

степени насыщения карбонатными минералами большое значение имеет точность определения величины рН. Щелочная реакция среды способствует увеличению угрозы выпадения карбонатных минералов.

В большинстве случаев опыт использования закачиваемых вод артезианских скважин показывает отсутствие проблем солеотложений в пласте, на подземном оборудовании и в стволах скважин.

Л и т е р а т у р а

1. Изучение условий образования и разработка способов предупреждения солевых отложений на насосном оборудовании при добыче нефти из обводнившихся залежей с высокой минерализацией пластовых и попутных вод на нефтяных месторождениях РУП «ПО «Белоруснефть»: отчет о НИР (заключ.) / БелНИПИнефть; рук. темы В. В. Коцур. – Гомель, 2012. – 128 с.
2. СТП 09100.17015.043–2012. Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству / РУП «ПО «Белоруснефть». – Гомель, 2012. – 25 с.

УДК 556.314:662.276

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЙОДА И БРОМА В ПОПУТНЫХ ВОДАХ БЕРЕЗИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

С. Л. Порошина, Т. В. Атвиновская

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Предложен новый методический подход по оценке процесса разубоживания попутных вод нефтяных месторождений Беларуси при их использовании в качестве гидроминерального сырья. Полученные расчеты показали, что за десятилетний период произойдет снижение концентраций брома и йода в попутных водах залежи III блока Березинского месторождения на 4 и 9 % соответственно.

Ключевые слова: гидроминеральное сырье, процесс разубоживания, йод, бром, засоленные коллекторы, попутные воды.

ASSESSMENT OF CHANGES IN THE CONCENTRATIONS OF IODINE AND BROMINE IN THE ASSOCIATED WATERS OF THE BEREZINSKY FIELD WHEN THEY ARE USED AS HYDROMINERAL FEEDSTOCK

S. L. Poroshina, T. V. Atvinovskaya

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

A new methodological approach is proposed for assessing the process of dilution of associated waters of oil fields in Belarus when they are used as hydromineral raw materials. The obtained calculations showed that over a ten-year period there will be a decrease in the concentrations of bromine and iodine in the associated waters of the deposit of block III of the Berezinsky field by 4% and 9%, respectively.

Keywords: hydromineral feedstock, dilution process, iodine, bromine, saline reservoirs, associated waters.

Одна из наиболее сложных задач, связанных с оценкой ресурсной базы промышленно ценных элементов при использовании попутных вод нефтяных месторождений в качестве гидроминерального сырья, состоит в необходимости учета процесса их разубоживания при закачке в продуктивные пласты добытых вод после извлечения из них конкретных компонентов. Эти сложности обусловлены, прежде всего, необходимостью учета геологических особенностей строения месторождений, применяемых систем их разработки и технологий добычи углеводородного сырья. В связи с этим до настоящего времени не существует регламентирующих методических документов, пригодных для любого нефтедобывающего региона и любой нефтяной залежи по оценке влияния процесса разубоживания попутно добываемых совместно с нефтью вод на изменение концентраций конкретных полезных компонентов.

Большинство нефтяных месторождений Припятского прогиба размещается в засоленных природных резервуарах. Для поддержания пластового давления в этих месторождениях в продуктивные пласты закачиваются пресные и соленые (с невысокой минерализацией по сравнению с пластовыми рассолами) воды, которые обогащаются в пластовых условиях большим количеством хлорида натрия [1]. Таким образом, плотность и общая минерализация попутно добываемых с нефтью вод белорусских месторождений формируются не только за счет смешения закачиваемых вод с пластовыми рассолами, но и за счет растворения находящихся в продуктивных пластах галитовых включений. Поэтому для корректного решения стоящей задачи по сведениям об общей минерализации нефтепромысловых вод следует знать ту ее часть, которая сформирована за счет растворенного галита. Эту задачу можно решать предложенными ранее гидрохимическими методами.

Анализ существующих гидрохимических методов прогноза разубоживания попутно добываемых с нефтью вод для месторождений с засоленными коллекторами свидетельствует, что наиболее сложная их часть связана с корректным определением долевого участия пластовых и закачиваемых вод в попутных рассолах. Для решения данной задачи нами было предложено использовать суммарное содержание ионов кальция и магния [2]. В таком случае определить долю закачиваемых вод в попутно добываемых рассолах можно по следующей формуле:

$$X = \frac{(Ca + Mg)_{пл} - (Ca + Mg)_{поп}}{(Ca + Mg)_{пл} - (Ca + Mg)_з},$$

где $(Ca + Mg)_{пл}$, $(Ca + Mg)_{поп}$, $(Ca + Mg)_з$ – суммарное содержание ионов кальция и магния в пластовой, попутной и закачиваемой воде, мг/л.

