

К ВОПРОСУ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОСТИ ДАННЫХ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ПОПУТНЫХ ВОД НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛАРУСИ И МЕТОДИЧЕСКИХ ПРИЕМАХ ИХ ОБРАБОТКИ (ИНТЕРПРЕТАЦИИ)**С.Л. Порошина**

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого
пр. Октября, 48, 246746, Гомель, Беларусь
E-mail: svetaporosh@gmail.com

При оценке представительности результатов химических анализов попутных вод автором впервые предложено разделять их на две выборки. Первая из них характеризует воды, которые поступают совместно с нефтью из продуктивных пластов к забоям добывающих скважин (обводнение скважин), вторая – воды, поступающие с нефтью на поверхность (обводнение продукции), состав которых существенно изменен за счет производимых обработок скважин технологической пресной водой.

Для изучения особенностей вытеснения нефти к забоям добывающих скважин широко используются такие гидрохимические показатели, как коэффициент долевого участия закачиваемых вод в попутно добываемых водах (X) и величина избыточных концентраций в них хлоридов натрия ($NaCl_{изб}$). Показано, что для первой выборки названные показатели следует рассчитывать по ранее разработанной автором компьютерной программе Галит-1. Для разбавленных технологическими водами попутных рассолов (вторая выборка) расчеты предлагается проводить по-новому, обоснованному в данной статье методическому подходу Галит-1т. Этот подход позволяет использовать для решения ряда нефтепромысловых задач многочисленные данные о химическом составе попутных вод, содержащих в своем составе значительное количество вод технологических обработок добывающих скважин.

ВВЕДЕНИЕ

Добыча нефти и газа в Беларуси обычно сопровождается отбором из продуктивных пластов значительных объемов попутной воды. Вода является основным агентом, вытесняющим нефть к забоям эксплуатационных скважин, поэтому короткий безводный период разработки белорусских месторождений неизбежно сменяется длительной стадией добычи обводненной продукции. Это особенно характерно для залежей нефти, находящихся на поздних стадиях освоения, где в целях поддержания пластового давления (ППД) в нефтяные пласты закачивается огромное количество различных по составу вод [1]. К настоящему времени в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» накоплено более трех тысяч результатов химического анализа попутно добываемых с нефтью вод,

которые широко используются для решения ряда нефтепромысловых задач. Прежде чем использовать эти данные в названных целях, следует определиться с их представительностью.

ОЦЕНКА ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОСТИ ДАННЫХ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ПОПУТНЫХ ВОД НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛАРУСИ

При рассмотрении вопроса представительности сведений о составе попутных вод необходимо четко понимать, состав каких вод тот или иной результат химического анализа отражает. Речь идет о целесообразности разделять попутные воды на те, которые поступают совместно с нефтью к интервалам перфорации добывающих скважин (обводняющие скважины), и на воды, поступа-

ющие с нефтью на поверхность (обводняющие продукцию). До настоящего времени четкого разделения данных понятий и соответственно результатов химических анализов попутных вод на две такие выборки у специалистов не существовало. Результаты проведенных на примере Золотухинского месторождения нефти исследований позволили показать, что в случае отсутствия технологических обработок скважин (в том числе и при проведении ремонтов скважин или других видов геолого-технических мероприятий) эти два понятия могут считаться практически идентичными. Но по большинству скважин на месторождениях Беларуси широко используются периодические технологические обработки, преимущественно для предупреждения отложения в них сульфатных и хлоридных солей (пресная вода), либо для борьбы с асфальто-смоло-парафиновыми отложениями (горячая пресная вода). Технологические обработки существенно влияют на состав добываемых с нефтью вод, которые в таком случае обычно не отражают состав вод, поступающих к забоям добывающих скважин, а значит и не могут в полной мере характеризовать происходящие в продуктивных пластах процессы. При рассмотрении вопросов по предупреждению и борьбе с солеотложениями в скважинах можно использовать все имеющиеся сведения о химическом составе попутных вод, чтобы характеризовать степень насыщенности по различным минералам поступающих на поверхность вод и оценить их потенциальную способность к минералообразованию. Однако для решения большинства нефтепромысловых задач по изучению процессов, протекающих в продуктивных пластах, при разработке залежей нефти нужно использовать лишь сведения о составе вод, обводняющих скважины. С таких позиций многие результаты химического анализа попутных вод, полученных из скважин, в которых интенсивно проводят технологические обработки, должны быть признаны непредставительными. С другой стороны, и эти результаты анализов при их соответствующей обработке и интерпретации могут нести определенную информацию о составе вод, обводняющих скважины. Для их использования в рассматриваемых целях необходимо устранить (учесть) влияние технологических обработок, для чего, в свою очередь, нужно было провести целенаправленные исследования и разработать специальные методические приемы. До настоящего времени таких исследований не проводилось и для решения нефтепромысловых задач гидрохимическими методами пользовались преимущественно

сведениями о химическом составе попутных вод тех скважин, в которых не было технологических обработок либо они проводились в ограниченном объеме [1; 4]. Поэтому многие нефтепромысловые задачи, особенно по тем объектам и скважинам, на которых широко использовались подливы технологических вод, с гидрохимических позиций не решались. Восполнить этот пробел в методических основах нефтепромысловых гидрохимических исследований на примере обработки сведений о химическом составе попутных вод Золотухинского месторождения мы попытались в данной статье.

Отделять представительные данные, характеризующие химический состав вод, обводняющих скважины, из всех результатов химического анализа попутных вод предлагается, исходя из графиков изменения их плотности во времени (строятся по результатам оперативных замеров этого показателя в лаборатории НГДУ «Речицанефть»), на которые нанесены (и выделены цветом) плотности вод, определенные при проведении их химического анализа. При этом необходимо учитывать сведения по технологическим обработкам скважин. К примеру, на рис. 1 представлены такие графики по скв. 108 Золотухинского месторождения. Из рис. 1а видно, что технологические обработки по скважине проводились редко, поэтому плотности попутных вод, нанесенные на график из таблицы, характеризующей результаты их химического анализа, полностью согласуются с величинами аналогичного параметра по мониторинговым определениям в лаборатории НГДУ «Речицанефть» (рис. 1б). Это значит, что все имеющиеся сведения по химическому составу попутно добываемых с нефтью вод этой скважины характеризуют состав вод, поступающих к ее забоям или интервалам перфорации, и они практически без корректировки могут использоваться при решении ряда нефтепромысловых задач. Методические приемы обработки и интерпретации таких нефтепромысловых гидрохимических данных изложены в ранее опубликованных работах сотрудников РУП «ПО «Белоруснефть» [2; 3; 4; 5], а также в новых публикациях специалистов ГГТУ им. П.О. Сухого [5; 6].

