

Оперативный гидрохимический контроль за разработкой залежей ачимовских отложений Уренгойского НГКМ

А.Ю. Корякин

генеральный директор
referent@gd-urengoy.gazprom.ru

М.Г. Жариков

к.т.н., заместитель генерального
директора — главный геолог
m.g.zharikov@gd-urengoy.gazprom.ru

Г.С. Ли

к.т.н., заместитель начальника инженерно-
технического центра по геологии и разработке
месторождений
g.s.li@gd-urengoy.gazprom.ru

М.А. Катаева

начальник лаборатории инженерно-
технического центра по геологии и разработке
месторождений
m.a.kataeva@gd-urengoy.gazprom.ru

ООО «Газпром добыча Уренгой», Новый Уренгой,
Россия

Представлены результаты комплексных исследований по определению и уточнению коррелятивных гидрохимических компонентов и диагностических критериев пластовых вод ачимовских объектов эксплуатации Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения.

Ключевые слова

Уренгойское нефтегазоконденсатное месторождение, ачимовские отложения, гидрохимический анализ и контроль, гидрохимические показатели и критерии

С начала разработки Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (УНГКМ) в ООО «Газпром добыча Уренгой» проводятся систематические работы определения химического состава вод по всем гидрогеологическим комплексам. УНГКМ приурочено к северу центральной части Западно-Сибирского мегабассейна. В целом, рассматриваемый мегабассейн характеризуется двумя гидрогеологическими этажами, разделенными толщей глин турон-датского возраста. В составе нижнего этажа, включающего основные нефтегазоносные комплексы, выделяется три гидрогеологических комплекса: апт-альб-сеноманский, неокомский и юрский [1].

Вследствие подвижности и геохимической активности вода реагирует непосредственно на техногенез пластовых нефтегазоконденсатных систем, поэтому служит индикатором продвижения в залежи пластовых флюидов. В частности, обводнения продуктивных горизонтов [2].

Ключевыми задачами комплекса исследований объектов УНГКМ является получение представительной геолого-промышленной информации о состоянии его разработки, осуществление оперативного мониторинга параметров залежей пластов и прискважинной зоны.

Ачимовские отложения УНГКМ характеризуются чрезвычайно сложным геологическим строением: значительной литологической неоднородностью, низкими фильтрационно-емкостными свойствами коллекторов, различием в фазовом состоянии углеводородов, блоковостью структур. Значимыми являются и гидрогеологические факторы обводнения — аномально высокое пластовое давление, огромные размеры водонапорной системы, повышенный гидродинамический градиент между ниже- и вышележащими отложениями [3].

Строение ачимовской толщи крайне неоднородное, в ее составе выделяются несколько песчаных тел, имеющих линзовидный характер залегания. К ним приурочены газоконденсатные и нефтяные залежи в продуктивных пластах $A_{ч_1}^{2-3} \div A_{ч_6}^{2-3}$.

Полученная гидрохимическая информация по ачимовским объектам позволила установить гидрохимический контроль (ГХК) за данными участками недр. Лабораторные работы проводятся при этом с применением современной техники, позволяющей анализировать широкий спектр макро- и микрокомпонентов: системы капиллярного электрофореза «Капель-105М» (катионный состав), ионных хроматографов «Metrohm» (анионный состав и кремний), рентгенофлуоресцентный спектрометр «Спектроскан МАКС-GV» (железо общее).

Первоначальный комплексный анализ гидрохимического фона ачимовских отложений был проведен ИПНИГ РАН в 2013 г. на основе базы данных Инженерно-технического центра ООО «Газпром добыча Уренгой». В процессе разработки этих отложений сведения о составе пластовых вод перманентно дополняются и уточняются [4].

В настоящее время ГХК проводится по эксплуатационным скважинам двух ачимовских участков: 1А (пласты $A_{ч_{3-4}}$) и 2А (пласты $A_{ч_{3-4}} + A_{ч_5}^{2-3}$, $A_{ч_5}^{2-3}$). Пробы воды, доставляемые для анализа, на данном этапе разработки представлены преимущественно конденсационным типом. Воды залежей пластов $A_{ч_{3-4}}$ характеризуются наибольшим распространением и повышенной продуктивностью, в отличие от пластов $A_{ч_5}^{2-3}$, поэтому объемы гидрохимической информации для установления фоновых значений существенно отличаются.