Еще одной причиной, осложняющей использование в качестве индикатора смешения плотности и общей минерализации пластовых, закачиваемых и попутных вод, является применяющаяся на большинстве добывающих скважин технология предупреждения и борьбы с отложением хлоридных солей. Заключается она в постоянно проводимых подливах пресных вод в скважины, что приводит к существенному снижению общей минерализации попутно добываемых вод. Учесть такое влияние можно, применяя гидрохимический подход, разработанный в последние годы в ГГТУ им. П. О. Сухого [2, 3], суть которого сводится к оценке представительности данных и учете степени влияния технологических обработок на химический состав попутно добываемых с нефтью вод.

Обобщая вышеизложенное, следует еще раз отметить, что корректных методических разработок по оценке процесса разубоживания попутных вод нефтяных ме-

стороздений Беларуси при их использовании в качестве минерального сырья до настоящего времени не существует. В связи с этим авторами предпринята попытка решить данную задачу с помощью гидрохимических сведений, что демонстрируется ниже на примере Березинского месторождения нефти.

Березинское месторождение открыто в 1975 г. скважиной 3. В апреле 1977 г. оно введено в пробную эксплуатацию, а в мае 1981 г. – в промышленную разработку. По кровле межсолевых отложений III блок месторождения представляет собой антиклинальную складку, ограниченную со всех сторон разрывными нарушениями. Основные запасы нефти (более 80 %) Березинского месторождения приурочены к залежи этого блока. Залежь массивная, сводовая, тектонически-ограниченная. Она находится на четвертой стадии разработки, характеризующейся постепенным снижением добычи нефти при продолжающемся увеличении обводненности продукции. Пластовое давление в залежи поддерживается посредством закачки в продуктивные пласты пресных вод. Пластовые воды представлены крепкими рассолами хлоркальциевого типа с общей минерализацией около 355 г/л.

Авторы предлагаемого методического подхода по оценке интенсивности разубоживания гидроминерального сырья при извлечении промышленно ценных компонентов из попутно добываемых с нефтью вод и закачки этих вод в систему ППД исходят из того, что концентрации промышленно ценных компонентов в пластовых водах остаются практически неизменными [4]. Поэтому, зная доленое участие пластовых рассолов в попутно добываемых водах, мы можем оценить нижний предел содержащихся в них компонентов на весь период разработки залежей. Эта величина может изменяться лишь при изменении показателя, отражающего долю пластовых рассолов в попутно добываемых водах. Поэтому первоочередной задачей проводимых исследований является прогноз величины данного показателя по конкретным залежам на период работы предприятия по переработке гидроминерального сырья. В дальнейшем решается задача по разбавлению оставшейся в залежи смеси пластовых и закачанных ранее вод отработанными водами после извлечения из них ценных компонентов с использованием формулы А. Р. Ахундова и Ш. Ф. Мехтиева [5].

Проведенные в соответствии с изложенным методическим подходом расчеты по оценке изменения концентраций полезных компонентов использовали обобщенную зависимость изменения величины доленого участия пластовых рассолов в попутно добываемых водах ($1 - X$) для всех скважин Березинского месторождения (рис. 1). Результаты этих расчетов приведены в таблице.

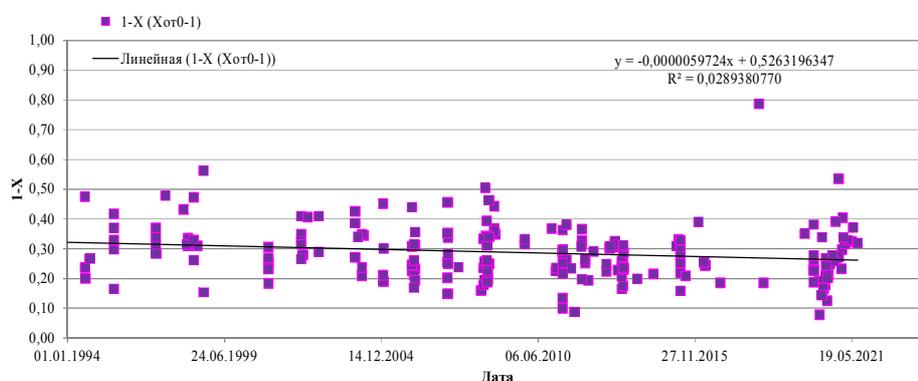


Рис. 1. Изменение величины доленого участия пластовых рассолов в попутно добываемых водах в процессе разработки Березинского месторождения

