность и целесообразность добычи попутных ПИ из подземных вод нефтяных месторождений может быть определена по результатам предварительной геолого-экономической оценки в проекте временных кондиций, основанной на данных о содержании целевого компонента по разведочным скважинам. Содержание, превышающее для йода – 10 мг/дм³, брома – 200 м/дм³, оксида бора – 250 мг/дм³, магния – 100 г/дм³, калия – 1 г/дм³, лития – 10 мг/дм³, рубидия – 3 мг/дм³, цезия – 0,5 мг/дм³, стронция – 300 мг/дм³, германия – 0,05 мг/дм³, считается промышленным.

Если предварительная оценка показала целесообразность использования попутных ПИ, они разведываются, а их запасы подсчитываются согласно установленным требованиям для данного вида ПИ. Подсчет запасов выполняется совместно с ТЭО постоянных разведочных кондиций, в котором определяется оптимальная технологическая схема извлечения и переработки сырья, рынки сбыта и иные экономически значимые факторы.

При этом в методическом руководстве отмечается: «При разработке залежей нефти с искусственным заводнением запасы содержащихся в подземных водах полезных компонентов не подсчитываются в связи с разубоживающим влиянием закачиваемой воды».

Минерализация пластовых вод месторождений УВС Восточной Сибири составляет от 250 до 600 г/дм³. По опыту их разработки в течение 10 лет с применением системы искусственного заводнения наблюдается сохранение концентрации крепких рассолов в интервалах разрабатываемых залежей, куда поступает от 5 до 20 тыс. м³ пресной либо слабосолоноватой воды ежесуточно, что позволяет ожидать сохранение в пластовых водах промышленных концентраций компонентов ГМС (***рис. 2***).

Таким образом, темпы разубоживания недр, содержащих ГМС, необходимо оценивать с учетом региональных гидрогеологических особенностей и технологических решений применяе-

