

УДК 553.982:556.3:504.4(517.16)

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
РЕСУРСОВ ПЛАСТОВЫХ ВОД НЕФТЯНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

Н.Е. Зибарева

Томский политехнический университет
E-mail: zibareva88@mail.ru

Зибарева Наталья Евгеньевна,
магистрант кафедры гидрогео-
логии, инженерной геологии и
гидрогеоэкологии Института
природных ресурсов ТПУ.
E-mail: zibareva88@mail.ru
Область научных интересов:
изучение состава пластовых
вод, экологические и техно-
логические аспекты извлечения
компонентов из пластовых вод.

Рассмотрена возможность комплексного извлечения химиче-
ских элементов из пластовых вод нефтяных месторождений.
Приведено обоснование экономической целесообразности
извлечения этих элементов для реализации как на внутрен-
нем, так и на мировом рынках.

Ключевые слова:

Пластовые воды, месторождение нефти, комплексное использование, химические элементы.

Нефть и природные пластовые воды являются неразрывной природной системой. На нефтяных месторождениях пластовые воды используются для технологических нужд – в системах поддержания пластового давления, либо для приготовления буровых растворов и растворов реагентов, а также подземные промышленные воды являются новым источником минерального сырья, способным заменить в ряде случаев традиционные виды такого сырья. Как и другие виды вод, пригодные для использования в народном хозяйстве, они рассматриваются в качестве полезного ископаемого [1]. В условиях изменяющегося экономического уклада России пришло время пересмотреть сложившиеся представления об экономической рентабельности добычи ряда полезных ископаемых. Извлечение компонентов из промышленных вод является одним из наиболее перспективных направлений развития горнорудного комплекса Томской области.

Вопрос о добыче химических элементов из вод имеет длительную историю. Впервые магний из морской воды был получен в 1916 г. в Англии. После второй мировой войны в Англии приступили к извлечению калия из морской воды. В сороковые годы в Японии были разработаны способы извлечения из соляных маточных рассолов лития, рубидия, цезия. Еще в первой четверти прошлого столетия было выдано несколько патентов на извлечение золота из морской воды, но большинство из них оказалось либо технически невыполнимым, либо экономически нерентабельным. В сороковые годы эти работы проводились во Франции, а с 60-х гг. к ним приступили в СНГ. Позже прорабатывались вопросы и были получены патенты на извлечение из вод меди, алюминия, урана, стронция, лития, йода, брома и др. [2].

К настоящему времени экономическая целесообразность извлечения из высокоминерализованных вод йода, брома, лития, бора, цезия, рубидия, магния и др. подтверждена многолетней практикой в ряде экономически развитых стран (США, Японии, ФРГ, Италии, Израиле и др.). Масштабы этой добычи в стоимостном выражении достигают нескольких миллиардов долларов в год. В СНГ из подземных вод добываются в промышленных масштабах только йод и бром на общую сумму порядка 25 млн долларов.

Особенно значима проблема получения ценных компонентов из гидроминерального сырья для России, производящей 14...19 % соответствующей продукции от суммарной производительности стран СНГ. В России также имеется опыт переработки пластовых вод с целью извлечения йода и брома – на Троицком и Пермском химических заводах. При этом стоит отметить, что йод, бром и магний в России являются остродефицитной продукцией. Потребность

в броне по России сохраняется на уровне 51...52 тыс. тонн в год, в кристаллическом йоде – 3000 тонн в год, в оксиде магния – 700 тыс. тонн в год [3].

В последнее десятилетие в Томской области, как и во всей России, нефтегазовый комплекс (НГК) не только обеспечивает экономику важнейшими энергетическими ресурсами, но и является главным донором бюджета и валютных поступлений. Один из путей повышения рентабельности нефтегазодобычи – комплексное использование природных ресурсов. В частности, воды нефтяных месторождений содержат ряд химических элементов, востребованных в народном хозяйстве [4].

Целью данной статьи является обоснование выбора такого направления развития экономики области, как извлечение ряда компонентов (I, Br, Li, Sr и др.) из пластовых вод нефтяных месторождений для их реализации как на внутреннем, так и на мировом рынках.

Томская область – один из ключевых регионов в составе Сибирского Федерального округа (СФО) Российской Федерации. В успешном развитии экономики отдельных регионов и России в целом существенную роль может сыграть комплексное использование минерального состава подземных вод.

