

А. Г. Плавник¹, Ю. И. Сальникова^{1,2}*

Гидрогеохимия сеноманских отложений района Тазовского месторождения

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
Западно-Сибирский филиал, г. Тюмень, Российская Федерация

² Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация
* e-mail: salnikova.julja@rambler.ru

Аннотация. Обобщены данные по геохимии пластовых вод юрско-меловых отложений района Тазовского месторождения с момента начала геологоразведочных работ и по настоящее время. Выявлена схожесть условий формирования подземных вод на территории Тазовского месторождения и прилегающих площадей. Наличие в сеноманских отложениях вод гидрокарбонатно-натриевого и хлоридно-магниевого типов (по В.А. Сулину) вдоль восточного борта протяженного тектонического разлома предполагает связь с вертикальной миграцией вод из неокомского и юрского комплексов. Хлоридно-кальциевая типизация внутриконтурных и законтурных вод газонефтяной залежи сеномана свидетельствует о том, что процессы миграции подземных вод и заполнения ловушки углеводородами не связаны между собой.

Ключевые слова: внутриконтурные и законтурные воды, состав подземных вод, Западная Сибирь

A. G. Plavnik¹, Yu. I. Salnikova^{1,2}*

Hydrogeochemical conditions of groundwater in Jurassic-Cretaceous deposits of the area of the Tazovsky field

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
West Siberian Branch, Tyumen, Russian Federation

² Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation
* e-mail: salnikova.julja@rambler.ru

Abstract. The data on the geochemistry of the formation waters of the Jurassic-Cretaceous deposits of the Tazovskoye field area from the moment of the start of geological exploration to the present are summarized. The similarity of the conditions for the formation of groundwater in the territory of the Tazovsky field and adjacent areas was revealed. The presence in the Cenomanian deposits of waters of hydrocarbonate-sodium and chloride-magnesium types (according to V.A. Sulin) along the eastern side of an extended tectonic fault suggests a connection with the vertical migration of waters from the Neocomian and Jurassic complexes. Calcium chloride typification of the intraloop and marginal waters of the Cenomanian gas-oil deposit indicates that the processes of groundwater migration and the filling of the trap with hydrocarbons are not related.

Keywords: in-loop and out-of-loop waters, groundwater composition, Western Siberia

Введение

Решение теоретических и прикладных вопросов гидрогеологии и гидрогеохимии пластовых вод Западно-Сибирского мегабассейна, изучение их связи с нефтегазоносностью отложений имеет важное научное и практическое значение.

Исследования гидрогеохимической природы глубоких подземных вод северной части Западной Сибири начинается с 50-60-х годов прошлого века и совпадает с продвижением масштабных нефтегазопроисследовательских работ в эти районы [1, 2]. Известно большое количество работ, посвященных исследованиям подземных вод северных областей, таких ученых, как Н.Н. Ростовцев (1962), А.Э. Конторович (1963), С.Л. Шварцев (1963), Е.А. Барс (1970), В.А. Нуднер (1970), Б.П. Ставицкий (1970), В.М. Матусевич (1976), А.А. Розин (1977), Н.М. Кругликов (1985), А.Р. Курчиков (2004), Д.А. Новиков (2000) и др., в которых отражены пространственные закономерности изменения минерализации, содержания макро- и микрокомпонентов, а также водорастворенного газа подземных вод верхнего и нижнего гидрогеологического этажей, проведен анализ ведущих факторов, определяющих генезис подземных вод бассейна и их связь с нефтегазоносностью отложений.

Однако, в условиях масштабности размеров бассейна и существенной пространственной неоднородности распределения имеющейся информации в плане и по разрезу отложений, стоит крайне неравномерную изученность его северных территорий, выраженную в ограниченности гидрогеологических исследований разреза юрско-меловых отложений и практически их полное отсутствие в период с конца 1960-х по начало 2000-х годов. В основном полученные результаты характеризуются слабой детализированностью и носят фрагментированный характер.

