

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

Современные гидрогеохимические условия апт-альб-сеноманских отложений на нефтяных и газовых месторождениях Западной Сибири

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук Западно-Сибирский филиал, г. Тюмень, Российская Федерация

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

Аннотация. В статье представлены результаты многолетних исследований пластовых вод апт-альб-сеноманского водоносного комплекса Западно-Сибирского артезианского бассейна (более 4700 проб), используемых при разработке месторождений углеводородов. Актуальность исследования определяется недостаточной изученностью условий формирования современных гидрогеохимических условий бассейна, в частности, природы вариативности показателей химического состава проб подземных вод, фиксируемых в период поисково-разведочных работ. На основе расчета стандартных отклонений содержания макро- и микрокомпонентов в водах по водозаборам рассматриваемых месторождений и их сопоставления с погрешностями лабораторных методов определения химического состава вод установлено, что вариация в содержании основных водорастворенных компонентов – натрия и хлора, сопоставима с погрешностями аналитических методов. Для других макро- и микрокомпонентов – кальция, гидрокарбоната, йода и брома, вариации существенно превышают аналитическую погрешность. Полученные результаты отражают различие природы содержания рассматриваемых компонентов в подземных водах – для ионов натрия и хлора источником являются морские воды, для других компонентов – литологический состав вмещающих отложений, для которого характерна существенная неоднородность.

Ключевые слова: Западно-Сибирский мегабассейн, апт-альб-сеноманский комплекс, гидрогеохимический мониторинг, разработка месторождений углеводородов

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

Modern hydrogeochemical conditions of the Aptian-Albian-Cenomanian deposits in the oil and gas fields of Western Siberia

¹ Institute of Petroleum Geology and Geophysics. A. A. Trofimuk, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, West Siberian Branch, Tyumen, Russian Federation

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

Abstract. The article presents the results of long-term studies of formation waters of the Aptian-Albian-Cenomanian aquifer complex of the West Siberian artesian basin (more than 4700 samples) used in the development of hydrocarbon deposits. The relevance of the study is determined by the insufficient study of the nature of the formation of modern hydrogeochemical conditions of the basin, in particular, the nature of the variability of the indicators of the chemical composition of groundwater samples recorded during exploration work. Based on the calculation of standard deviations of the content of macro- and microcomponents in waters from water intakes of the fields under consideration and their comparison with the methodological errors of laboratory methods for determining the

chemical composition of waters, it was established that the variation in the content of the main water-dissolved components - sodium and chlorine - is comparable with the errors of analytical methods. For other macro- and microcomponents – calcium, bicarbonate, iodine and bromine, the variations significantly exceed the analytical error. The obtained results reflect the difference in the nature of the content of individual components in groundwater: for sodium and chlorine ions, the source is seawater, for other components, the lithological composition of the enclosing sediments, which is characterized by significant heterogeneity.

Keywords: West Siberian megabasin, Aptian-Albian-Cenomanian complex, hydrogeochemical monitoring, development of hydrocarbon deposits

Введение

В Западной Сибири процессы заводнения нефтяных залежей с целью поддержания пластового давления, размещение в недрах излишков попутно добываемых, сточных и технических флюидов, отбор значительных объемов вод апт-альб-сеноманского водоносного комплекса, а также длительный период ведения промысловых работ (десятки лет), повлекли за собой масштабные перераспределения флюидов. Проблемы геохимической трансформации подземных вод нефтегазоносных комплексов под воздействием техногенеза отражены в исследованиях Л.А. Абуковой, В.В. Муляка, Т.А. Киреевой, Н.И. Плотникова, А.А. Карцева, С.Б. Вагина, В.М. Матусевича, Л.А. Ковяткиной, Е.А. Пономарева, Ю.П. Гаттенбергера, В.П. Дьяконова, О.М. Севастьянова, В.П. Ильченко, Ю.В. Васильева, В.А. Бешенцева, Ю.К. Иванова, Л. А. Гайдукова, А.П. Каменева и др. В условиях возрастающей техногенной нагрузкой вопросы контроля и сохранения подземной гидросферы, как на территории России, так и в Западной Сибири, по-прежнему остаются актуальными [1-4].

По результатам исследований химического состава подземных вод апт-альб-сеноманского водоносного комплекса (ААС ВК) на Западно-Усть-Балыкском, Мегионском и Тайлаковском нефтяных месторождениях с продолжительным периодом эксплуатации [5] установлено, что в настоящее время сохраняется природное гидрогеохимическое равновесие в системе «вода-порода» исследуемого комплекса. В продолжение этих исследований, с целью изучения современных условий формирования ионно-солевого состава подземных вод под влиянием нефтегазового техногенеза, в данной работе обобщены и проанализированы материалы мониторинга на территории Среднеобской, Надым-Пурской и Пур-Тазовской нефтегазоносных областей (НГО) Западной Сибири.