Анализ гидрохимических данных по скв. 54 указывает на то, что до 2003 г. в скважине достаточно часто и в значительных объемах проводились технологические подливы пресных вод, хотя отсутствие (потеря) таких данных в подразделениях РУП «ПО «Белоруснефть» не позволяет отразить это графически (рис. 2а). Широкий разброс точек, отражающих значения плотности вод в добываемой обводненной продукции, однозначно указы-

Таблица – Результаты расчета гидрохимических показателей (X, NaCl_{изб.}) по разным методическим подходам для скв. 112, 113, 114, 115 и 116 семилукской залежи нефти Золотухинского месторождения (по состоянию на 01.06.2020 г.)

Скважина	Дата отбора пробы	Плотность, г/см ³	Галит-1		Галит-1т	
			X	NaCl _{изб.} , мг/л	X	NaCl _{изб.} , мг/л
112	12.02.07	1,168	0,570	102 239	0,411	140 007
112	17.11.10	1,110			0,389	90 684
112	13.01.11	1,237	0,172	63 122		
112	16.12.11	1,161			0,297	86 764
112	30.08.13	1,180			0,299	112 372
112	09.10.13	1,220	0,305	82 145		
112	23.05.14	1,203	0,445	88 181		
112	26.05.14	1,211	0,314	76 986		
112	31.05.14	1,207	0,343	81 737		
112	02.06.14	1,108			0,327	113 668
112	14.07.15	1,063			0,292	73 038
112	31.07.15	1,197	0,407	93 022		
112	03.08.15	1,201	0,354	78 926		
112	10.08.15	1,207	0,336	80 103		
112	12.11.15	1,207	0,341	81 822		
113	04.02.07	1,241	0,203	81 204		
113	06.08.08	1,025			0,238	50 050
113	30.09.13	1,209	0,362	80 634		
113	09.10.13	1,214	0,339	83 312		
113	13.05.14	1,215	0,308	72 873		
113	26.06.14	1,194	0,392	81 344	0,248	100 655
113	24.06.15	1,231	0,268	89 491		
113	15.10.18	1,196			0,379	166 133
113	04.05.20	1,210	0,276	58 798		
113	17.07.20	1,219	0,243	82 870		
114	17.01.07	1,235	0,197	88 215		
114	13.10.07	1,224	0,203	53 431		
114	02.01.09	1,226	0,206	66 817		
114	20.07.10	1,209	0,302	66 270		
114	06.12.11	1,187	0,402	63 957	0,402	63958
114	08.02.12	1,213	0,263	60 200		
114	05.11.13	1,232	0,235	76 602		
114	15.05.15	1,236	0,205	81 237		
114	07.05.20	1,215	0,205	45 680		
115	19.06.06	1,230	0,168	43 598		
116	26.04.06	1,246	0,178	113 437		
116	08.07.07	1,223	0,193	40 619		
116	08.02.08	1,149			0,259	83 212
116	08.02.08	1,043			0,362	130 007
116	18.03.09	1,041			0,507	167 780

ГИДРАГЕОЛОГИЯ ПИНЖЫНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

вает на массовое проведение в этот период времени технологических обработок скважин пресной водой. Соответственно этому и большинство результатов химического анализа попутных вод за данный промежуток времени не могут полностью отражать процессы, происходящие в продуктивных пластах. Значительный фон, образуемый подливаемыми водами, затушевывает истинную картину изменения химического состава вод, поступающих из продуктивных пластов в скважину (рис. 2б). Правая же часть графика на рис. 2а (2003–2020) указывает на относительно небольшое количество подливаемой технологической воды во время эксплуатации скв. 54, что практически не искажает целостной картины изменения плотно-

сти попутных вод при ее эксплуатации. Имеющиеся химические анализы полностью характеризуют состав вод, обводняющих данную скважину в рассматриваемый период времени.

Схожую картину мы видим и по скв. 76. За время эксплуатации семилукско-саргаевского объекта разработки Золотухинского месторождения этой скважиной целостная картина изменения плотности попутных вод прослеживается достаточно четко, что позволяет говорить об относительно небольших объемах проводимых здесь технологических обработок. Имеющиеся по данному периоду времени результаты химических анализов попутных вод можно считать представительными, так как они достаточно полно характеризуют воды,