Значительная вариативность данных состава подземных вод, отобранных даже в пределах одной площади исследований, из одного интервала опробования в скважине, также создает дополнительные сложности в их интерпретации, поскольку отсутствует надежная оценка природного и техногенного влияния на конечные аналитические результаты. Поэтому теоретические вопросы связи геологической истории и условий развития бассейна с формированием современного гидрогеохимического облика объектов локального уровня во многом остаются открытыми.

За последние годы в процессе разработки месторождений углеводородов появилась возможность проанализировать значительный объем гидрохимических исследований законтурных вод, попутных вод и вод, извлекаемых для обеспечения систем поддержания пластового давления нефтяных месторождений. Анализ современных гидрохимических данных и данных, полученных на этапе поисково-разведочных работ, позволяет детализировать условия формирования состава подземных вод нефтегазоносных горизонтов Западно-Сибирского мегабассейна.

В этом отношении особый интерес представляет информация, накопленная на Тазовском месторождении, в том числе по пробам попутных вод, отобранных при эксплуатации нефтяной залежи до внедрения системы заводнения пласта позволяет оценить гидрогеохимические условия в нефтенасыщенной зоне пласта, не нарушенной внедрением вод из других объектов.

Методы и материалы

Значительный объем накопленных результатов гидрогеохимического опробования района Газовского месторождения базируется на данных основных макро- и микрокомпонентов. Методы исследований таких гидрогеохимических данных, как правило, включают в себя:

- анализ качества лабораторных определений химического состава подземных вод;
- отбраковку данных, не удовлетворяющих критериям достоверности;
- характеристику типа подземных вод по существующим генетическим классификациям;
- анализ взаимосвязи состава подземных вод с литолого-фациальными условиями накопления вмещающих отложений и особенностями их тектонического строения.

Основные подходы в достоверности аналитических данных подземных вод состоят в использовании условий электронейтральности раствора (равенства содержания сумм анионов и катионов в миллиграмм-эквивалентной форме) и материального баланса (равенства расчетной минерализации и полученного при анализе сухого остатка).

Контроль электронейтральности выполняется путем вычисления относительной погрешности (С, %) по основным компонентам (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , Mg^{2-} , SO_4^{2-} , CO_3^-), определяемой соотношением (1):

$$C = \frac{\sum A - \sum K}{\sum A + \sum K} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где А – анионы, мг-экв/дм³, К – катионы, мг-экв/дм³.

Если относительная погрешность С превышает по абсолютной величине 5%, то качество результатов по такой пробе требует дополнительного анализа [3]. В этом случае осуществляется пересчет суммарного содержания натрия (или суммы натрия и калия, которые при анализе, как правило, определяются расчетным методом [4], по разности между суммой миллиграмм-эквивалентов анионов и суммой миллиграмм-эквивалентов катионов. Затем производится корректировка расчетной минерализации и сопоставление полученного результата с минерализацией, определенной по результатам химического анализа рассматриваемой пробы. Если при данном пересчете разница расчетной и исходной минерализациями не превышает 2 г/дм³, то анализ признается качественным с пересчитанным значением натрия.

На присутствие примеси технологической (буровой, промывочной и т.д.) жидкости в отобранной пробе может указывать повышенное (более 1%) содержание отдельных компонентов, в частности катионов – Ca^{2+} и K^+ , анионов – SO_4^{2-} и CO_3^{2-} . Такие пробы также могут быть отнесены к некачественным.

Для типизации и районирования подземных вод по составу используется традиционно применяемая в нефтегазовой гидрогеологии классификация по В.А. Сулину [5].

Результаты

К настоящему времени накоплен достаточно большой объем результатов гидрогеохимических опробований апт-альб-сеноманского комплекса (ААС ВК) на Тазовском месторождении и прилегающих территориях. Меньшим количеством опробований характеризуются подземные воды неокома и юры. Из 209 анализов проб подземных вод апт-альб-сеноманского комплекса отбраковано 41, по неокомскому комплексу из 95 анализов отбраковано 44, по юрскому комплексу из 10 анализов отбраковано 2.

На Тазовском месторождении гидрогеохимическим опробованием преимущественно охарактеризованы сеноманские отложения (30 проб), в меньшей степени неокомские (17 проб) и юрские (6 проб) отложения. Пластовые воды альбских и аптских отложений на месторождении не изучены.

