

5. Семенов В. Б., Ключев А.Н. Щелочно-силикатный бетон с добавкой целлюлозы [Текст]. М.: Природообустройство №4, гидротехническое строительство, 2009.
6. Царев М. А., Лободенко И. Ю., Понизов А. В., Родин А. В., 2023. Экспериментальная оценка изменения фильтрационных свойств геохимического барьерного материала на основе бетона при растворении. Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: труды V всероссийской научной конференции с международным участием им. проф. С. Л. Шварцева, Томск, с. 95-100.
7. Фильтрация воды через бетон и бетонные гидротехнические сооружения [Текст]: учеб. пособие / Библиотека гидротехники и гидроэнергетики; сост. Элбакидзе М.Г. – М.: Изд-во «Энергоатомиздат», 1988.

РАСЧЁТ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ПЛАСТОВЫХ ВОД АЧИМОВСКОЙ ТОЛЩИ УРЕНГОЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Пчелинцева И.В.^{1,3}, Цыпленко М.М.^{2,3}

Научный руководитель профессор Е.Г. Языков

¹ НОУ «Академия инжиниринга нефтяных и газовых месторождений», г. Томск, Россия

² ООО «ИЦ ГазИнформПласт», г. Томск, Россия

³ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Гидрогеохимический контроль – процесс мониторинга химических составов водных ресурсов, в том числе пластовых вод месторождений углеводородов. Комплексный анализ распределения химических элементов, их соотношений во флюидных системах, в совокупности с данными о фациальном и минеральном составе вмещающих пород, позволяет уточнять особенности формирования пластовых вод и контролировать эффективность процессов отработки месторождений.

Отложения ачимовской толщи Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения относятся к сортымской свите барремского и валанжинского ярусов нижнего мела. Распространена гипотеза о формировании толщи в составе турбидитовых конусов выноса, наложенных друг на друга [1]. Породы представлены слоистыми сероцветными мелкозернистыми песчаниками, алевролитами и тёмно-серыми аргиллитами. Состав цемента – карбонатно-глинистый. Суммарная мощность ачимовской толщи варьируется от 80 до 418 метров.

Для пластовых вод ачимовской толщи существует множество генетических гипотез [1,2] о влиянии на состав двух основных групп факторов: кон- и постседиментационных. Компоненты вод, погребённых и уплотнённых под толщей осадков, характеризуют состав морских вод мелового времени и результаты первичного ионного обмена. Другие компоненты являются результатом миграции минерализованных вод и характеризуют тектонические процессы, воздействовавшие на породы региона. Третьей группой факторов, существенно влияющей на результаты интерпретации ионного состава вод, являются техногенные факторы (составы буровых растворов, технологического оборудования, а также условия отбора проб).

В лаборатории исследования пластовых флюидов ООО «Исследовательского центра ГазИнформПласт» были определены составы проб пластовых вод, отобранных с устья 74 скважин Уренгойского месторождения с целевыми пластами Ач₃; Ач₄; Ач₅²⁻³ и их комбинациями. Пробы исследованы на следующие показатели: ионный состав (натрий, хлор, бром, сульфат, кальций) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии и капиллярного электрофореза, и гидрокарбонат- и карбонат-ионы титриметрическим методом. Исследованы закономерности изменения концентраций ионов в пробах, выполнены расчеты соотношений между ними, построены зависимости, отражающие изменение состава вод с различной минерализацией (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1

Количественные значения диагностических критериев

Объекты контроля	Общая минерализация, г/дм ³	Гидрохимические коэффициенты				
		Натрий-хлорный	Хлор-бромный, мг/дм ³	Сульфат-хлорный	Кальций-натриевый	Индекс Ларсена-Скольда
Ач ₃	4,03-41,6 22,8	0,20-1,52 0,86	1614-138800 70207	0,16-1,28 0,72	21,1-490 255	9,96
Ач ₄	0,16-11,5 5,81	0,27-1,19 0,73	16-1307 661	0,17-0,26 0,22	11,6-301 156	1,20
Ач ₃ ; Ач ₄	0,05-6,44 0,43	0,3-7,6 0,98	2,44-9325 522	0,20-202 30,1	8,68-87400 2212	0,02-14,4 1,59
Ач ₃ ; Ач ₄ ; Ач ₅ ²⁻³	0,07-17,5 2,6	0,04-5,37 1,02	3,37-7256 615	0,14-52,9 14,1	0,34-6644 528	0,03-229 12,4
Ач ₃ ; Ач ₅ ²⁻³	0,08-21,8 6,3	0,47-1,93 1,13	3,69-719 182	0,11-17,5 3,33	1,36-79,6 36,7	0,14-17,3 5,50

Были рассчитаны следующие коэффициенты: натрий-хлорный коэффициент ($r_{Na/Cl}$), хлор-бромный коэффициент (Cl/Br), коэффициент сульфатности ($r_{SO_4^{2-}/Cl}$), кальций-натриевый коэффициент ($r_{Ca/Na}$), индекс Ларсена-Скольда. Обозначение r свидетельствует о том, что показатель рассчитан в эквивалентных единицах.

Показатель метаморфизации вод ($r_{Na/Cl}$) варьируется в пределах 0,04-5,37 (таблица 1, рисунок 1), что позволяет предположить о закрытости пластовых систем от привноса сторонних вод.

Коэффициент (Cl/Br) ниже трёхсот указывает на то, что при воды формировались в застойных условиях в осадочных толщах древних бассейнов. Если данный показатель превышает триста единиц, то этот факт может выступать свидетельством поступления хлора за счёт внешних источников, преимущественно техногенных [2]. Амплитуда значений коэффициента - от 2,44 до 9325 мг/дм³. Количество проб с показателем до 300 – 50, выше 300 – 24. Наибольшее количество проб с вероятностью дополнительного поступления хлора происходит с пластов

Ач3, Ач4. Именно хлор-бромный коэффициент, для морской воды равный 300 является показателем геологической изолированности пластовой системы [3].