В Томской области большие возможности заключаются в извлечении химических элементов из подземных вод нефтегазоносных отложений. В настоящее время в области из глубоких горизонтов ежегодно извлекается 10...12 млн тонн нефти и почти в 3 раза больше попутной воды. Это пластовая вода, контактирующая с залежами углеводородов и содержащая в высоких концентрациях йод, бром, стронций, литий, бор и другие ценные для промышленности элементы.

Как известно, по мере разработки нефтяных месторождений количество добываемых вместе с нефтью пластовых вод увеличивается и на конечной стадии разработки может достигать 95...98 %. В этих водах присутствуют большие концентрации полезных элементов. После отделения от нефти вода снова закачивается в недра для поддержания пластового давления. Однако перед закачкой целесообразно было бы извлечь из воды вышеперечисленные элементы с целью их использования в разных отраслях промышленности.

Развитие такого производства будет иметь огромное значение и в будущем. Так, в связи с полным извлечением нефти на некоторых крупных месторождениях, можно переориентировать население городов и поселков нефтяников на добычу воды и извлечение из нее элементов. Это предотвратит процесс ликвидации инфраструктуры и увольнения работников в связи с закрытием промыслов.

В настоящее время сложилась ситуация, при которой вся система сбора и транспорта нефтей ряда месторождений нестабильна и неустойчива из-за высокой агрессивности среды на всех участках технологических потоков. Рост агрессивности добываемой и транспортируемой воды способствует резкому сокращению фактических сроков службы оборудования и трубопроводов системы нефтесбора и поддержания пластового давления (ППД). Срок службы трубопроводов и резервуаров сократился до 1–2 лет.

Основное загрязнение окружающей среды происходит в результате аварий трубопроводной системы, транспортирующей высокообводненную продукцию (нефтепроводы системы сбора нефти) либо нефтесодержащую пластовую воду (система ППД). В любом случае, рассматриваемая среда представляет собой попутно добываемую пластовую воду с содержанием нефти до 20 %.

Распределение аварийных порывов по причине коррозии следующее: 1986 г. – 88 % порывов; 1996 г. – 99 % порывов. Коррозия обусловлена высокой агрессивностью минерализованных пластовых вод и высокой обводненностью продукции скважин (до 70...80 %). Общее снижение сроков службы нефтепромыслового оборудования и трубопроводов системы нефтесбора месторождений, характеризующихся агрессивностью технологических потоков, «старением» месторождений, показывают, что нефтедобывающий комплекс имеет высокий производственный и экологический риск и, что возможность лавинообразного развития аварий не может быть исключена. Все это делает актуальным снижение экологической опасности попутно добываемых пластовых вод [5].

Состав пластовых вод изучается на основе режимной гидрогеологической сети наблюдений. Помимо анализа примесей органического характера, основного химического состава вод (содержание натрия, калия, кальция, магния, сульфат-, бикарбонат- и хлорид-ионов), определяется содержание йода, брома, бора, лития, рубидия, цезия и стронция. Минимальные промышленные концентрации попутных компонентов в пластовых водах нефтяных месторождений (для отнесения нефтяного месторождения к месторождению гидроминерального сырья) составляют: йод – 10; бром – 200; оксид бора – 250; литий – 10; рубидий – 3,0; цезий – 0,5; стронций – 300 мг/л.

Как отмечается в «Программе и концепции развития нефтяной и газовой промышленности в Томской области на 2001–2005 гг. и период до 2030 г.» к числу базовых отраслей экономики для Томской области на ближайшие десятилетия относятся:

- нефтяная промышленность;
- газовая промышленность;
- воспроизводство минерально-сырьевой базы нефтяной и газовой промышленности;
- нефтехимическая и газохимическая промышленность;
- энергетика;
- информатика и ряд других.

Техническая целесообразность организации попутного извлечения компонентов из вод нефтяных месторождений не вызывает сомнений. Содержание йода и стронция в указанных водах превышает, а содержание брома, бора и лития приближается к кондиции, позволяющей отнести их к категории жидких руд. Запасы компонентов в водах позволяют создать новую отрасль промышленности в области, а использование уже имеющейся инфраструктуры нефтедобывающей отрасли позволяет решить эту проблему достаточно быстро со сравнительно небольшими капитальными затратами. В табл. 1 приведены наиболее высокие содержания микрокомпонентов по некоторым месторождениям Томской области. Высокие концентрации этих элементов в пластовых водах говорят об отнесении месторождений к типу гидроминерального сырья и о возможности комплексного извлечения данных элементов из пластовых вод.