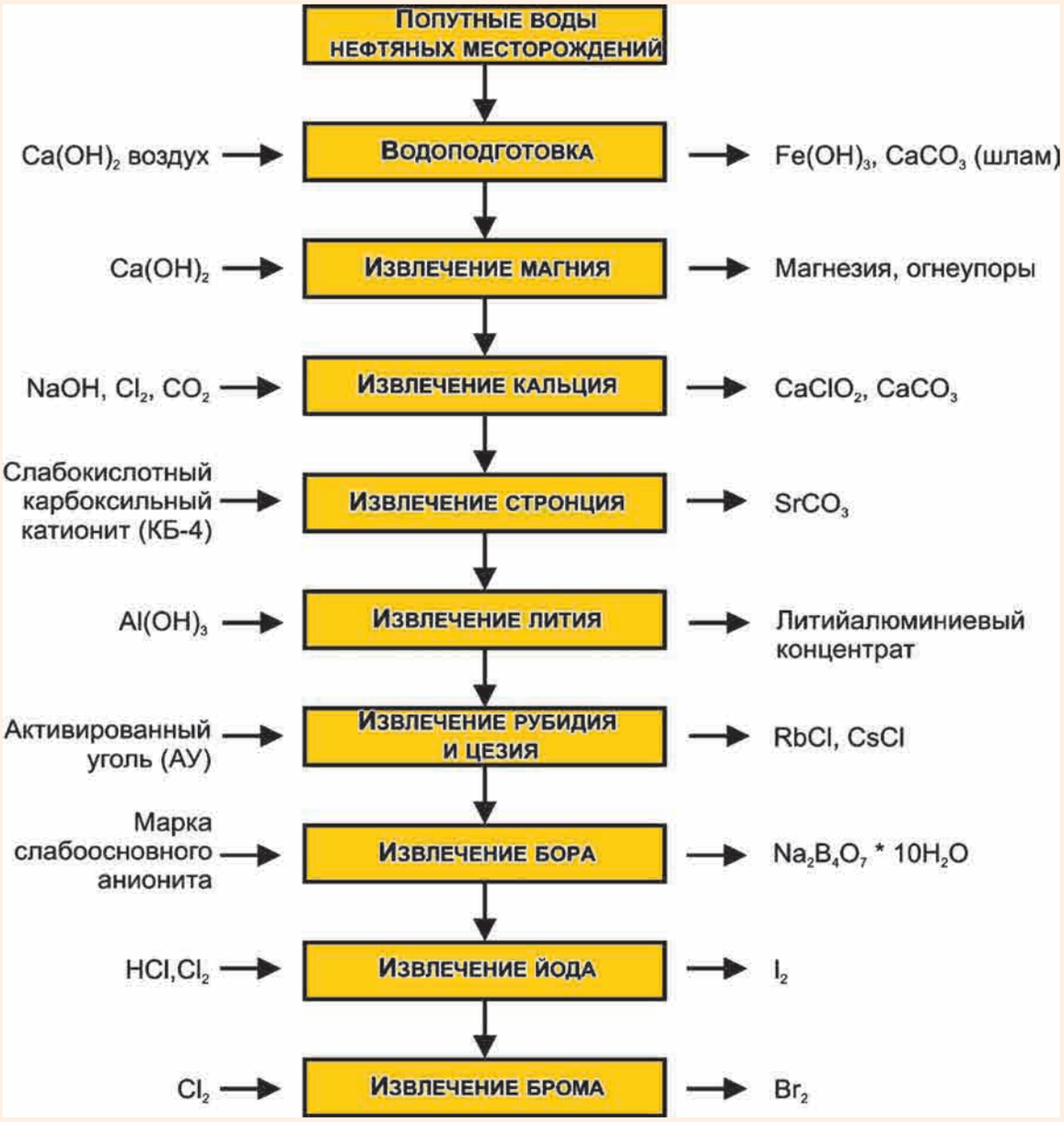


Рис. 3.
Технологическая схема комплексной переработки попутных вод

мых методов заводнения совместно с отбором контрольных проб пластовой воды.

После разработки и утверждения необходимой проектно-технической документации пользователи недр могут обратиться в федеральный орган управления государственным фондом недр или его территориальный орган с заявлением о внесении изменений в лицензию на основной вид деятельности с целью добычи попутных ПИ (п. 12 ст. 22 Закона РФ «О недрах»).

Реализации описанного подхода по извлечению ГМС в качестве попутного ПИ препятствует ряд технических и технологических факторов.

К техническим факторам относится способ извлечения сырья. Поскольку ГМС представляет собой раствор с высокой минерализаций, при его извлечении высока вероятность кристаллизации солей из-за изменения термобарических условий в стволе скважины. Поиск эффективных и экономичных методов защиты от солеотложения является одной из приоритетных направлений развития отрасли.

К ним же относится поиск и апробация оптимального способа переработки ГМС в условиях нефтяного промысла. Технологическая схема по извлечению ГМС должна разрабатываться применимо к условиям каждого месторождения. Экспериментальные исследования по извлечению попутных ПИ были проведены АО «Черногорнефть» на Тюменском месторождении [7].

Исследования по комплексному извлечению компонентов (лития, стронция, солей натрия