Ранее полученные результаты анализа гидрохимических данных по сеноманскому и неокомскому водоносным комплексам показали, что информативность и величины интервальных значений показателей зависят от глубины залегания пластов. Общей особенностью распределения по разрезу солёности подземных вод УНГКМ является вертикальная геохимическая зональность. Гидрохимическая инверсия, установленная в верхнемеловом разрезе, в целом сохраняется и в ачимовских отложениях, характер её при этом усложняется [5, 6].

По результатам гидрохимического анализа (ГХА) получены усредненные параметры попутных вод ачимовских участков (таб. 1)

С целью обоснования наиболее информативных критериев гидрохимического мониторинга обводнения эксплуатационных объектов был проведен анализ закономерностей изменения концентраций различных ионов в попутных водах по разрезу месторождения (рис. 1).

В зависимости от глубины изменяются минерализация вод и количество компонентов. При этом изменение их компонентного состава сопровождается сменой типа — с хлоридно-натриевого на гидрокарбонатно-натриевого. Количественное содержание компонентов пластовых вод по ачимовским залежам близко к пластам тангаловской и сортынской свит ($БУ_8$, $БУ_9$, $БУ_{10}$, $БУ_{11}$).

Опыт проведения ГХК на УНГКМ свидетельствует о целесообразности использования гидрохимических критериев для идентификации генезиса жидкостей, поступающих в скважины.

На основе полученных количественных характеристик выполнены расчеты соотношений между коррелятивными ионами,