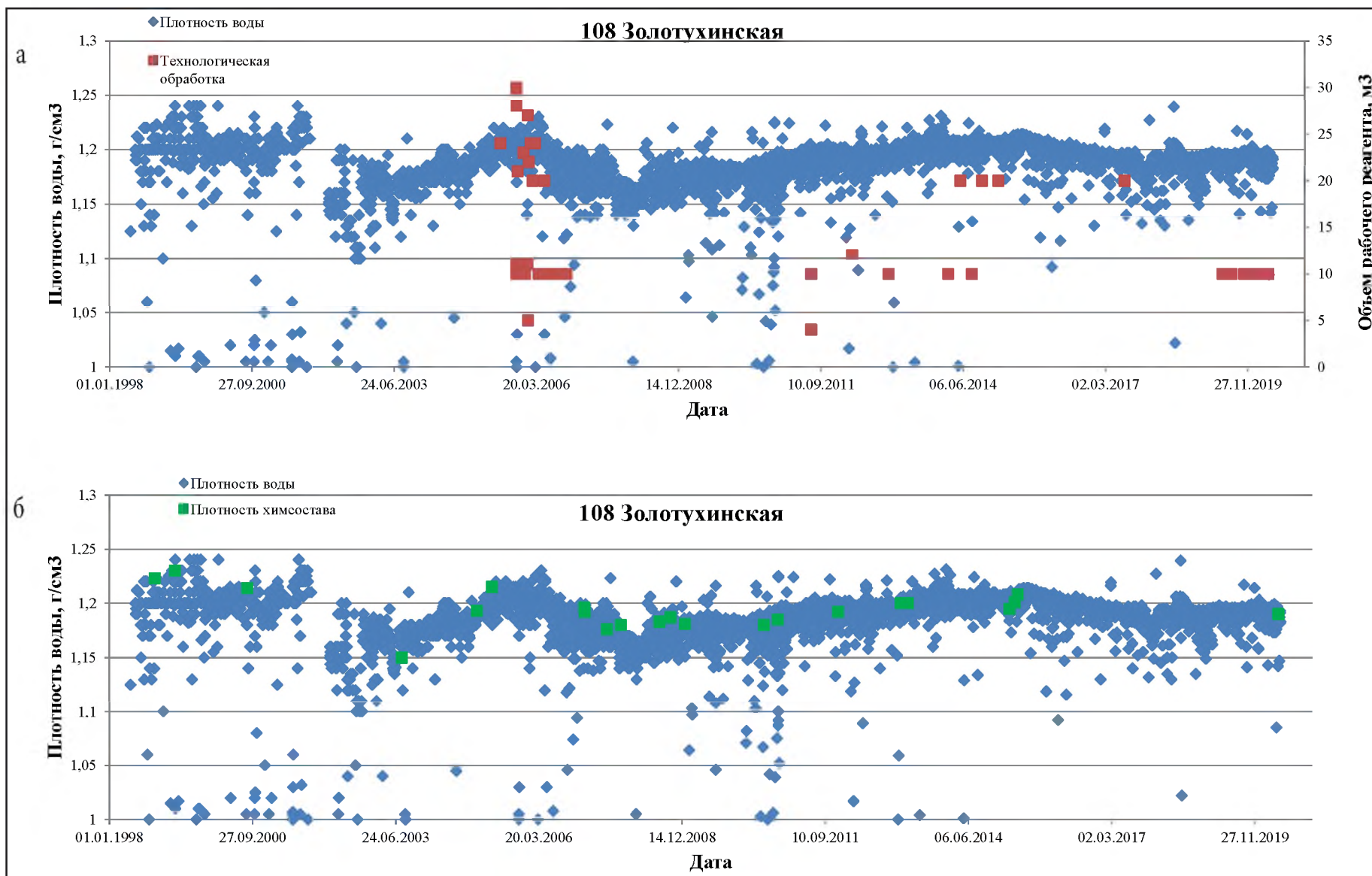


Рисунок 1 – График изменения плотности попутных вод, количества и объемов технологических обработок в процессе эксплуатации скв. 108 Золотухинская (а); график сопоставления оперативных данных о плотности попутных вод с результатами химических анализов (б)

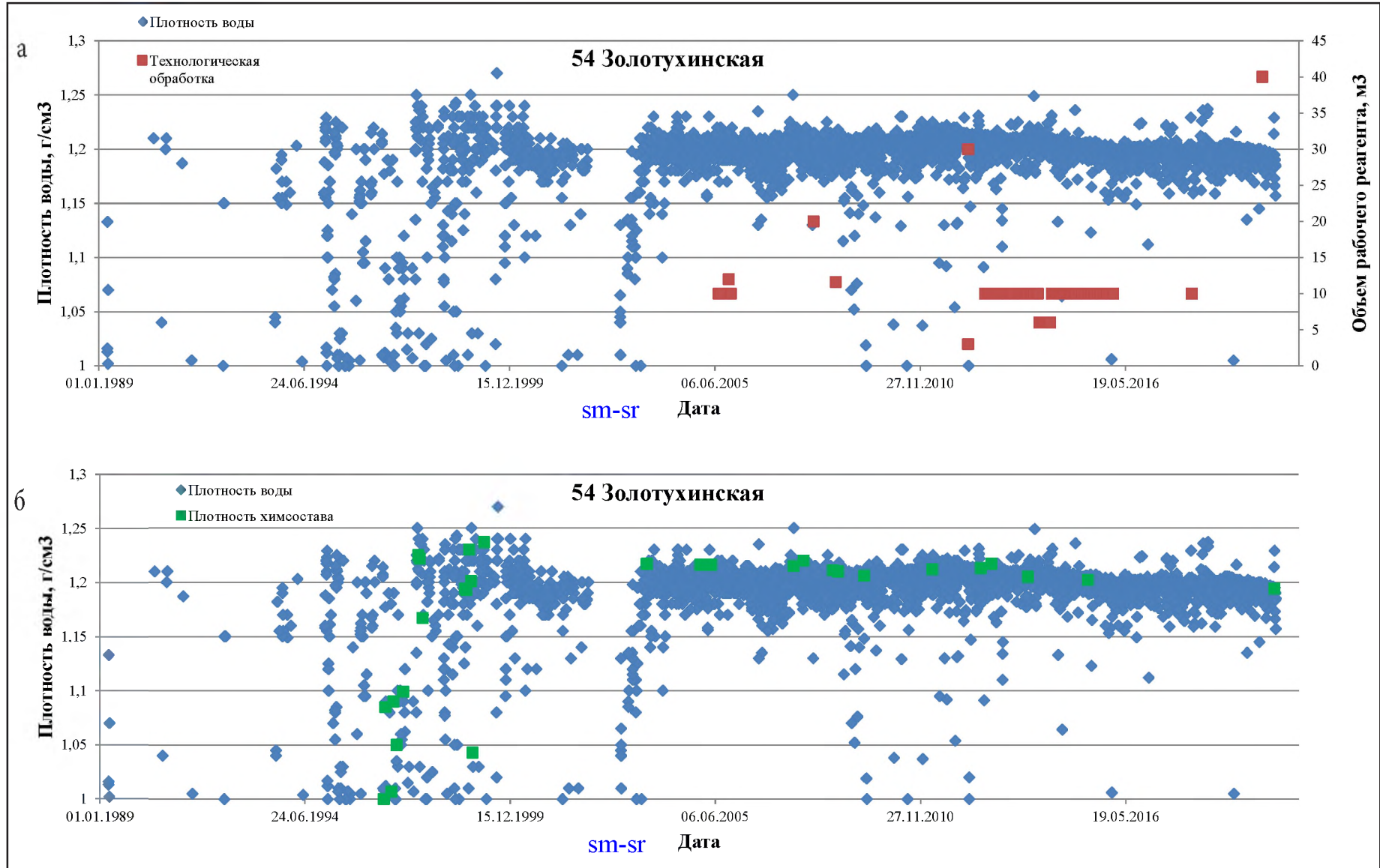


Рисунок 2 – График изменения плотности попутных вод, количества и объемов технологических обработок в процессе эксплуатации скв. 54 Золотухинская (а); график сопоставления оперативных данных о плотности попутных вод с результатами химических анализов (б)

которыми в это время обводнялась скважина (рис. 3). После перевода скважины на воронежский горизонт гидрохимическая картина резко изменилась, о чем свидетельствует хаотическое распределение данных о плотностях попутных вод, что связано с масштабными технологическими обработками скважины (рис. 3а). При этом естественно имеющиеся сведения о химическом составе попутных вод в своем большинстве характеризуют разбавленные подливаемыми водами рассолы, поступающие из продуктивных пластов (рис. 3б). Подобные моменты в той или иной мере характерны для большинства добывающих скважин НГДУ «Речицанефть», в том числе как мы видим и для Золотухинского месторождения нефти. Однако методических основ, обосновывающих возможность и пути использования подобной многочисленной информации, для корректного решения задач по анализу и контролю разработки месторождений до настоящего времени выработано не было. Более того, зачастую обработка такой информации проводилась традиционными методами, что приводило к получению неоднозначных и даже не логичных (абсурдных) результатов. Именно для таких случаев нужно было вести поиск методических подходов, направленных на решение конкретных промысловых задач. Такие исследования следовало проводить не столько для того, чтобы отбраковать и не использовать не представительные гидрохимические данные, которые не отражают состав вод, обводняющих скважины, но и для того, чтобы получать по этим не совсем представительным пробам нужную информацию.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ПО СОСТАВУ ПОПУТНО ДОБЫВАЕМЫХ С НЕФТЬЮ ВОД

В рамках данной статьи нами на примере скв. 50 Золотухинского месторождения сделана попытка разобраться с тем, что же представляют собой гидрохимические данные с большим разбросом значений общей минерализации и плотности попутных вод, чтобы выработать подходы к их корректному использованию в нефтепромысловом деле.

