

Таким образом, совершенствование технологий бурения и освоения скважин, основанное на комплексном изучении нетрадиционных отложений, результатов и эффективности их разработки, способствовало увеличению начального дебита нефти и снижению темпа его падения по вновь пробуренным скважинам. Для повышения эффективности разработки перешли к следующему этапу – ОПР по восстановлению энергетики в залежи.

УДК 556.3

ОЦЕНКА СОВМЕСТИМОСТИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ПЛАСТОВЫМИ РАССОЛАМИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Н. И. Набатов, А. В. Третьякова

*БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»,
г. Гомель*

На примере Золотухинского, Красносельского, Надвинского и Карташовского нефтяных месторождений рассмотрена совместимость минерализованных вод юрского и триасового водоносных комплексов с пластовыми рассолами межсолевых и подсолевых отложений. Определена степень насыщения смесей вод карбонатными, сульфатными и хлоридными солями.

Ключевые слова: пластовый рассол, минерализованные подземные воды, система поддержания пластового давления, совместимость, солеотложения.

COMPATIBILITY ASSESSMENT OF MINERALIZED GROUNDWATER WITH FORMATED BRINES OF THE PRIPYAT DEFLECTION

N. I. Nabatov, A. V. Tretyakova

BelNIPIneft RUE “Production Association “Belorusneft”, Gomel

On the example of the Zolotukhinskoye, Krasnoselskoye, Nadvinskoye and Kartashovskoye oil fields, the compatibility of mineralized waters of the jurassic and triassic aquifers with formation brines of intersalt and subsalt deposits is considered. The degree of saturation of water mixtures with carbonate, sulfate and chloride salts was determined.

Keywords: formation brine, mineralized underground waters, pressure maintenance system, compatibility, scaling.

При разработке и эксплуатации нефтяных месторождений в мировой практике широко используется система поддержания пластового давления (ППД), позволяющая достигать максимальных показателей отбора нефти путем закачки вод различной минерализации в пласт.

Согласно имеющимся нормативным документам, для вод, используемых в системе ППД, обязательно должна выполняться оценка совместимости закачиваемых вод с пластовой водой [2].

Для этой цели авторами использован программный комплекс SOMIX_BL (разработчик – Институт геоэкологии РАН), который имитирует геохимические процессы образования минеральных осадков при смешении рассолов нефтяных месторождений с водами различного химического состава в определенных термобарических условиях. Содержание выпавших солей – более 50 г/м³, полученное при расчетах

по данному программному комплексу, означает наличие угрозы выпадения минеральных осадков [1].

Для расчетов также использовались прикладные компьютерные программы В. Н. Озябкина (ИГЭ РАН, Санкт-Петербург) и Л. А. Абуковой (ИПНГ РАН, Москва).

Программа В. Н. Озябкина позволяет определить возможное количество сульфатных и хлоридных минералов, которые могут дополнительно раствориться в воде или осаждаться из нее в определенных термобарических условиях. Положительные значения, полученные при расчетах по данной программе, показывают отсутствие угрозы выпадения хлоридных и сульфатных солей, отрицательные – наоборот [1].

Программа Л. А. Абуковой позволяет рассчитать степень насыщения вод карбонатом кальция S . При $S < 0$ – нет угрозы выпадения карбонатных солей; при $S = 0-0,5$ – вода приближается к равновесию с карбонатными минералами; при $S > 0,5$ – есть угроза выпадения карбонатных солей. При использовании данного метода большое значение имеет точность определения величины рН в анализируемой воде [1].

Оценка совместимости пластовых и закачиваемых минерализованных вод рассмотрена на примере Золотухинского, Красносельского, Надвинского и Карташовского нефтяных месторождений, расположенных в Речицком и Хойникском районах Гомельской области.

В системе ППД на *Золотухинском нефтяном месторождении* используется артезианская скважина 70v, оборудованная на водоносный нижнетриасовый и водупорный локально водоносный среднеюрский терригенный комплекс. Воды скважины гидрокарбонатно-натриевого типа, от слабокислых до щелочных (рН – от 6,3 до 9,22), среднеминерализованные (M – от 8,49 г/дм³ до 13,82 г/дм³), плотностью 1,004–1,010 г/см³. Согласно расчетам, выполненным в программах Л. А. Абуковой и В. Н. Озябкина, данные воды в термобарических условиях пласта ($P_{пл} = 30$ Мпа, $t = 70$ °С) недонасыщены по хлоридным и сульфатным минералам (галит – 369,90 г/дм³, ангидрит – 2,640 г/дм³), а также находятся в равновесии по карбонатным минералам ($S = 0,460$).