Методы и материалы

В статье рассматриваются результаты длительных исследований состава подземных вод апт-альб-сеноманского водоносного комплекса Западно-Сибирского мегабассейна на нефтяных месторождениях, рассматриваемых НГО (всего 27 водозаборных участков и 19 участков закачки). Организация мониторинга на промыслах связана с закачкой в ААС ВК попутно добываемых вод, а также добычей подземных вод для поддержания пластового давления в

нефтяных залежах. На промыслах одновременно или в разные периоды времени могут функционировать как участок водозабора, так и участок размещения флюидов.

Наблюдения за качеством подземных вод на участках добычи апт-альб-сеноманских и вод и на участках их размещения в этот комплекс включают в себя отбор проб с определением плотности воды, содержания основных макро- и микрокомпонентов и других параметров. Методы исследований включают: анализ качества лабораторных определений химического состава подземных вод; отбраковку данных, не удовлетворяющих критериям достоверности; характеристику типа подземных вод по существующим генетическим классификациям.

К настоящему времени за весь период наблюдений накоплен значительный (более 4700 проб) объем информации о составе пластовых вод апт-альб-сеноманских отложений на объектах мониторинга. Ввиду различной продолжительности и интенсивности разработки месторождений углеводородов, количество проб подземных вод по отдельным месторождениям отличается.

Большая часть проб подземных вод, отобранных в рамках мониторинга, анализировались в аккредитованных лабораториях, использующих стандартизованные методики определения содержания макро- и микрокомпонентов. Содержание натрия, кальция, магния определяется методом ионной хроматографии, содержание карбонатов, гидрокарбонатов и хлоридов – титриметрическими методами.

В работе учтены погрешности определяемых параметров, в соответствии с нормативными документами, по которым проводились измерения (минерализация – 1,251 г/дм³, натрий – 1131 мг/дм³, кальций – 20 мг/дм³, магний – 6 мг/дм³, хлор – 1075 г/дм³, гидрокарбонат – 39 мг/дм³, йод – 3,6 мг/дм³, бром – 4,6 мг/дм³). Сопоставление методических погрешностей в определении содержания основных компонентов водорастворенного состава со стандартными отклонениями в наблюдаемых данных позволяет оценить природную неоднородность химического состава подземных вод ААС ВК по отдельным компонентам на рассматриваемых месторождениях.

Результаты

Для систематизации и обобщения накопленной информации проведен расчет среднегодовых значений содержания компонентов в водах по отдельным месторождениям, а также стандартные отклонения их изменения во времени (таблица 1, рис. 1). Ранее проведенными исследованиями [5-6] установлено, что содержание основных макро- и микрокомпонентов в водах ААС ВК в целом характеризуется отсутствием явных трендовых изменений во времени. В данной работе более детально рассматривается вопрос вариативности в содержании отдельных компонентов.

Таблица 1

Средние значения и стандартные отклонения* показателей геохимического состава проб пластовых вод