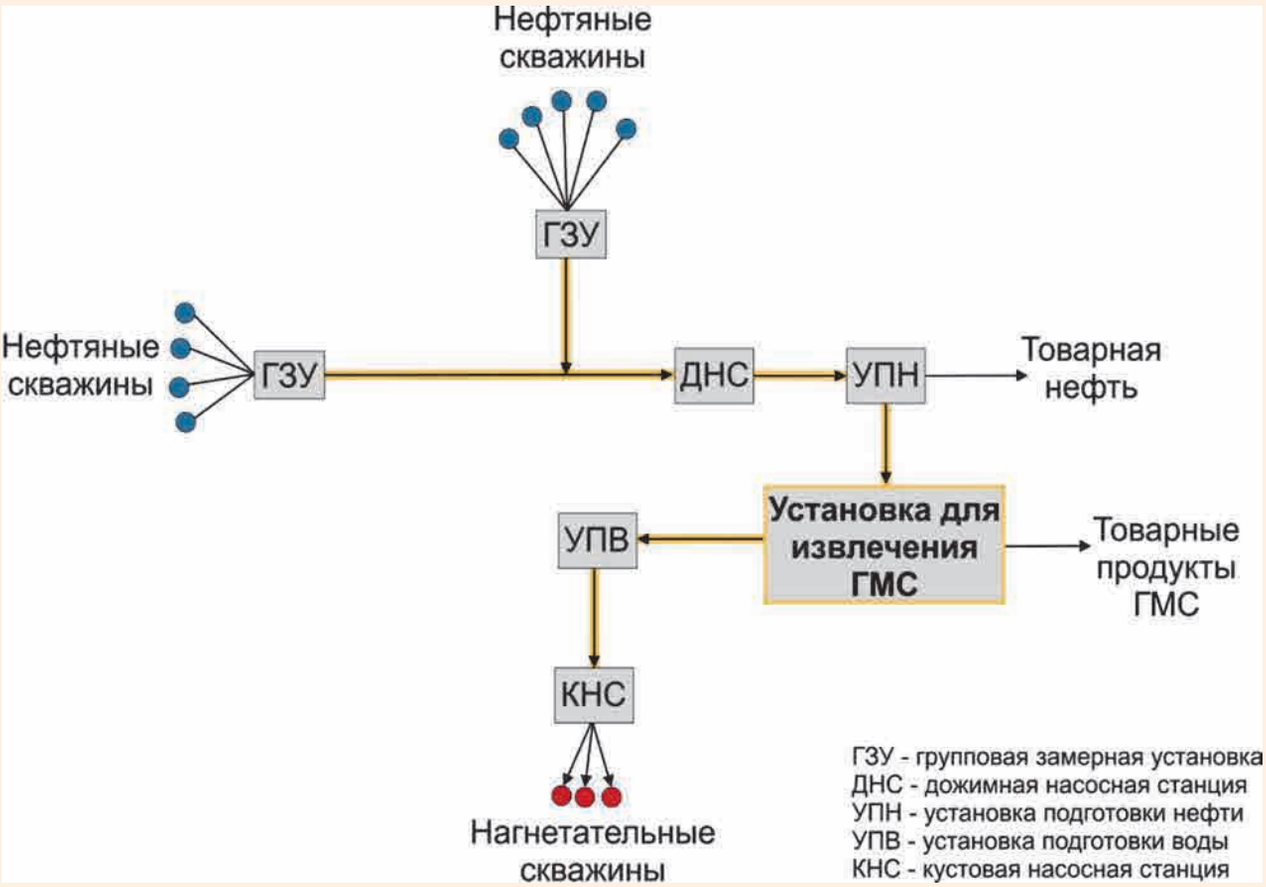


Рис. 4.
Схема обратного вовлечения переработанных стоков в ППД

и калия, брома и йода) проведены методом электродиализного концентрирования-опреснения. Исследования показали высокую эффективность данной методики [1, 7].

Для месторождений Восточного Предкавказья разработана технологическая схема получения практически всех компонентов ГМС [1]. Её сущность представлена на ***рис. 3***. В начале исходные воды отчищают от механических примесей, нефтепродуктов. Затем происходит извлечение каждого компонента по отдельности различными методами.

Минусом технологии является тесная химическая взаимосвязь целевых компонентов: при обработке раствора с целью извлечения отдельного элемента может снизиться концентрация других. Универсального метода комплексного и эффективного извлечения всех ценных компонентов ГМС на сегодняшний день не существует.

Реализация каждого метода предполагает образование отработанных вод, для которых оптимальным решением будет являться обратное вовлечение в ППД с целью создания безотходного технологического цикла, что возможно при условии совместимости отработанных и пластовых вод (***рис. 4***). При низкой совместимости необходима разработка экономически рентабельной технологии по их утилизации.

Выводы

1. Элементы гидроминерального сырья являются высоко востребованными для роста экономики РФ до уровня ведущих стран мира.

2. На государственном уровне необходима разработка и финансирование программы ГРР с целью актуализации и расширения сведений о потенциале российских недр для извлечения ГМС.

3. Метод добычи ГМС как попутного ПИ совместно с УВС является одним из наиболее перспективных благодаря широкой географии распространения нефтяных и газовых месторождений, а также развитой промысловой инфраструктуре.

4. Для реализации данного метода необходимо решить ряд технических и технологических проблем. Юридические ограничения отсутствуют.

5. Добыча и переработка гидроминерального сырья в качестве попутного ПИ позволит значительно повысить эффективность разработки месторождений УВС, обеспечит потребность внутреннего рынка в элементах высокотехнологичных производств, а также создаст условия для их экспорта на мировой рынок.