На основе имеющихся данных о пластовых водах сеноманского горизонта Тазовского месторождения авторами выполнено деление анализов, отобранных из нефтенасыщенного интервала, и интервала, расположенного ниже уровня ВНК (табл. 1). При рассмотрении сводных данных геохимии подземных вод Тазовского месторождения также можно выделить два периода изучения ААС ВК.

Таблица 1

Гидрогеохимическая характеристика пластовых вод сеномана на Тазовском месторождении

Номер скважины	Кол-во проб/скважин	Год отбора	М, мг/дм ³	Солевой состав, мин/макс/сред., мг/дм ³						Микрокомпоненты, мг/дм ³			Генетические коэффициенты				Тип вод по В.А. Сулину
				Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Г	Br ⁻	B [*]	rNa/rCl	Cl/Br	Ca/Cl	B/Br	
Начальный этап (сеноман)																	
1Р0, 5R, 16R, 25R	9 4	1964-1966	12.1	4337.8	258.5	23.0	4.1	7304.1	231.8	13.9	43.7	7.0	0.86	139.70	0.02	0.14	Ж
			19.2	6909.0	894.0	116.7	62.7	11553.8	439.0	18.8	80.0	20.0	0.96	252.05	0.08	0.22	
10R, 24R	4 2	1965-1968	9.0	3116.8	142.9	33.7	14.8	5362.9	155.6	11.7	24.2	5.5	0.94	207.22	0.02	0.21	Ж
			17.5	6339.3	313.4	95.7	20.0	10423.0	317.2	19.6	50.3	12.8	0.95	226.80	0.03	0.28	
13R, 18R, 32R	9 3	1964-1967	14.4	5442.0	78.6	73.0	3.3	8125.0	703.7	5.1	36.8	8.8	1.00	164.81	0.10	0.15	ЖМ, ГКН
			19.3	7057.1	134.3	127.0	15.0	10638.0	1282.0	22.0	59.9	9.2	1.04	228.81	0.10	0.18	
Современный этап (сеноман)																	
КП 3.1 (32, 3101, 3112, 3115, 3123)	5 5	2017-2022	14.2	4941.8	222.5	86.3	5.0	8316.0	189.2	0.6	25.0	8.1	0.82	197.53	0.02	0.32	Ж
			18.7	6801.9	903.9	216.4	25.3	11220.0	378.2	16.7	51.6	8.1	0.97	448.80	0.08	0.32	
КП 4 (4104, 4107)	2 2	2019, 2022	16	5794.0	214.2	72.8	46.4	9147.6	610.0	14.7	40.5	10.4	0.98	225.87	0.02	0.42	Ж
			19	7040.7	211.0	93.0	12.5	11273.0	397.0	16.0	25.0	10.4	0.96	450.92	0.02	0.42	
КП 6 (6104)	1 1	2022	19.5	7139.9	190.0	110.0	12.5	11450.0	630.0	15.2	25.0	9.4	0.96	458.00	0.02	0.38	Ж
			17.5	6417.3	212.6	82.9	29.5	10210.3	503.5	15.4	32.8	10.4	0.97	338.39	0.02	0.42	

Пластовые воды в контуре ВНК
 Законтурные пластовые воды

Обсуждение

Подземные воды сеноманских отложений исследованы как на этапе поисково-разведочных работ (1964-1968 гг., 22 пробы), так и на современном этапе (2017-2022 гг., 8 проб). Полученные данные свидетельствуют о близости резуль-

татов определения химического состава проб подземных вод, отобранных на разных этапах исследований. Преимущественно воды сеноманских отложений относятся к хлоридно-кальциевому типу. Исключение составляют девять анализов проб хлоридно-магниевый и гидрокарбонатно-натриевого типов, которые отобраны в скважинах №№ 13R, 18R, 32R расположенных на восточном склоне Тазовской структуры вдоль значительного по размерам и амплитуде разлома.

Пластовые воды продуктивного интервала сеномана, отобранные из эксплуатационных скважин Тазовского месторождения (2017-2022), относятся к хлоридно-кальциевому типу. Средняя минерализация вод по кустам скважин изменяется от 17,3 до 19,5 г/дм³.