Значения плотности попутно добываемых с нефтью вод в данной скважине, определенные по результатам мониторинговых исследований в лаборатории НГДУ, имеют весьма широкий диапазон колебаний – от 1,25 г/см³ (что характерно для пластовых рассолов) до 1,00 г/см³ (что соответствует

плотности вод, используемых при технологических обработках). Значения данного показателя из сведений по результатам химических анализов вод в основном отражают этот же диапазон его изменения (рис. 4), что позволяет проследить зависимость отдельных элементов и гидрохимических коэффициентов от плотности попутных вод. При этом вполне логично предположить, что снижение плотности попутных вод связано с разбавлением пластовых рассолов (так как максимальные плотности попутных вод – 1,25 г/л согласуются с плотностью пластовой воды) технологическими водами подливо. Для подтверждения существовавших предположений построен график зависимости суммарного содержания в попутных водах ионов кальция и магния от их плотности с нанесением на него линии разбавления пластовых рассолов пресной подливаемой водой (рис. 5), так как концентрации прежде всего этих элементов могут отражать величины соотношения смешиваемых вод [6]. Оказалось, что точки проанализированных проб попутных вод не ложатся на линию разбавления пластовой воды, а образуют свою зависимость, очевидно отражающую картину разбавления попутных вод, поступающих к забою скважины, которые представляют собой смесь пластовых рассолов и закачиваемых для ППД вод, существенно обогащенную хлоридами натрия за счет рассоления коллектора. Вместе с этим не исключено, что в некоторых других скважинах можно будет увидеть и картину разбавления пластовых рассолов водами технологических обработок.

Следующим шагом при проведении исследований явилось сопоставление рассчитанных значений коэффициента долевого участия вод технологических обработок скважины ($X_{Т.О.}$) в попутно добываемых водах с плотностью этих вод по скв. 50 Золотухинская. При этом коэффициент $X_{Т.О.}$ рассчитывался исходя из несколько измененной формулы определения коэффициента долевого участия закачиваемых и пластовых рассолов в попутно добываемых водах [6]:

$$X_{Т.О.} = \frac{(Ca + Mg)_{\max} - (Ca + Mg)_{\text{факт}}}{(Ca + Mg)_{\max} - (Ca + Mg)_{Т.О.}},$$

где

$(Ca + Mg)_{\max}$ – максимальное содержание ионов кальция и магния в попутных водах данной скважины, мг/л;

$(Ca + Mg)_{\text{факт}}$ – фактическое содержание ионов кальция и магния в попутной воде конкретной пробы, мг/л;

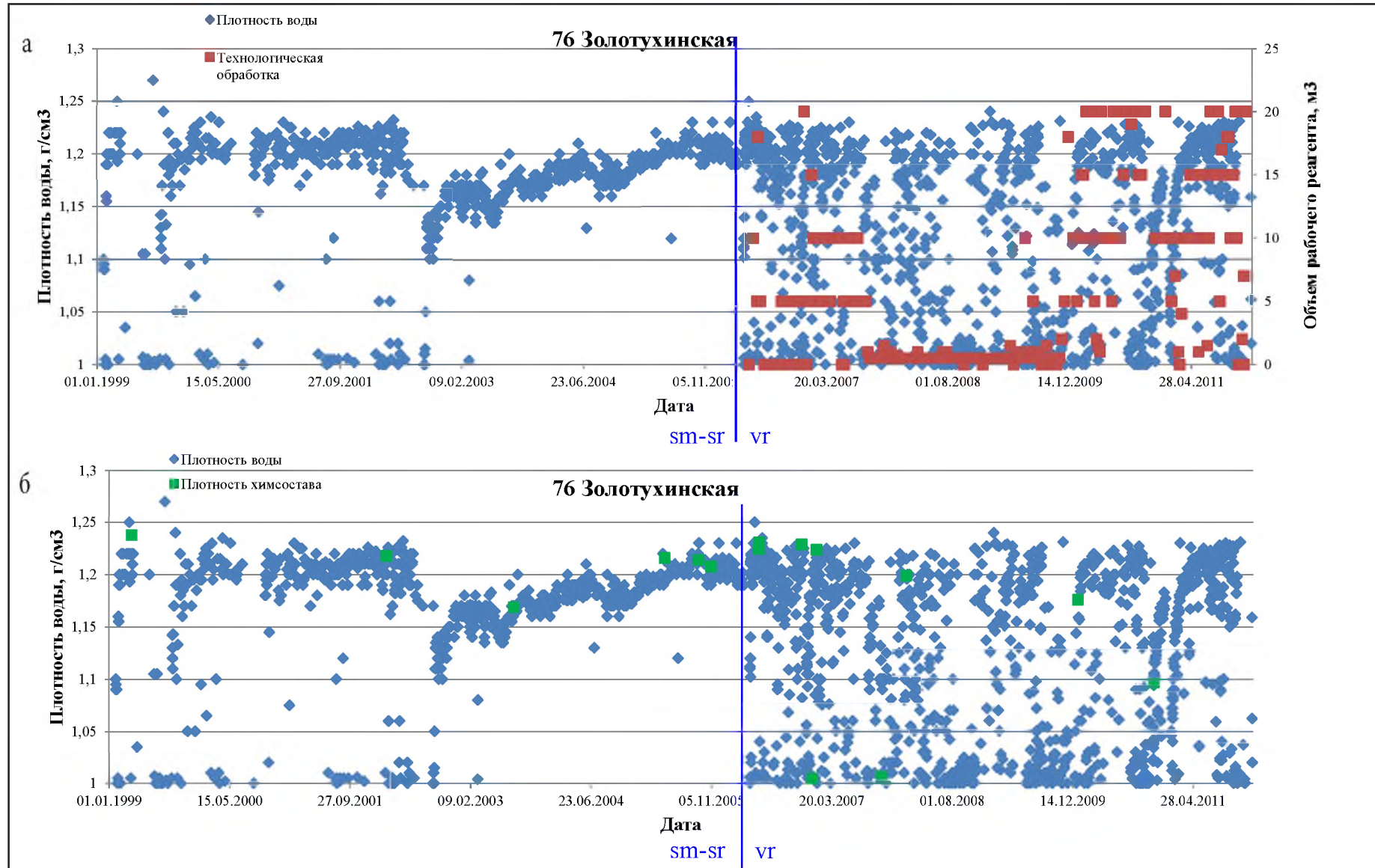


Рисунок 3 – График изменения плотности попутных вод, количества и объемов технологических обработок в процессе эксплуатации скв. 76 Золотухинская (а); график сопоставления оперативных данных о плотности попутных вод с результатами химических анализов (б)