Литература

1. Алхасов А.Б. Разработка эффективной технологии комплексного освоения высокопараметрических минерализованных гидротермальных ресурсов. Махачкала. 2015. 121 с.
2. Бондаренко С.С. Карта-схема перспектив использования промышленных подземных вод СССР, масштаб 1:15 000 000. М. 1982.
3. Закон РФ от 21.02.1992 № 2395-I «О недрах». Доступно на: https://base.garant.ru/10104313/ (обращение 10.12.2019).
4. Методические рекомендации по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов. М. 2007.
5. ОСТ 39-225-88. Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству (утвержден приказом Министерства нефтяной промышленности от 28.03.1988 № 147). Доступно на: https://base.garant.ru/5369080/ (обращение 10.12.2019).
6. Рябцев А.Д., Цхай А.А., Маликов В.Ф., Титаренко В.И. Патент № 2157347 РФ. Способ получения тампонажных растворов из природных минерализованных вод и установка для его осуществления. Заявлено 21.10.98. Опубликовано 10.10.2000. Бюллетень № 28.
7. Рябцев А.Д. Переработка литиеносного поликомпонентного гидроминерального сырья на основе его обогащения по литию: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Томск. 2011. 42 с.

UDC 553.04

A.A. Gudkova, Specialist, Tyumen Oil Research Center[1], aagudkova2@tnnc.rosneft.ru
E.A. Savelyev, Chief Specialist, Tyumen Oil Research Center[1], easavelyev@tnnc.rosneft.ru
V.V. Kasatkin, Deputy Head of the Department for Resource Counting and Geological Modeling, Tyumen Oil Research Center[1], VKasatkin@tnnc.rosneft.ru
I.Yu. Belkin, Head of Groundwater Reserves Department, Tyumen Oil Research Center[1], iybelkin@tnnc.rosneft.ru

[1]79/1 Osipenko str., Tyumen, 625002, Russia.

Considerations on the Extraction of Hydromineral Raw Materials as Accompanying Mineral in the Development of Oil Fields

Abstract. In the modern world, high–tech industries are the basis for sustainable economic development, export growth and the welfare of the population. Complex processes and equipment require the use of rare elements contained in hydromineral (HM) raw materials that are not mined in the Russian Federation, which increases import dependence and creates risks of low–grade raw materials. The article describes a promising approach to import substitution of hydromineral raw materials through its extraction as an associated mineral in the development of hydrocarbon fields. The article also considers a number of first–priority regulatory and technological aspects supporting the introduction of this approach.

Keywords: hydro–mineral raw materials; lithium; cesium; germanium; hydrocarbons; salinity; oil field.

References

1. Alkhasov A.B. ***Razrabotka effektivnoi tekhnologii kompleksnogo osvoeniia vysokoparametricheskikh mineralizovannykh gidrotermal'nykh resursov*** [Development of an effective technology for the integrated development of highly parametric mineralized hydrothermal resources]. Makhachkala, 2015, 121 p.
2. Bondarenko S.S. ***Karta-skhema perspektiv ispol'zovaniia promyshlennykh podzemnykh vod SSSR, masshtab 1:15 000 000*** [A map of the prospects for the use of industrial groundwater in the USSR, scale 1:15 000 000]. Moscow, 1982.
3. ***Zakon RF ot 21.02.1992 № 2395-I «O nedrakh»*** [The law of the Russian Federation of February 21, 1992 No. 2395-I "On Subsoil"]. Avialable at: https://base.garant.ru/10104313/ (accessed 10 December 2019).
4. ***Metodicheskie rekomendatsii po kompleksnomu izucheniiu mestorozhdenii i podschetu zapasov poputnykh poleznykh iskopaemykh i komponentov*** [Guidelines for the comprehensive study of deposits and the calculation of reserves of associated minerals and components]. Moscow, 2007.
5. ***OST 39-225-88. Voda dlia zavodneniia neftianykh plastov. Trebovaniia k kachestvu (utverzhden prikazom Ministerstva neftianoi promyshlennosti ot 28.03.1988 № 147)*** [OST 39-225-88. Water for flooding oil reservoirs. Quality requirements (approved by order of the Ministry of Oil Industry dated March 28, 1988, No. 147)]. Avialable at: https://base.garant.ru/5369080/ (accessed 10 December 2019).
6. Riabtsev A.D., Tskhai A.A., Malikov V.F., Titarenko V.I. ***Patent № 2157347 RF. Sposob polucheniia tamponazhnykh rastvorov iz prirodnykh mineralizovannykh vod i ustanovka dlia ego osushchestvleniia*** [Patent No. 2157347 of the Russian Federation. A method of obtaining cement slurries from natural mineralized waters and installation for its implementation]. Declared 10/21/98. Published on October 10, 2000. Bulletin no. 28.
7. Riabtsev A.D. ***Pererabotka litienosnogo polikomponentnogo gidromineral'nogo syr'ia na osnove ego obogashcheniia po litiiu*** []. Abstract of a dissertation. Tomsk, 2011, 42 p.