По данным опробования разведочных скважин (1960-е годы) в пределах нефтенасыщенной части пласта на Тазовском месторождении пробы пластовых вод (9 анализов) характеризуются близким значением средней минерализации – 17,1 г/дм³ и имеют также хлоридно-кальциевый тип.

Законтурные воды сеноманской залежи, изученные по скв.10R и 24R (две пробы), в целом характеризуются однотипным и схожим химическим составом с внутриконтурными водами с пониженными значениями минерализации (10,7-17,4 г/дм³).

Значительный интерес представляет геохимия законтурных вод сеномана вдоль восточного склона Тазовской структуры, отсеченного глубоким тектоническим разломом. Здесь по данным восьми анализов скв. 13R, 18R законтурные воды сеномана относятся к гидрокарбонатно-натриевому типу с минерализацией 16,8-17,9 г/дм³, что можно объяснить влиянием тектонического разлома с амплитудой до 120 м. По единственной пробе из скв. 32R, пробуренной на расстоянии около 400 м от указанного разлома, тип законтурных сеноманских вод определяется как хлоридно-магниевый с минерализацией 17,6 г/дм³. Пластовые воды сеноманских отложений в восточной зоне распространения этого разлома, очевидно, формировались под влиянием перетоков флюидов гидрокарбонатно-натриевого состава из юрских и неокомских горизонтов.

Характерный для сеноманских отложений всего района исследований хлоридно-кальциевый тип подземных вод в нефтенасыщенной зоне, расположенной к западу от отмеченного разлома, очевидно свидетельствует о том, что формирование газонефтяного месторождения или не связано с вертикальной миграцией углеводородов в пределах этого разлома, или, что процессы миграции нефти и перетоков подземных вод не связаны между собой, например, разнесены во времени.

Заключение

По результатам анализа пластовых вод апт-альб-сеноманских отложений района Тазовского месторождения можно сделать следующие выводы:

1. Пластовые воды сеноманского горизонта на Тазовском месторождении по составу характеризуются единообразием с водами района исследований в целом – воды относятся к хлоридно-кальциевому типу, с близкими значениями ми-

нерализации и содержания основных компонентов ионно-солевого состава. Это свидетельствует о схожести условий формирования подземных вод на описываемой территории.

2. Природа сеноманских вод Тазовского месторождения, приуроченных к восточному борту протяженного тектонического разлома (гидрокарбонатно-натриевый и хлоридно-магниевый типы), вероятно, связана с вертикальной миграцией вод из неокомского и юрского комплексов.

3. Хлоридно-кальциевый тип внутриконтурных и законтурных вод газонептяной залежи сеномана Тазовского месторождения свидетельствует о том, что отмеченные процессы миграции подземных вод и процессы заполнения ловушки углеводородами не связаны между собой.

Благодарности

Аналитические работы по изучению химического состава пластовых вод выполнены при финансовой поддержке проекта Министерства науки и высшего образования РФ №FWZZ-2022-0015 в рамках НИР СО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комгорт, М.В., Курчиков А.Р., Бородкин В.Н. Поисково-разведочные работы на территории Ямало-Ненецкого автономного округа: история и перспективы // История науки и техники. – 2009. – № 6. – С. 17-28.
2. Матусевич В.М. Краткая история изучения глубоких подземных вод Западно-Сибирского мегабассейна и эволюция научных представлений // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1999. – № 4. – С. 24-31.
3. Резников А.А. и др. Методы анализа природных вод / А.А. Резников, И.П. Муликовская, И.Ю. Соколов. – М. : Недра, 1970. – 488 с.
4. Бурдынь Т.А. и др. Химия нефти, газа и пластовых вод / Т.А. Бурдынь, Ю.Б. Закс. – М.: Недра, 1978. – 277 с.
5. Сулин В.А. О классификации природных вод / Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. акад. Ф.П. Саваренского. – 1948. – Т. III. – С. 1–13.

© А. Г. Плавник, Ю. И. Сальникова, 2023