Пластовые рассолы Золотухинского нефтяного месторождения являются высокоминерализованными рассолами хлор-кальциевого типа, от кислых до слабощелочных (рН – от 4,30 до 7,6), с минерализацией 237,4–399,2 г/дм³ и плотностью 1,237–1,282 г/см³. В данных водах наблюдаются высокие концентрации йода (до 83,16 мг/дм³), брома (до 5010 мг/дм³) и железа (до 5668 мг/дм³). В пластовых термобарических условиях рассолы недонасыщены по хлоридным минералам (галит – 7,25 и 17,95 г/дм³) и незначительно перенасыщены по сульфатным минералам (ангидрит – 0,597 г/дм³ и – 0,177 г/дм³); данные воды в зависимости от рН среды могут быть как перенасыщены ($S = 1,299$), так и недонасыщены ($S = -0,870$) по карбонатным минералам.

Результаты смешения пластовых вод подсолевой карбонатной залежи с закачиваемыми водами скважины 70v с помощью программы SOMIX_VL указывают на отсутствие угрозы осаждения хлоридных, карбонатных и сульфатных минералов (суммарное содержание солей не превышает 1,90 г/м³) на рабочем оборудовании и в стволах скважин. Однако необходимо отметить, что при изменении величины рН воды до щелочной может возникнуть вероятность угрозы отложения карбонатных солей. Также при закачке слабоминерализованной воды из скважины 70v в подсолевую залежь будет происходить смешение вод разного генезиса, геохимического типа и реакции среды. В таком случае существует вероятность смешения ионных равновесий, и, как следствие, – это может привести к физико-химическим процессам растворения-осаждения минералов.

Система ППД на *Красносельском нефтегазоконденсатном месторождении* организована на базе двух артезианских скважин 207_1v и 207_2v. В работе выполнена оценка совместимости вод артезианской скважины 207_2v, оборудованной на водоносный корневский терригенный горизонт. Воды скважины гидрокарбонатно-натриевого типа, от слабокислых до щелочных (рН – 6,9–8,38), среднеминерализованные (M – от 8,49 г/дм³ до 13,82 г/дм³), плотностью 1,004–1,010 г/см³. В пластовых термобарических условиях воды недо насыщены по хлоридным и сульфатным минералам (галит – 372,3 г/дм³, ангидрит – 2,35 г/дм³) и способны их дополнительно растворить. Данные воды находятся в равновесии по карбонатным минералам и не представляют угрозы выпадения карбоната кальция ($S = 0,1$). Термобарические условия пласта: $P_{пл.} = 22$ Мпа, $t = 78$ °С.

Пластовые рассолы Красносельского месторождения являются высокоминерализованными рассолами хлор-кальциевого типа, от слабокислых до нейтральных (рН – 6,6–6,8), с минерализацией 328–352 г/дм³ и плотностью 1,21–1,23 г/см³. В данных водах содержатся высокие концентрации йода (до 37,6 мг/дм³) и брома (до 2171 мг/дм³). Согласно выполненным расчетам, в пластовых термобарических условиях рассолы недо насыщены по хлоридным и сульфатным минералам (галит – 265,6 г/дм³, ангидрит – 0,225 г/дм³) и способны их растворить, перенасыщены по карбонатным минералам и несут угрозу выпадения карбоната кальция ($S = 1,5$).

Моделирование геохимических процессов при смешивании артезианской воды из скважины 207_2v с пластовыми рассолами елецко-задонской залежи по программе SOMIX_BL показало, что при закачке угроза осаждения карбонатных и сульфатных минералов на рабочем оборудовании и в стволах скважин (суммарное содержание солей не превышает 0,04 г/м³) отсутствует. Однако, как и для артезианской скважины 70v Золотухинского месторождения, существует вероятность смещения ионных равновесий при смешении вод разного генезиса.

Система ППД на *Надвинском нефтяном месторождении* организована на базе артезианской скважины 31v, эксплуатирующей водоупорный локально водоносный байосский-батский терригенный комплекс. Воды данной скважины гидрокарбонатно-натриевого типа, слабощелочные (рН – 7,39–8,14), среднеминерализованные (M – 8,56–14,77 г/дм³), плотностью 1,005–1,012 г/см³. В термобарических условиях пласта они недо насыщены хлоридными (галит – 363,7 г/дм³), сульфатными (ангидрит – 2,944 г/дм³) и карбонатными ($S = -0,039$) минералами. Термобарические условия пласта для Надвинского месторождения приняты следующие: $P_{пл.} = 20$ Мпа, $t = 60$ °С.