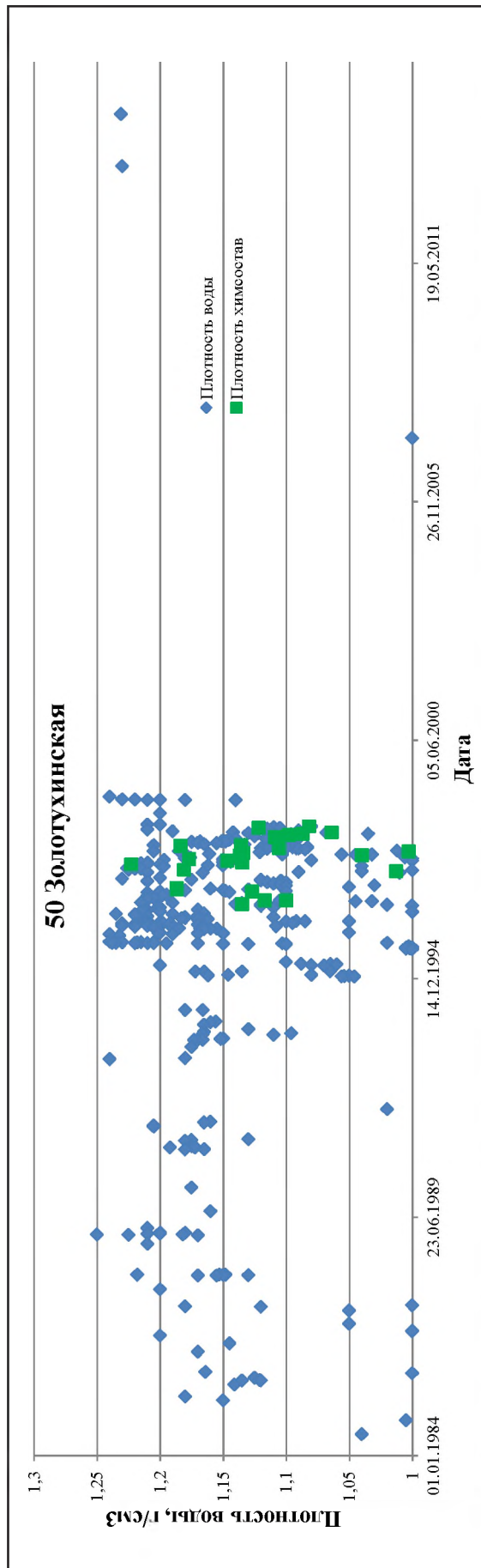


Рисунок 4 – График сопоставления оперативных данных о плотности попутных вод с результатами химических анализов по скв. 50 Золотухинская

$(Ca+Mg)_{то}$ – фактическое содержание ионов кальция и магния в водах технологических обработок, мг/л.

Иначе говоря, в этой формуле за разбавляемую воду, в соответствии с выводами, сделанными по рис. 5, принимается попутная вода, поступающая к забою скважины и характеризующаяся максимальной плотностью, а за разбавляющую – пресная вода технологических обработок.

Корреляционная зависимость между анализируемыми показателями оказалась весьма тесной (рис. 6), что не предполагает иных вариантов интерпретации – химический состав попутных вод, отобранных в различное время из скв. 50 Золотухинская, определяется величиной соотношений объемов смешивающихся рассолов, поступающих в скважину из продуктивных пластов и пресных вод, используемых при технологических обработках скважины.

В целях изучения особенностей накопления в попутных водах избыточных концентраций хлорида натрия авторами проведено сопоставление содержания в них суммарных концентраций ионов натрия и калия с суммарными концентрациями кальция и магния (рис. 7). При этом на данный график нанесены линии, характеризующие разбавление пластовых рассолов, а также вод, которые могли образоваться путем смешения пластовых и закачиваемых в нагнетательные скважины без учета возможности выпадения солей или их обогащения хлоридами натрия (теоретических концентраций).

Рис. 7 иллюстрирует степень обогащенности конкретных проб попутных вод хлоридами натрия за счет рассоления продуктивных коллекторов по сравнению с разбавленными в различной степени пластовыми рассолами и водами смешения. Отметим, что разные пробы, судя по данному графику, до своего разбавления в разной степени были обогащены избыточными концентрациями хлорида натрия, что необходимо учитывать при проведении соответствующих расчетов.

Особо следует выделить выпадающую из общей закономерности точку, которая отражает попутную воду небольшой минерализации с аномально высокими концентрациями суммы натрия и калия. Автор полагает, что эта аномалия может объясняться растворением в слабоминерализованной воде, обводняющей добываемую продукцию, образовавшихся в скважине отложений хлоридных солей (галита), поэтому в приводимых расчетах по оценке масштабов рассоления коллекторов такие данные использовать не рекомендуется.