Таблица 1. Наиболее высокие содержания микрокомпонентов в пластовых водах по нефтяным месторождениям Томской области (мг/л) [7]

Элементы	Месторождения		
	Малореченское	Карайское	Шингинское
I	54...60		9,05
Br	до 710	135,7...170	260
Sr	42,3...78,2	22,5...39,7	69,3
Ba		3,3...31,7	

Рассмотрим одно из самых долго разрабатываемых и, соответственно, наиболее обводненных месторождений Томской области. Разрабатываемое с 1985 г. Малореченское месторождение нефти было открыто в 1964 г. По принятому районированию оно относится к Стрежевской группе, входящей в Среднеобскую нефтегазоносную область в составе Нижневартовского нефтегазоносного района (НГР). НГР располагает значительными запасами углеводородов, разработка которых имеет довольно продолжительный срок. Месторождение расположено у северо-западной границы Томской области, на территории Александровского административного района.

Месторождение расположено в пределах Западно-Сибирской платформы, фундамент которой сложен интенсивно дислоцированными палеозойскими отложениями, повсеместно перекрытыми чехлом рыхлых морских и континентальных мезо-кайнозойских пород. Юрская система (J) на участке месторождения объединяет отложения среднего (тюменская) и нерасчлененного средне-верхнего (васюганская, георгиевская свиты) отделов. Тюменская свита (J_2tm) с размывом залегает на палеозойском фундаменте. Свита представлена частым переслаиванием песчаников, алевролитов, аргиллитов с включениями растительного детрита, углистого матери-

ала и пирита. Песчаники серые, мелко-, среднезернистые, полимиктовые и полевошпатово-кварцевые, алевролиты тёмно-серые с включениями углистых остатков и с прослоями угля. В кровле свиты прослеживается песчаный пласт ($Ю_2$) мощностью 13...17 м. Мощность вскрытой толщи варьирует от 64 м до 130 м. Возраст свиты определен на основании анализа спорово-пыльцевых комплексов. Васюганская свита (J_2 *svs*) трансгрессивно залегает на отложениях тюменской свиты и представлена осадками келловей-оксфордского возраста морских и прибрежно-морских фаций. В пределах свиты выделяется две пачки: верхняя – песчаный пласт ($Ю_1$) и нижняя – глинистая [7].

Пласт $Ю_1$ – основной регионально распространенный нефтесодержащий пласт. На Малореченском месторождении он вскрыт на глубине 2438...2502 м. Представляет собой выдержанный песчано-алевритовый пласт, который, в свою очередь, делится на два пропластка: верхний $Ю_1^1$, мощностью от 2,2 до 29 м и нижний $Ю_1^2$, мощностью от 6,3 до 26,8 м. Пласты-коллекторы хорошо разделяются между собой глинисто-аргиллитовым прослоем. Общая мощность отложений составляет около 65 м. Возраст отложений свиты обоснован находками аммонитов.

Технологическое водоснабжение систем ППД нефтяных месторождений за счет соленых вод апт-сеноманского водоносного комплекса давно считается наиболее целесообразным как экономически, так и по техническим показателям. На начальной стадии освоения месторождения соленые воды апт-сеноманского водоносного комплекса являлись основным компонентом закачки в нефтяные пласты. В процессе развития промысла закономерно возрастало количество подтоварных вод, требующих утилизации. Со временем удельный вес этих вод в составе закачиваемой смеси так же увеличивается.

Химический состав вод изучен на стадии разведочного бурения по результатам анализа проб пластовой воды из горизонта $Ю_1^2$ и $Ю_1^1$. Воды нейтральные, иногда слабокислые, хлоридно-натриевые, рассольные. Минерализация вод увеличивается с глубиной и составляет в верхнем ($Ю_1^2$) – 36,8 г/л и в нижнем горизонте ($Ю_1^1$) – 40,5 г/л. В среднем минерализация составляет 38,5 г/л. Содержание таких микрокомпонентов как йод составляет 17 мг/л, бром – 85 мг/л и кремний – 9 мг/л (табл. 2).