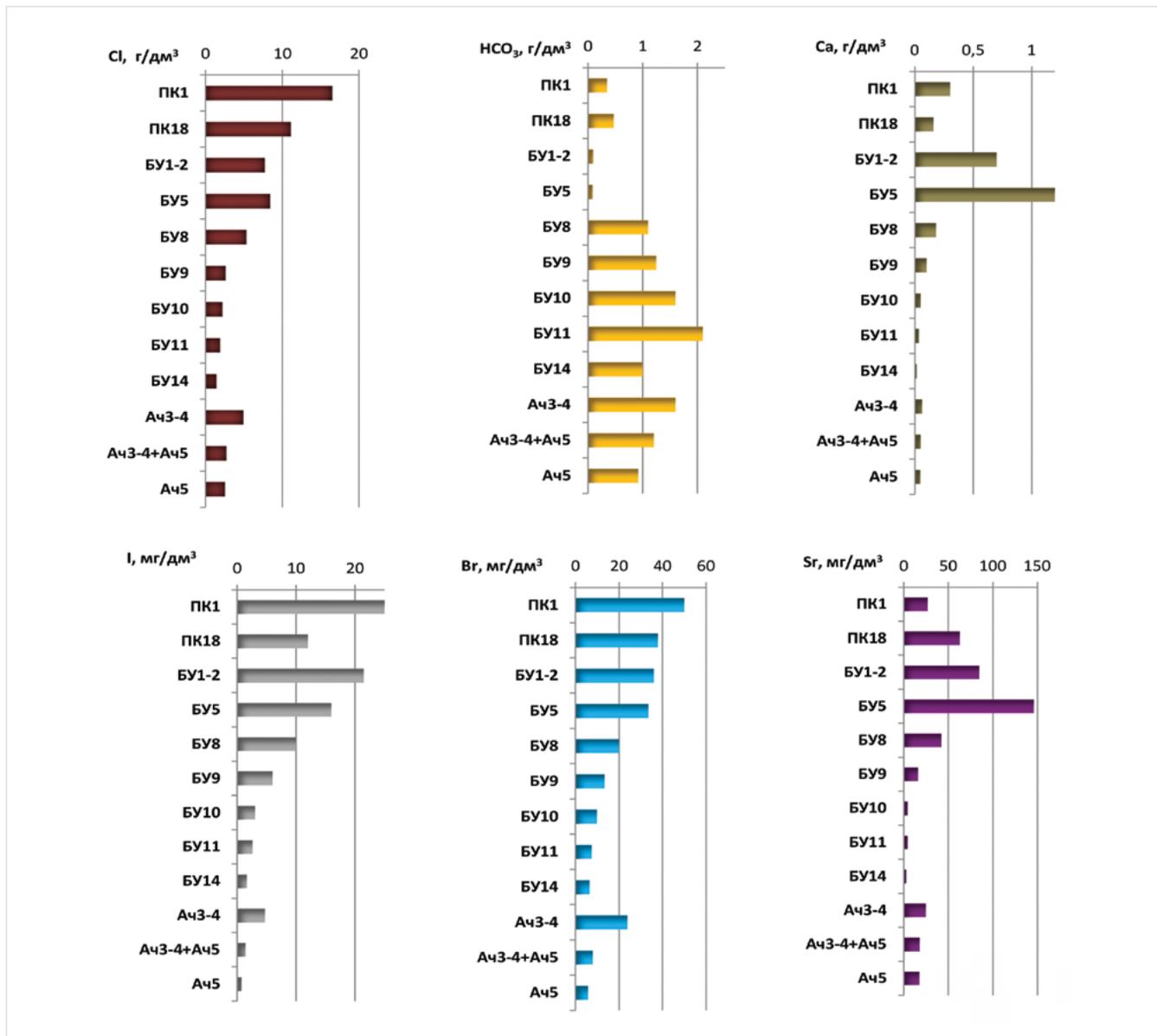


Рис. 1 — Содержания компонентов пластовых вод в зависимости от продуктивного пласта

Эксплуатационный участок		1А		2А	
Залежи пластов		Ач ₃₋₄	Ач ₃₋₄ +Ач ₅ ²⁻³	Ач ₅ ²⁻³	
Усредненные гидрохимические параметры	рН	6,95	6,80	6,59	
	Плотность, г/см ³	1,005	1,003	1,001	
	Минерализация, г/дм ³	10,36	6,32	5,78	
	Хлорид-ион, мг/дм ³	4950	2730	2500	
	Гидрокарбонат-ион, мг/дм ³	1600	1232	920	
	Карбонат-ион, мг/дм ³	-	-	-	
	Сульфат-ион, мг/дм ³	7,8	45,0	59,4	
	Бромид-ион, мг/дм ³	23,9	8,1	5,8	
	Йодид-ион, мг/дм ³	4,66	1,43	0,71	
	Кальций, мг/дм ³	61,5	50,5	45,1	
	Магний, мг/дм ³	12,5	12,5	11,2	
	Сумма калия и натрия, мг/дм ³	3680	2145	1880	
	Аммоний, мг/дм ³	26,3	29,9	17,1	
	Барий, мг/дм ³	48,5	25,1	24,0	
	Стронций, мг/дм ³	24,8	17,8	17,4	
	Борат ион, мг/дм ³	11,8	7,7	3,2	
Кремний, мг/дм ³	8,5	4,9	5,3		

Таб. 1 — Усредненные гидрохимические параметры попутных вод ачимовских продуктивных горизонтов по участкам 1А и 2А УНГКМ

Эксплуатационный участок		1А	2А	
Залежи пластов		Ач ₃₋₄	Ач ₃₋₄ +Ач ₅ ²⁻³	Ач ₅ ²⁻³
Критерии	rNa/rCl	1,10	1,11	1,02
	Cl/Br	284	299	284
	(rSO ₄ /rCl)·100	0,2	1,7	1,9
	(rCa/rNa)·100	2,6	-	3,7
	(rCl+rSO ₄)/(rHCO ₃ +rCO ₃)	8,0	4,0	9,0
	rCa+rMg	4,8	5	3,9
	(rHCO ₃ +rCO ₃)/(rCa+rMg)	4,7	3,5	3,4
	(rSr/rCl)·100	0,4	0,2	0,3
	(rCa/rCl)·100	2,6	3,9	4,0
	[(rHCO ₃ +rCO ₃)/rCl]·100	14	27	16

Таб. 2 — Усредненные количественные значения диагностических критериев для распознавания пластовых вод ачимовских отложений УНГКМ