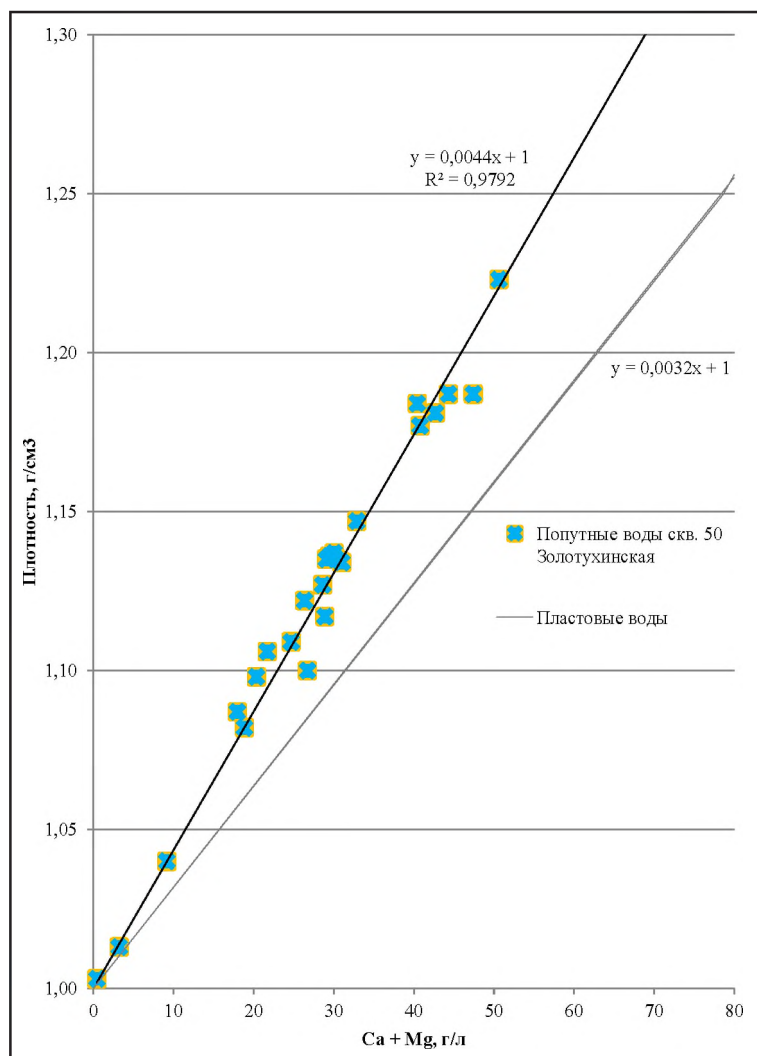


Рисунок 5 – Взаимосвязь плотности попутных вод с суммарным содержанием в них ионов кальция и магния для попутных вод скв. 50 Золотухинская

также представительные результаты химического анализа пластовых, закачиваемых и попутных вод [1; 4]. Обработка гидрохимических данных для решения стоящих задач заключается, прежде всего, в построении графиков изменения плотностей закачиваемых и попутных вод в процессе эксплуатации нагнетательных и добывающих скважин, проведении расчетов по оценке величин коэффициента долевого участия закачиваемых вод в обводняющих скважины водах (X), а также избыточных концентраций хлорида натрия в последних ($NaCl_{изб.}$). Затем ведутся работы по определению объемов растворенного в продуктивных пластах и вынесенных с попутными водами катагенетического галита ($V_{гал.}$). При этом, в зависимости от поставленной цели и для удобства дальнейшего использования, нами рекомендуется на графики изменения плотностей закачиваемых вод наносить сведения по объемам закачки, а на графики изменения плотностей попутных вод – сведения по объемам подливаемых в скважины пресных (холодных и горячих) и соленых вод, показатели степени обводнения продукции, а также данные по плотностям попутных вод, отобранных для проведения их химического анализа.

Расчет значений коэффициента X, а также величин $NaCl_{изб.}$ для каждого представительного анализа попутно добываемых вод нефтяных месторождений Припятского прогиба предлагается проводить по ранее разработанной автором методике и компьютерной программе Галит-1. Эта программа прошла апробацию при обработке гидрохимических данных по Золотухинскому и Северо-Домановичскому месторождениям нефти. Основные положения методики изложены в последних публикациях с участием автора [5; 6].

В целях получения сведений о суммарном содержании кальция и магния в обводняющих скважину водах (необходимых для проведения дальнейших расчетов по программе Галит-1т) по данным о химическом составе вод, обводняющих добываемую продукцию, предлагается использовать графики зависимости концентраций рассматриваемых ионов от плотности разбавленных вод.

Следует отметить, что схожие вышеописанным зависимости были получены по большинству скважин Золотухинского месторождения, которые обводняются высокоминерализованными рассолами. Представленные материалы, по мнению автора, могут служить отправной точкой для выработки новых подходов по обработке и интерпретации сведений о химическом составе проб попутных вод, отобранных в скважинах, в которых широко используются технологические подливы пресных или слабоминерализованных вод для предупреждения солеотложений или для других целей.

Для анализа и контроля эксплуатации добывающих скважин и разработки белорусских залежей нефти по гидрохимическим данным обычно широко использовались многочисленные сведения по плотностям закачиваемых и попутных вод, а

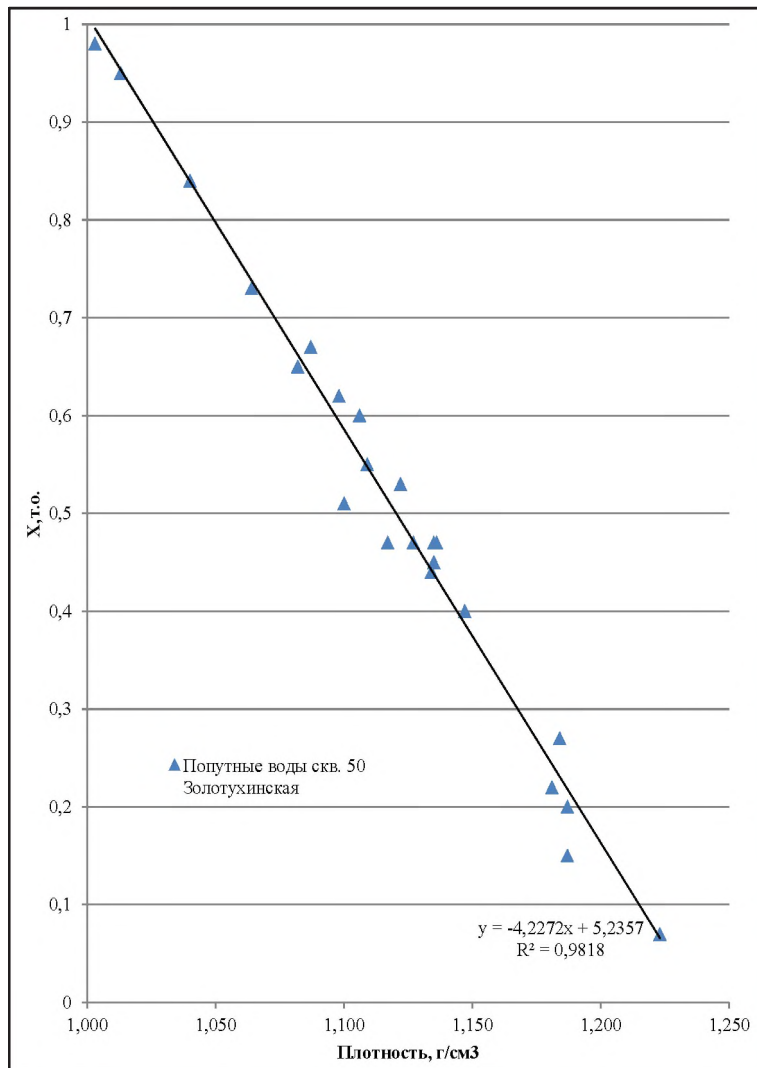


Рисунок 6 – Сопоставление плотности попутных вод и коэффициента долевого участия вод технологических обработок для скв. 50 Золотухинская

Для этого нужно соединить точку, отражающую суммарное содержание этих ионов в проанализированной пробе попутно добытой воды, с точкой пересечения осей координат (рис. 8). Продление этой линии до значений плотности, которые характерны для вод, поступавших в это время к забою скважины (в данном случае $1,23 \text{ г/см}^3$), и даст нам искомую величину суммарного содержания в них кальция и магния ($61,5 \text{ г/л}$). Значение плотности обводняющих скважину вод при этом определяется по графикам изменения данного показателя в процессе эксплуатации каждой из скважин с учетом сведений о химическом составе попутных вод.