Таблица 2. Средние содержания макро- и микрокомпонентов в пластовых водах горизонта $Ю_1$ [7]

pH	Минерализация, г/л	Макрокомпоненты, мг/л							Микрокомпоненты, мг/л			Жесткость общая, мг-экв/л
		Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺⁺ K ⁺	Fe общее	Si	I	Br	
7,1	38,5	22446	14	645	1375	246	12766	2,9	9,06	17	85,4	77,8

В подземных водах Малореченского месторождения отмечены высокие концентрации стронция: в пласте $Ю_1^1$ – 350...500 мг/л, в пласте $Ю_1^2$ – 700...775 мг/л. По существующим условиям воды соответствуют промышленным по йоду (более 10 мг/л) и стронцию [7, 8].

Анализ технико-экономических условий эксплуатации Малореченского месторождения показал, что попутное извлечение какого-либо одного элемента из подземных вод нецелесообразно, в связи с малыми объемами добычи и недостаточной рентабельностью, поэтому здесь можно рассматривать только комплексное извлечение вышеприведенных элементов. Возможность комплексного извлечения данных элементов подтверждается высокими их концентрациями в пластовых водах.

Предварительная оценка рынка позволяет говорить о том, что продукция пользуется спросом в Томской области и других регионах Сибири. Кроме того, при нефтедобыче для технологических целей используется значительное количество хлорида натрия. Регионы Сибири потребляют указанную продукцию практически в таких же количествах. В настоящее время практически все сырье поступает из стран дальнего и ближнего зарубежья [9].

Выводы

Извлекаемые компоненты станут сырьевой базой для развития нефтехимической, металлургической, химической и других отраслей промышленности. Производимая продукция будет востребована как в Томской области, так и за ее пределами. Создание новой отрасли промышленности приведет к:

1. Улучшению решения социальных проблем региона: новые рабочие места в нефтедобывающих районах области, где наблюдается избыток рабочей силы; возможность новых финансовых поступлений.
2. Расширению возможности бальнеологического использования вод и т. д. (при достаточной концентрации определенных компонентов).
3. Улучшению качества вод, используемых для системы поддержания пластового давления, в результате чего будет уменьшаться негативное воздействие на окружающую среду; предупреждение загрязнения поверхностных и подземных вод районов нефтедобычи.
4. Снижению себестоимости добываемой нефти за счет прибыли при комплексном использовании вод нефтяных месторождений от попутного извлечения компонентов из вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвиненко В.И., Цхадая Н.Д., Волков В.Н. Эколого-технологические основы комплексного использования пластовых вод нефтяных месторождений. – Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2001. – 59 с.
2. Меро Дж. Минеральные богатства океана. – М.: Прогресс, 1969. – 440 с.
3. Маркетинговые исследования рынка оборудования для утилизации пластовых вод // Маркетинговые исследования Research. Techart. 2011. URL: <http://www.research-techart.ru/report/produced-water-utilization.htm> (дата обращения: 23.10.2011).
4. Ростовцев В.Н., Янковский В.В. Промышленная политика региональной власти в вопросах недропользования // Вестник Российской академии естественных наук. (Западно-Сибирское отделение). – 1999. – В. 2. – С. 32–35.
5. Букаты М.Б., Силкина Т.Н., Иванов В.Г., Костюченко С.В. Анализ заводнения нефтяных залежей по гидрогеохимическим данным // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Т. 305. – № 8. – С. 192–200.
6. Конторович А.Э., Кресс В.М., Белозеров В.Б., Иванов И.А., Янковский В.В. и др. Программа и концепция развития нефтяной и газовой промышленности в Томской области на 2001–2005 гг. и период до 2030 г. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 86 с.
7. Ламинский А.И., Четвергов Д.Н. Подсчет эксплуатационных запасов подземных вод аптсеноманских отложений на Лонтын-Яхском, Западно-Останинском, Малореченском нефтяных месторождениях (Томская область). – Томск: ОАО «Томскгеомониторинг», 2006. – 81 с.
8. Назаров А.Д. Нефтегазовая гидрогеохимия юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. – М.: Идея-Пресс, 2004. – 288 с.
9. Янковский В.В. Промышленные воды нефтегазодобывающих районов Томской области как ресурсная база формирования новой отрасли горнодобывающей промышленности // Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевого комплекса и производительных сил Томской области: Материалы научно-практ. конф. – Томск, 2002. – Т. 1. – С. 111–112.

Поступила 29.11.2011 г.