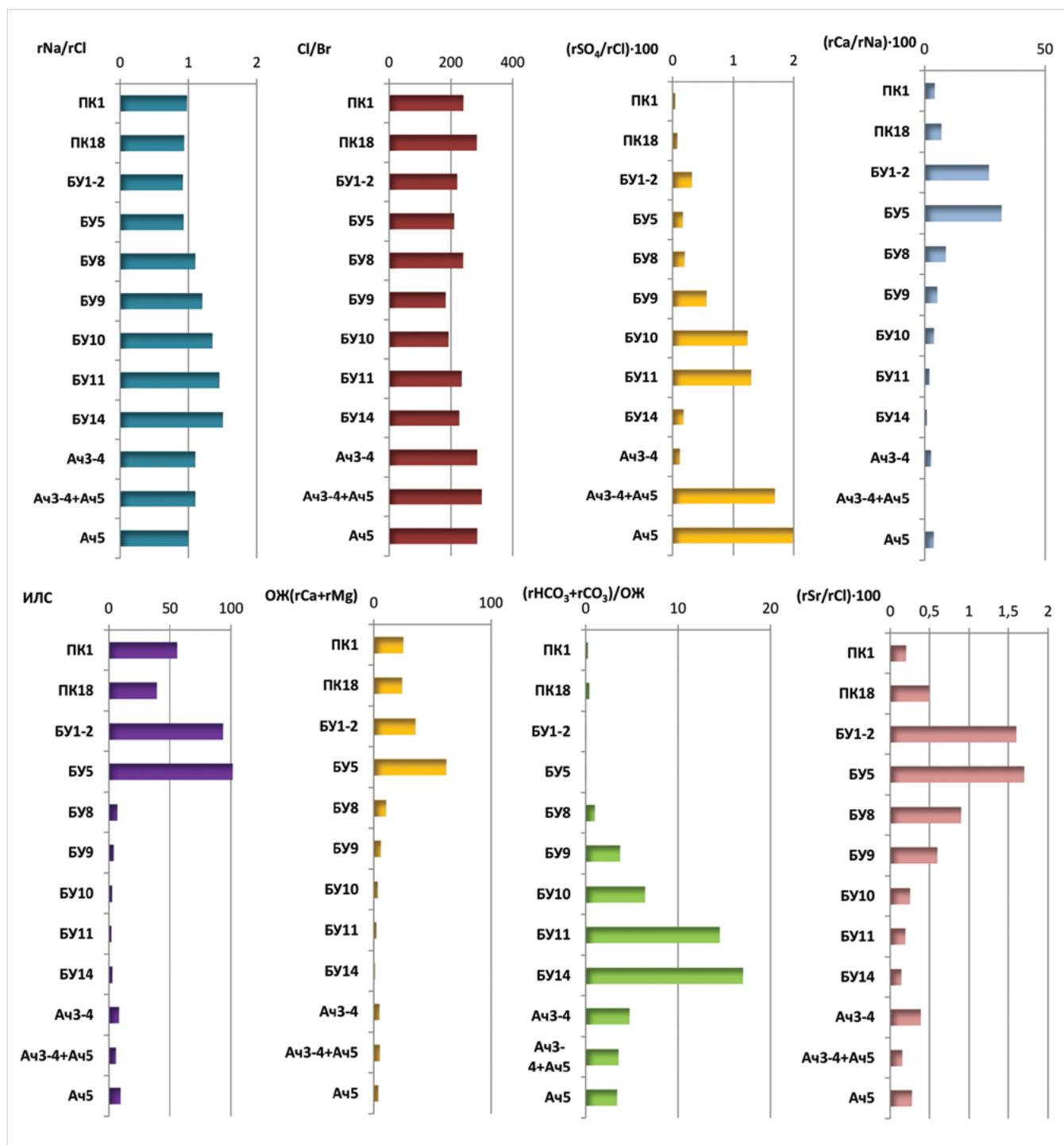


Рис. 2 — Количественные значения диагностических критериев пластовых вод в зависимости от залежей продуктивных пластов УНГКМ

построены зависимости, отражающие изменение состава вод по пластам (рис. 2). В результате проведенного анализа выбраны наиболее информативные критерии, представленные в таб. 2.