Определение величин суммарного содержания натрия и калия, необходимых для расчета $\text{NaCl}_{\text{изб.}}$, производится аналогичным путем с учетом соотношения суммарных концентраций кальция и

магния, установленных по предыдущему графику, и фактических (по данному химическому анализу) суммарных концентраций натрия и калия в попутных водах (см. рис. 7).

Полученные скорректированные сведения о содержании основных катионов в обводняющих скважину водах используются для расчета значений X и $\text{NaCl}_{\text{изб.}}$ по данным о составе вод каждой из проанализированных проб с помощью программы Галит-1. Изложенный методический подход получил название Галит-1т, так как применяется в том случае, когда в пробе попутных вод установлено значительное количество вод технологических обработок. В связи с тем, что оба методических подхода при проведении расчетов оперируют сведениями о составе вод, обводняющих скважины, а не добываемую продукцию, при расчете объемов выносимого с попутными водами хлорида натрия рекомендуется использовать объемы попутно добытых вод за вычетом объемов вод, применявшихся при технологических обработках.

Следует отметить, что применение рассмотренных выше методических разработок предполагает необходимость творческого подхода к обоснованию целесообразности применения той или иной методики, а также к подбору сведений по химическому составу смешивающихся в продуктивных

пластах вод, вносимых в соответствующие расчетные формулы. Так, в случае разного состава вод, закачиваемых в разные нагнетательные скважины или в разные периоды их эксплуатации, необходимо определиться со скважинами, оказывающими определяющее влияние на состав попутных вод анализируемой добывающей скважины. В отдельных случаях в формулы расчета коэффициента долевого участия закачиваемых вод в попутно добываемых рассолах и оценки избыточного содержания в них хлорида натрия следует вносить вместо данных по составу пластовых рассолов сведения по составу смешанных вод, заполняющих продуктивные пласты в зоне влияния добывающих скважин (подход Галит-1э). Конкретные примеры реализации таких подходов апробированы нами при проведении расчетов значений X и

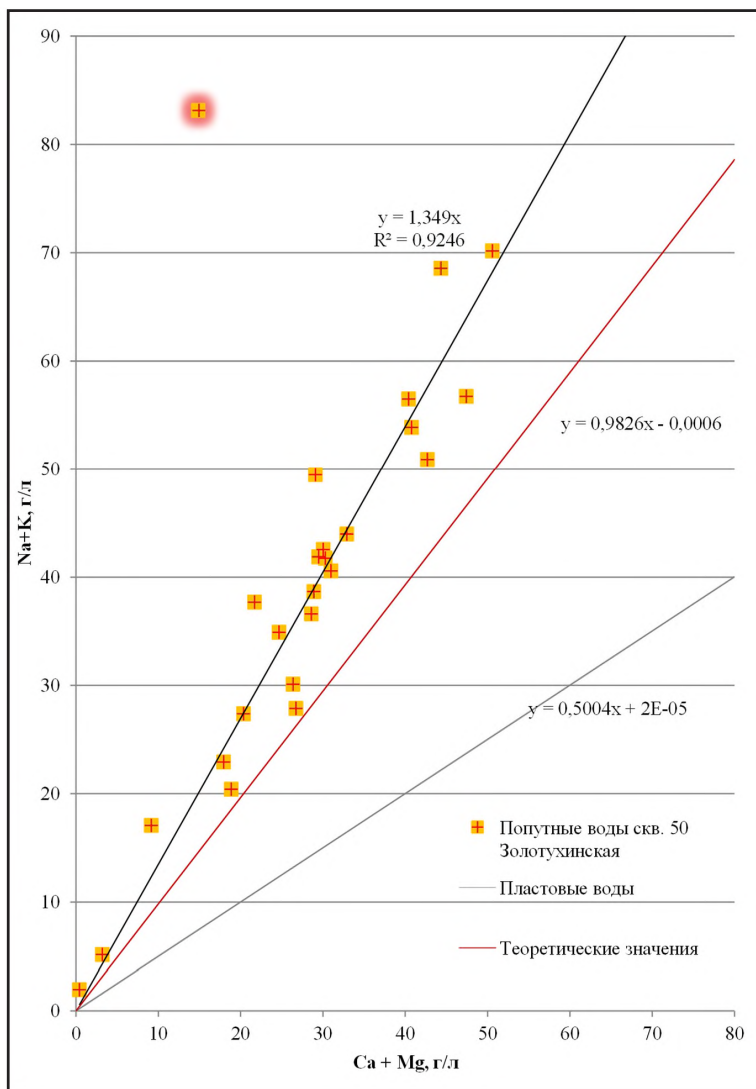


Рисунок 7 – Взаимосвязь суммарных концентраций натрия и калия с концентрациями кальция и магния для попутных вод скв. 50 Золотухинская

Отметим, что использование подхода Галит-1т для вод небольшой плотности (до 1,01 г/см³) является не желательным, так как они представлены в основном пресными технологическими водами. Даже незначительные аналитические погрешности в результатах проведенных химических анализов вод в таких случаях могут привести к существенным ошибкам в определении расчетных параметров по данному способу. Кроме того, к значениям NaCl_{изб.}, определенным по способу Галит-1т, следует относиться весьма осторожно. Связано это с тем, как уже отмечалось ранее, что в попутно добываемых водах, содержащих в своем составе значительную долю вод технологических подливо, могли раствориться образовавшиеся в скважинах и на оборудовании хлоридные осадки. Полученные в таких случаях результаты расчетов не отражают происходящие в продуктивных пластах процессы. С другой стороны, используя сведения об аномальных концентрациях в таких водах NaCl_{изб.}, определенных способом Галит-1т, можно изучать особенности и эффективность проводимых работ по предупреждению и борьбе с хлоридными солеотложениями, а значит контролировать объемы проводимых технологических обработок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фактические сведения о химическом составе попутных вод белорусских нефтяных месторождений при оценке их представительности предложено разделять на две выборки. Данные первой из них должны характеризовать воды, которые поступают к интервалам перфорации добывающих скважин (обводняющие скважины), а второй – характеризовать смеси этих вод с технологическими водами, поступающими с нефтью на поверхность (обводняющие продукцию). Выделять данные, характеризующие химический состав вод, обводняющих скважины, из всех результатов химического анализа попутных вод предлагается по графикам изменения их плотности во времени (строятся по результатам оперативных замеров этого показателя в лаборатории НГДУ «Речица-