Представленные материалы свидетельствуют о том, что снижение концентраций брома и йода в попутных водах залежи III блока Березинского месторождения за десятилетний период их разубоживания оценивается соответственно на 4 и 9 %, что позволяет говорить о целесообразности использования попутных вод рассматриваемой залежи нефти в качестве гидроминерального сырья совместно с попутными водами других разрабатываемых белорусских месторождений.

Результаты оценки изменения концентраций йода и брома в попутных водах залежи III блока Березинского месторождения до 2030 г.

| Год | $C_{пл}$, мг/л | X_1 (1 - X) | C_{min} , мг/л | $Q_{пв}$, тыс. т | C , мг/л | Год | $C_{пл}$, мг/л | X_1 (1 - X) | C_{min} , мг/л | $Q_{пв}$, тыс. т | C , мг/л |
|-------------|-----------------|---------------|------------------|-------------------|------------|------------|-----------------|---------------|------------------|-------------------|------------|
| бром | | | | | 931,59 | йод | | | | | 11,49 |
| 31.12.21 | 2644,978 | 0,260 | 688,18 | 12,6 | 925,47 | 31.12.21 | 21,869 | 0,260 | 5,69 | 12,6 | 11,30 |
| 31.12.22 | 2644,978 | 0,258 | 682,41 | 12,1 | 920,81 | 31.12.22 | 21,869 | 0,258 | 5,64 | 12,1 | 11,16 |
| 31.12.23 | 2644,978 | 0,256 | 676,65 | 12,1 | 916,18 | 31.12.23 | 21,869 | 0,256 | 5,59 | 12,1 | 11,02 |
| 31.12.24 | 2644,978 | 0,254 | 670,87 | 12,1 | 911,89 | 31.12.24 | 21,869 | 0,254 | 5,55 | 12,1 | 10,90 |
| 31.12.25 | 2644,978 | 0,251 | 665,10 | 12,1 | 907,96 | 31.12.25 | 21,869 | 0,251 | 5,50 | 12,1 | 10,79 |
| 31.12.26 | 2644,978 | 0,249 | 659,33 | 11,6 | 904,02 | 31.12.26 | 21,869 | 0,249 | 5,45 | 11,6 | 10,69 |
| 31.12.27 | 2644,978 | 0,247 | 653,57 | 11,2 | 900,05 | 31.12.27 | 21,869 | 0,247 | 5,40 | 11,2 | 10,58 |
| 31.12.28 | 2644,978 | 0,245 | 647,79 | 10,8 | 896,05 | 31.12.28 | 21,869 | 0,245 | 5,36 | 10,8 | 10,48 |
| 31.12.29 | 2644,978 | 0,243 | 642,02 | 10,4 | 892,04 | 31.12.29 | 21,869 | 0,243 | 5,31 | 10,4 | 10,38 |

Литература

1. Порошин, В. Д. Методы обработки и интерпретации гидрохимических данных при контроле разработки нефтяных месторождений / В. Д. Порошин, В. В. Муляк. – М. : Недра, 2004. – 220 с.
2. Порошина, С. Л. Новые подходы к оценке масштабов рассоления коллекторов нефтяных месторождений Беларуси по промысловым гидрохимическим данным / С. Л. Порошина // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2019. – № 4. – С. 3–12.
3. Порошина, С. Л. К вопросу представительности данных о химическом составе попутных вод нефтяных месторождений Беларуси и методических приемах их обработки (интерпретации) / С. Л. Порошина // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 58–70.
4. Научно-методическое обоснование и оценка изменения концентраций промышленно-ценных компонентов в попутных водах нефтяных месторождений Беларуси при их использовании в качестве гидроминерального сырья : отчет о НИР (заключ.) / ГГТУ им. П. О. Сухого ; рук. темы В. Д. Порошин ; исполн. С. Л. Порошина. – Гомель, 2022. – 120 с. – № ГР 20213731.
5. Мехтиев, Ш. Ф. Практические вопросы нефтепромысловой гидрогеологии / Ш. Ф. Мехтиев, А. Р. Ахундов, Е. А. Ворошилов. – Баку : ЭЛМ, 1975. – 188 с.