Для диагностики генетической принадлежности вод УНГКМ наиболее информативными гидрохимическими показателями являются следующие:

– натрий-хлорный коэффициент rNa/rCl — показатель метаморфизации пластовых вод, характеризующий тип вод по классификации В.А. Сулина. В катионном составе вод УНГКМ повсеместно преобладает ион натрия. В случае, если $rNa/rCl < 1$ — воды хлоридно-натриевого типа, характерного для пластов сеноманского и неокомского горизонтов; при $rNa/rCl > 1$ — воды гидрокарбонатно-натриевые (пласты $БУ_9$, $БУ_{10-11}^1$, $АЧ_{3-4}^{2-3}$, $АЧ_5^{2-3}$). По данному коэффициенту пластовые воды (гидрокарбонатно-натриевого типа) достаточно четко отличаются от других типов вод (хлоридно-кальциевых, сульфатно-натриевых, хлоридно-магниевого и растворов смешения);

– хлор-бромный коэффициент Cl^-/Br^- — показатель растворения хлоридных солей, рассчитывается по отношению хлора к бром в массовых концентрациях (мг/дм³); при $Cl^-/Br^- < 300$ воды являются пластовыми, происхождение их связано с древними бассейнами осадконакопления, зонами застойного водообмена. Если $Cl^-/Br^- > 300$, то существует вероятность дополнительного поступления хлора в пластовые воды за счет инфильтрации из внешних источников (например, технических растворов). По результатам исследований хлор-бромный коэффициент в пластовых водах ачимовских отложений находится в пределах 280–300, что характерно для всего УНГКМ;

– сульфат-хлорный коэффициент ($rSO_4^{2-}/rCl^- \cdot 100$) характеризует насыщенность вод сульфатами, следовательно, в восстановительной обстановке, присущей пластовым водам нефтегазовых месторождений, этот коэффициент имеет более низкие значения по сравнению с инфильтрационными водами, обогащенными кислородсодержащими ионами. Повышение этого показателя может свидетельствовать о внедрении вод из внешних источников. По результатам исследований $rSO_4^{2-}/rCl^- \cdot 100 < 0,2$ по 1 эксплуатационному участку (значение коэффициента по пласту $АЧ_{3-4}$ близко по значению пластам $ПК_{18}$, $БУ_9$); $1,7 \leq rSO_4^{2-}/rCl^- \cdot 100 \leq 2$ — 2 эксплуатационный участок (пласты $АЧ_{3-4}^{2-3}$, $АЧ_5^{2-3}$). Значение сульфат-хлорного коэффициента на втором участке значительно выше, чем по вышележащим пластам и достигает максимума в пласте $АЧ_5^{2-3}$;

– кальций-натриевый коэффициент ($rCa^{2+}/rNa^+ \cdot 100$) информативен при диагностике присутствия в составе попутных вод технических жидкостей, закачиваемых в скважины для промысловых целей. Аномально высокие значения этого коэффициента связаны с воздействием растворов хлористого кальция. Согласно результатам исследований, кальций-натриевый коэффициент по пластам ачимовских отложений изменяется от 2,5 до 4,0;

– индекс Ларсона – Скольда (ИЛС), представляет собой отношение суммы молярных

концентраций ионов хлора и сульфат-иона к сумме молярных концентраций гидрокарбонат- и карбонат-ионов: $(rCl^- + rSO_4^{2-}) / (rHCO_3^- + rCO_3^{2-})$. ИЛС — критерий, характеризующий коррозионную способность воды по отношению к низкоуглеродистой стали. Его повышенные значения свидетельствуют о коррозионной активности вод в обстановке, связанной с техногенезом. Так, по пластам $БУ_8$, $БУ_9$, $БУ_{10-11}^1$, $БУ_{14}^1$, наблюдается постепенное уменьшение критерия ИЛС с 9 до 2, обусловленное увеличением содержания гидрокарбонат иона вниз по разрезу (756–1805 мг/дм³). В пластовых водах эксплуатационных скважин ачимовских отложений критерий ИЛС находится в диапазоне 8–9, за исключением скважин пластов $АЧ_{3-4}^{2-3}$ (4), который в дальнейшем будет скорректирован по мере получения репрезентативной выборки статистических данных;