нефть»), на которые нанесены (и выделены цветом) плотности вод, определенные при проведении их химического анализа. Для решения большинства нефтепромысловых задач по изучению процессов, протекающих в продуктивных пластах, при разработке залежей нефти нужно использовать лишь сведения о составе вод, обводняющих скважины. С таких позиций многие результаты химического анализа попутных вод, полученных из скважин, в которых интенсивно проводят технологические обработки (вторая выборка), должны быть признаны непредставительными. Проведенные исследования позволили показать, что сведения по составу таких вод, выделяющиеся пониженной плотностью из явно прослеживаемой тенденции на графиках изменения данного показателя в про-

цессе эксплуатации скважин, при определенной обработке можно с успехом использовать для получения информации о составе вод, поступающих совместно с нефтью к забоям добывающих скважин. Рассмотрены особенности обработки таких данных, что позволило впервые предложить методические подходы к использованию многочисленных данных о химическом составе попутных вод, содержащих в своем составе значительное количество вод технологических обработок, для решения ряда нефтепромысловых задач. Изложенные в статье методические приемы успешно прошли апробацию при анализе и контроле эксплуатации воронежского и семилукско-саргаевского объектов разработки Золотухинского месторождения нефти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гидрохимические** методы анализа и контроля разработки нефтяных и газовых месторождений / В. В. Муляк [и др.]. – Москва : ГЕОС, 2007. – 245 с.
2. **Порошин, В. Д.** Гидрогеохимическая оценка масштабов катагенетического галитообразования в отложениях соленосных осадочно-породных бассейнов и ее практическое значение / В. Д. Порошин // ДАН Беларуси, 1996. – Т. 40, № 6. – С. 100–104.
3. **Порошин, В. Д.** Изменение емкостных и фильтрационных свойств пород коллекторов в процессе разработки нефтяных месторождений Беларуси / В. Д. Порошин // Геология нефти и газа. – 1996. – № 9. – С. 43–48.
4. **Порошин, В. Д.** Методы обработки и интерпретации гидрохимических данных при контроле разработки нефтяных месторождений / В. Д. Порошин, В. В. Муляк. – Москва : Недра, 2004. – 220 с.
5. **Порошин, В. Д.** Оценка масштабов рассоления продуктивных пород нефтяных месторождений Припятского прогиба по промысловым гидрохимическим данным (на примере Северо-Домановичского месторождения) / В. Д. Порошин, С. Л. Порошина // Литасфера. – 2020. – № 1 (52). – С. 146–159.
6. **Порошина, С. Л.** Новые подходы к оценке масштабов рассоления коллекторов нефтяных месторождений Беларуси по промысловым гидрохимическим данным / С. Л. Порошина // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2019. – № 4. – С. 3–12.
7. **Hydrochemical control of oil pool development (illustrated with Belarusian oil fields). Part II.** / V.D. Poroshin [et al.] // INDIAN JOURNAL OF PETROLEUM GEOLOGY. – July, 2003. – Vol. 12, № 1. – P. 49–57.

Статья поступила в редакцию 26.02.2021

Рецензент В.Г. Жогло

**ДА ПРАДСТАЎНІЧЫХ ДАНЫХ АБ ХІМІЧНЫМ СКЛАДЗЕ
СПАДАРОЖНЫХ ВОД НАФТАВЫХ РАДОВІШЧАЎ БЕЛАРУСІ
І МЕТАДЫЧНЫХ ПРЫЁМАЎ ІХ АПРАЦОЎКІ (ІНТЭРПРЭТАЦЫІ)**

С.Л. Парошына

Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П.В. Сухого
пр. Кастрычніка, 48, 246746, Гомель, Беларусь
E-mail: svetaporosh@gmail.com

Пры ацэнцы прадстаўнічасці вынікаў хімічных аналізаў спадарожных вод аўтарам упершыню прапанавана падзяляць іх на дзве выбаркі. Першая з іх характарызуе воды, якія паступаюць сумесна з нафтай з прадуктыўных пластоў да забою здабываючых свідравін (абвадненне свідравін), другая – воды, якія паступаюць з нафтай на паверхню (абвадненне прадукцыі), склад якіх істотна зменены за кошт вырабляемых апрацовак свідравін тэхналагічнай прэснай вадой.

Для вывучэння асаблівасцей выцяснення нафты да забояў здабываючых свідравін шырока выкарыстоўваюцца такія гідрахімічныя паказчыкі, як каэфіцыент долевага ўдзелу запампоўваемых вод у адначасна здабываемых водах (X) і велічыня залішніх канцэнтрацый у іх хларыдаў натрыю ($\text{NaCl}_{\text{зал}}$). Паказана, што для першай выбаркі названыя паказчыкі варта разлічваць па раней распрацаванай аўтарам камп'ютарнай праграме Галіт-1. Для разведзеных тэхналагічнымі водамі спадарожных расолаў (другая выбарка) разлікі прапануецца праводзіць па-новаму, абгрунтаванаму ў дадзеным артыкуле метадычным падыходзе Галіт-1т. Гэты падыход дазваляе выкарыстоўваць для вырашэння шэрага нафтапрамысловых задач шматлікія даныя аб хімічным складзе спадарожных вод, якія змяшчаюць у сваім складзе значныя колькасці вод тэхналагічных апрацовак здабываючых свідравін.

**IN REFERENCE TO THE REPRESENTATIVENESS OF DATA ON THE CHEMICAL
COMPOSITION OF ASSOCIATED WATER OF OIL FIELDS IN BELARUS
AND METHODS OF THEIR PROCESSING (INTERPRETATION)**

S. Poroshina

Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi
48, Oktyabrya Avenue, 246746, Gomel, Belarus
E-mail: svetaporosh@gmail.com

When assessing the results of chemical analysis of associated water, the author for the first time proposed to divide it into two series. The first of them characterizes the water that comes together with oil from the productive formations to the bottom of the producing wells (water encroachment), the second one is for water supplied to the surface with oil (well stream watering), the composition of which has been significantly changed due to the well treatment with technological fresh water.

To study the features of oil displacement to the bottom of producing wells, such hydrochemical indicators as index of injected water in the produced water (X) and value of excess concentration of sodium chloride (NaCl_{ex}) are widely used. It is shown that for the first series these indicators should be calculated using the "Galit-1" computer program, previously developed by the author. For the second series it is proposed to make calculations according to the new approach "Galit-1t" substantiated in this article. This approach makes it possible to solve a number of oilfield problems by using numerous data on chemical composition of associated water, containing a significant amount of water for technological treatment of producing wells.