Пластовые рассолы рассматриваемого месторождения являются высокоминерализованными рассолами хлор-кальциевого типа, имеют слабокислую реакцию среды (рН – 5,0), минерализацию – 320–360 г/дм³ и плотность – 1,240–1,260 г/см³. В пластовых термобарических условиях рассолы находятся в равновесии по карбонатным ($S = 0,028$), недо насыщены по хлоридным (галит – 27,7 г/дм³) и незначительно пересыщены по сульфатным (ангидрит – 0,405 г/дм³) минералам.

Оценка совместимости пластового рассола Надвинского месторождения нефти с водой из скважины 31v по программам Л. А. Абуковой и В. Н. Озябкина показала, что вода артезианской скважины недо насыщена по хлоридным, сульфатным и карбонатным минералам и сама по себе не несет угрозы выпадения солей. Однако при смешении ее с пластовыми рассолами химические равновесия нарушаются и образовавшиеся смеси будут перенасыщены карбонатом кальция ($S = 0,580–1,182$), что говорит о возможности осаждения карбонатных солей, а также перенасыщены

по сульфатным солям (ангидрит – от $-0,072$ г/дм³ до $-0,341$ г/дм³), при преобладании пластового рассола свыше 80 %.

Моделирование геохимических процессов при смешении воды из скважины 31v с пластовыми рассолами по программе SOMIX_BL также показало вероятность перенасыщения сульфатными минералами (ангидритом) при преобладании в смесях пластового рассола выше 80 % (суммарное содержание солей составило $51,9-157,8$ г/м³, при других соотношениях – не превысило $29,7$ г/м³).

Система ППД на *Карташовском нефтяном месторождении* организована на базе двух артезианских скважин 1v и 9002v. Оценка совместимости рассмотрена на примере скважины 9002v. Скважина эксплуатирует слабоводоносный корневской терригенный горизонт в интервале 771–788,5 м. Воды, извлекаемые скважиной, по химическому составу хлоридного натриевого типа, рассольные ($M - 88,78-106,86$ г/дм³), от слабокислых до слабощелочных (рН – 6,33–7,44). Термобарические условия пласта Карташовского месторождения: $P_{пл} = 40$ Мпа, $t = 80$ °С.

Пластовые воды месторождения являются высокоминерализованными рассолами хлор-кальциевого типа, имеют кислую реакцию среды (рН – 4,99–5,29), минерализацию – $342-360,3$ г/дм³ и плотность – $1,243-1,257$ г/см³. Содержание брома в данных водах составляет $4363-4686$ мг/дм³.

Вода скважины 9002v недонасыщена по хлоридным (галит – $274,9$ г/дм³), сульфатным (ангидрит – $1,75$ г/дм³) и карбонатным ($S = -0,3$) минералам и сама по себе не несет угрозы выпадения солей. Однако при смешении ее с пластовыми рассолами химические равновесия нарушаются и образовавшиеся смеси будут перенасыщаться сульфатами (ангидрит – от $-1,37$ г/дм³ до $-0,34$ г/дм³), что говорит о возможности осаждения сульфатных солей, и приближаться к равновесию по карбонатным минералам ($S = 0,2-0,4$). Угроза выпадения хлоридных солей отсутствует (галит – от $72,1$ г/дм³ до $224,6$ г/дм³).

На основании выполненных работ можно сделать следующие выводы:

1. Моделирование геохимических процессов при смешении вод из скважины 70v с пластовыми рассолами подсолевой залежи Золотухинского нефтяного месторождения и из скважины 207_2v с пластовыми рассолами межсолевой залежи Красносельского нефтегазоконденсатного месторождения показывает, что при использовании их в системе ППД угрозы осаждения всех основных минералов не отмечается.

2. Результаты расчетов смешения воды из артезианской скважины 31v с пластовыми рассолами Надвинского месторождения при существующих термобарических условиях указывают на возникновение угрозы осаждения сульфатных и карбонатных солей. Перенасыщение сульфатными минералами (ангидритом) возможно при преобладании в смесях пластового рассола свыше 80 %.

3. Моделирование смешения пластового рассола Карташовского нефтяного месторождения с водой из артезианской скважины 9002v показало, что при смешении химические равновесия сдвигаются и образовавшиеся смеси будут приближаться к равновесию по карбонатным минералам и перенасыщаться сульфатами, что говорит о вероятности осаждения сульфатных солей. Угроза выпадения хлоридных солей отсутствует.

Необходимо отметить, что в результате закачки минерализованной воды из артезианских скважин, организованных для системы ППД, в межсолевые и подсолевые залежи нефтяных месторождений Припятского прогиба происходит смешение вод различного генезиса, геохимического типа и реакции среды. В таком случае существует вероятность смещения ионных равновесий, и, как следствие, это может привести к физико-химическим процессам растворения-осаждения солей. При определении

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.