– кальций-магний коэффициент ($rCa+rMg$) представляет собой сумму молярных концентраций кальция и магния и обуславливает общую жесткость пластовой воды. Данный коэффициент возрастает вниз по разрезу, достигая максимума в пласте $БУ_5$ (с 25 до 62), снижаясь в дальнейшем до 0,9 к $БУ_{14}^1$. Значение этого коэффициента в залежах пластов от $АЧ_{3-4}$ до $АЧ_5^{2-3}$ изменяется от 4,8 до 4,0;

– отношение суммы молярных концентраций гидрокарбонат- и карбонат-ионов к общей жесткости ($rHCO_3^- + rCO_3^{2-} / rCa+rMg$) возрастает от $ПК_1$ к $БУ_{14}^1$, достигая максимального значения 17, обусловленное увеличением содержания гидрокарбонат-иона и уменьшением содержания кальция и магния, т.е. общей жесткости. В пластах $АЧ_{3-4}$ и $АЧ_5^{2-3}$ происходит изменение коэффициента от 4,7 до 3,4. Значение этого коэффициента по ачимовским отложениям близко к пластам $БУ_9$ — 3,7;

– стронций-хлорный коэффициент ($rSr/rCl \cdot 100$) показателен для УНГКМ, так как стронций и хлорид-ион являются коррелятивными компонентами, содержание которых индивидуально для каждого пласта. Данный коэффициент возрастает от $ПК_1$ до $БУ_9$, где достигает максимального значения, далее вниз по разрезу уменьшается до $БУ_{14}^1$. При переходе на ачимовские пласты коэффициент увеличивается: значение по $АЧ_{3-4}$ (0,4) близко $ПК_{18}$ (0,5), а по пластам $АЧ_5^{2-3}$ (0,3) соответствует $БУ_{10}$ (0,25).

Объем информации по ГХК ачимовских отложений УНГКМ на данный момент разработки ограничен, поэтому диагностические критерии по некоторым пластам даны в первой редакции. В дальнейшем, значения информативных гидрохимических параметров для определения генезиса вод, поступающих в скважины, будут уточняться.

Итоги

Комплексный анализ корреляционных связей между концентрациями рассматриваемых компонентов позволяет уточнить и детализировать особенности их геохимии в пластовых водах нефтегазоконденсатных месторождений.

Выводы

Полученная в результате ГХК информация о количественном содержании компонентов в попутных водах и значениях

диагностических критериев для залежей ачимовской толщи УНГКМ позволяет повысить эффективность контроля за разработкой месторождения и использования фонда скважин — посредством более обоснованного подбора скважин-кандидатов под конкретные геолого-технические мероприятия по обеспечению дальнейшей их работоспособности.

Список литературы

1. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра, 1975. 680 с.
2. Козлов А.Л., Твердовидов А.С., Чупис Н.Е., Терещенко В.А. Гидрогеологический контроль за разработкой газовых месторождений. Науч.-техн. обзор: Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений. М.: ВНИИГазпром, 1978. 58 с.
3. Курчиков А.Р., Бородкин В.Н., Забоев К.О. Модель формирования и перспективы нефтегазоносности ачимовской толщи Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. №4. ТюмГНГУ, 2009. С. 30–35.
4. Абукова Л.А., Абрамова О.П., Кошелев А.В., Ставицкий В.А. и др. Исходный состав пластовых вод как основа гидрохимического контроля за разработкой ачимовских отложений УНГКМ. Приоритетные направления развития Уренгойского комплекса: СНТ. ООО «Газпром добыча Уренгой». М.: Недра, 2013. С. 171–181.
5. Кошелев А.В., Ли Г.С., Катаева М.А. Гидрохимический контроль за обводнением пластовыми водами объектов разработки Уренгойского НГКМ. Сборник научных трудов ООО «ТюменНИИпрогаз». Тюмень: РИФ «Солярис», 2013. С. 147–159.
6. Кошелев А.В., Ли Г.С., Катаева М.А. Оперативный гидрохимический контроль за обводнением пластовыми водами объектов разработки Уренгойского НГКМ. Научно-технический сборник «Вести газовой науки». М.: ВНИИГАЗ, 2014. № 3(19). С. 106–115.



г. Новый Уренгой, ул. Железнодорожная, д. 8

+7 (3494) 94-84-09

+7 (3494) 22-04-49

gdu@gd-urengoy.gazprom.ru

www.urengoy-dobycha.gazprom.ru