Сульфат-хлорный коэффициент или коэффициент сульфатности $(rSO_4^{2-}/rCl^-)100$ характеризует насыщенность пластовых вод сульфатами. Концентрация сульфатов в исследуемых водах варьируется от 0,11 до 202 мг/дм³. Зональность в распределении сульфатов может свидетельствовать об изменении углеводородонасыщенных толщин пласта и соответствующим его выклиниванием [3].

Кальций-натриевый коэффициент $(rCa/rNa)100$ также демонстрирует наличие в пластовой воде компонентов технологических жидкостей, а наиболее высокие его значения напрямую указывают на влияние раствора хлористого кальция [2]. Согласно полученным результатам, кальций-натриевый коэффициент колеблется в пределах от 0,34 до 87400.

Индекс Ларсена-Скольда представляет собой отношение суммы молярных концентраций ионов хлора и сульфат-иона к сумме молярных концентраций гидрокарбонат- и карбонат-ионов [2]. Это показатель коррозионной активности воды к низкоуглеродистой стали. Наиболее низкие значения зафиксированы для пласта Ач4.

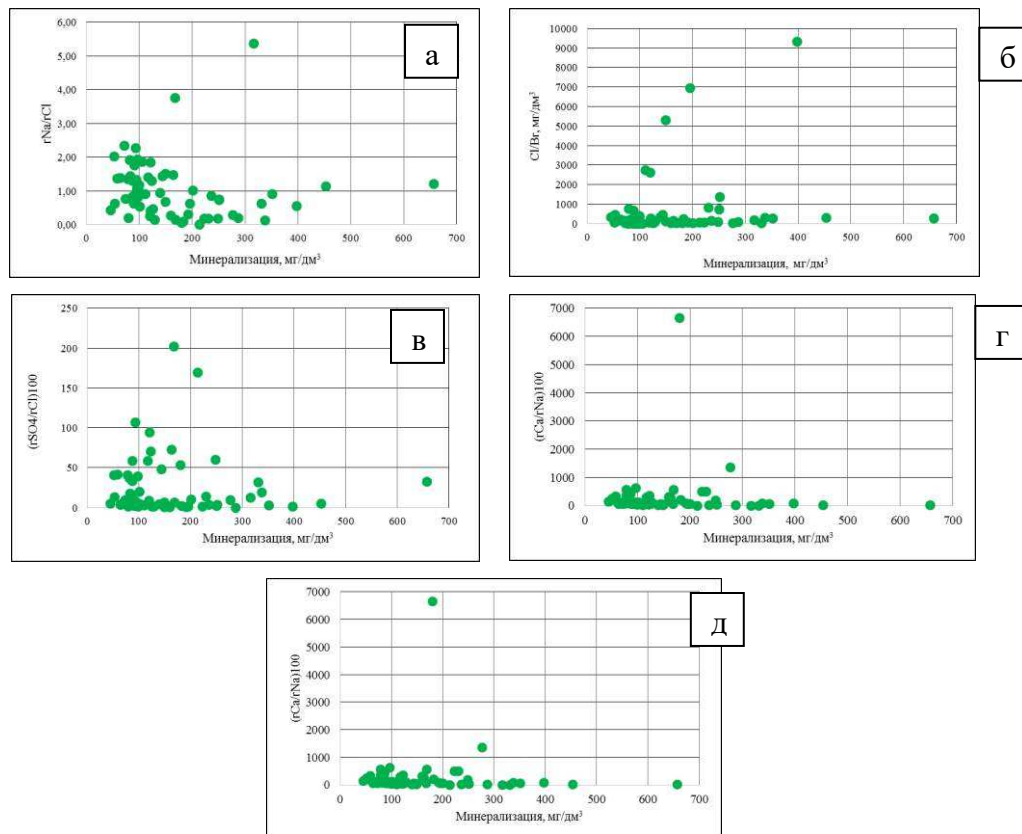


Рис. 1. Графики зависимостей генетических коэффициентов и минерализации пластовой воды Уренгойского месторождения (а – натрий-хлорный, б – хлор-бромный, в – сульфат-хлорный, г – кальций-натриевый коэффициенты, д – индекс Ларсена-Скольда)

Исходя из вышеописанного можно заключить о геологической изолированности пластовой системы, а также о возможном привносе ионов натрия из технологических растворов. В дальнейшем, при составлении карт пластовых вод по различным критериям можно предположить как о геологических, так и о технологических причинах концентрации и рассеяния тех или иных компонентов.

Литература

1. Гречнева О. М. Гипотеза формирования подвижной воды в ачимовских пластах Уренгойского месторождения [Текст] / О. М. Гречнева // Газовая промышленность., 2021. – № 3. – С. 32–37.
2. Кошелев А. В. Оперативный гидрохимический контроль за обводнением пластовыми водами объектов разработки Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения [Текст] / А. В. Кошелев, Г. С. Ли, М. А. Катаева // Вести газовой науки. – 2014. – № 3. – С. 106–115.
3. Никитенко О.А. Гидрогеохимические критерии поиска и разработки углеводородных месторождений: обзор, анализ и перспективы использования на острове Сахалин [Текст] / О. А. Никитенко, В. В. Ершов // Геосистемы переходных зон. – 2021. – № 4. – С. 361–377.
4. Стоу Д. А. В. Морские глубоководные терригенные отложения / Д. А. В. Стоу // Обстановки осадконакопления и фации. – 1990. – Т. 2. – С. 141–194.