Месторождение	M, г/дм ³	Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	Ca ²⁺ , мг/дм ³	Mg ²⁺ , мг/дм ³	Cl ⁻ , мг/дм ³	HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	Γ, мг/дм ³	Br ⁻ , мг/дм ³
Среднеобская НГО								
Аганское	19.8 (0.9)	6847 (366)	539 (57)	183 (31)	11913 (545)	205 (39)	10.0 (4.6)	43.1 (18.1)
Аригольское	9.8 (0.8)	3339 (276)	352 (44)	61 (22)	5845 (469)	173 (29)	3.0 (1.1)	25.0 (4.1)
Ачимовское	19.0 (0.4)	6552 (404)	531 (46)	155 (40)	11491 (309)	205 (48)	11.6 (4.8)	46.7 (16.2)
Ватинское	20.6 (0.9)	7055 (281)	660 (74)	197 (39)	12450 (533)	197 (24)	9.6 (5.8)	43.2 (17.2)
Западно-Асомкинское	18.3 (1.6)	5859 (240)	391 (45)	125 (32)	9879 (377)	305 (113)	21.5 (5.0)	35.8 (40.6)
Западно-Усть-Балыкское	16.4 (0.7)	6526 (215)	483 (6)	157 (28)	11268 (457)	207 (29)	13.0 (6.4)	27.5 (16.5)
Западно-Чистинное	18.7 (0.6)	4556 (351)	854 (134)	128 (52)	8749 (424)	172 (47)	17.1 (4.8)	24.9 (9.3)
Ининское	14.4 (0.7)	6813 (379)	533 (93)	150 (36)	11831 (465)	195 (42)	6.4 (4.3)	36.4 (14.4)
Кетовское	19.6 (0.9)	3283 (358)	319 (55)	59 (31)	5647 (494)	171 (31)	10.3 (5.8)	39.7 (18.9)
Максимкинское	9.5 (0.9)	7007 (270)	710 (57)	169 (41)	12472 (444)	189 (21)	3.2 (3.1)	29.5 (19.1)
Мегионское	20.6 (0.7)	6964 (247)	708 (77)	188 (37)	12435 (516)	218 (60)	9.5 (5.5)	46.9 (12.4)
Мыхпайское	20.5 (0.8)	6579 (427)	490 (47)	168 (34)	11361 (697)	214 (42)	11.1 (6.4)	36.4 (17.7)
Ново-Покурское	18.9 (1.2)	7105 (425)	490 (74)	199 (46)	12253 (655)	248 (49)	9.6 (6.2)	45.2 (13.2)
Островное	20.4 (0.9)	6914 (464)	514 (88)	187 (45)	12006 (689)	234 (59)	17.4 (4.1)	26.4 (5.1)
Покамасовское	20.0 (1.0)	6551 (608)	652 (75)	204 (79)	11716 (880)	202 (25)	13.2 (4.0)	54.0 (14.9)
Северо-Ореховское	19.5 (1.6)	6840 (644)	495 (97)	156 (37)	11712 (1010)	241 (92)	11.2 (3.2)	53.4 (3.1)
Северо-Островное	19.7 (1.6)	7064 (287)	589 (80)	176 (60)	12318 (433)	198 (15)	10.9 (5.1)	39.1 (16.9)
Северо-Покурское	20.6 (1.0)	6531 (155)	483 (44)	159 (30)	11264 (226)	269 (101)	7.8 (3.9)	51.1 (8.9)
Тайлаковское	20.6 (1.0)	6501 (652)	495 (207)	161 (45)	11220 (1064)	232 (51)	13.1 (6.2)	44.7 (15.4)
Узунское	18.7 (1.7)	6612 (459)	552 (55)	165 (36)	11614 (677)	201 (29)	6.7 (3.3)	39.1 (9.7)
Чистинное	19.2 (1.4)	6795 (498)	561 (136)	123 (40)	11699 (767)	221 (81)	11.5 (4.5)	43.1 (17.5)
Локосовское	19.7 (1.3)	7017 (359)	510 (48)	173 (39)	12162 (493)	327 (378)	11.0 (5.2)	43.9 (18.0)
Южно-Островное	19.6 (1.1)	6744 (371)	473 (34)	173 (36)	11659 (535)	202 (49)	18.0 (6.1)	29.6 (25.4)

Месторождение	М, г/дм ³	Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	Ca ²⁺ , мг/дм ³	Mg ²⁺ , мг/дм ³	Cl ⁻ , мг/дм ³	HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	I ⁻ , мг/дм ³	Br ⁻ , мг/дм ³
Южно-Покамасовское	18.7 (0.7)	6847 (366)	539 (57)	183 (31)	11913 (545)	205 (39)	8.2 (3.7)	44.7 (12.3)
Пур-Тазовская НГО								
Пякяхинское	17.7 (2.0)	6295 (764)	319 (159)	72 (30)	10216 (1060)	349 (114)	9.2 (8.1)	30.5 (26.2)
Тазовское	16.7 (1.3)	5952 (536)	338 (134)	101 (35)	9790 (813)	368 (142)	11.3 (7.7)	38.6 (24.7)
Надым-Пурская НГО								
Уренгойское	17.4 (1.5)	6414 (617)	283 (113)	103 (41)	10270 (899)	249 (110)	13.4 (6.3)	48.4 (7.1)
Северо-Губкинское	17.5 (1.2)	6259 (778)	301 (107)	107 (49)	10301 (1261)	310 (200)	11.3 (2.8)	36.1 (10.8)

* Значения стандартных отклонений приведены в скобках.

Обсуждение

Необходимо учитывать, что на месторождениях в процессе их эксплуатации фонд скважин, в которых осуществляется отбор проб, по годам может существенно отличаться. И, соответственно, изменчивость в полученных результатах может быть обусловлена опробованием различных участков водоносного горизонта.

Величина стандартного отклонения преобладающих компонентов – натрия (с калием) и хлора, не превышают погрешностей используемых методик лаборатории (рис.1, б и в). В целом такая картина ожидаема для вод ААС ВК Западно-Сибирского мегабассейна, поскольку унаследованность седиментационного этапа морского бассейна определяет слабую изменчивость распределения ионов натрия и хлора по напластованию отложений. Локальные особенности строения и свойств вмещающих отложений в относительно малой степени влияют на процессы постседиментационного метаморфизма в отношении содержания этих компонентов.

Иначе выглядит картина относительно стандартного отклонения концентраций ионов кальция, магния, гидрокарбоната, йода и брома (рис.1, г, д, е, ж, з) – практически все данные превышают погрешности методик определения этих компонентов. Все эти параметры в значительной степени зависят от процессов постседиментационного метаморфизма с участием минерального скелета и органического вещества, и, соответственно от локальной неоднородности свойств вмещающих отложений.

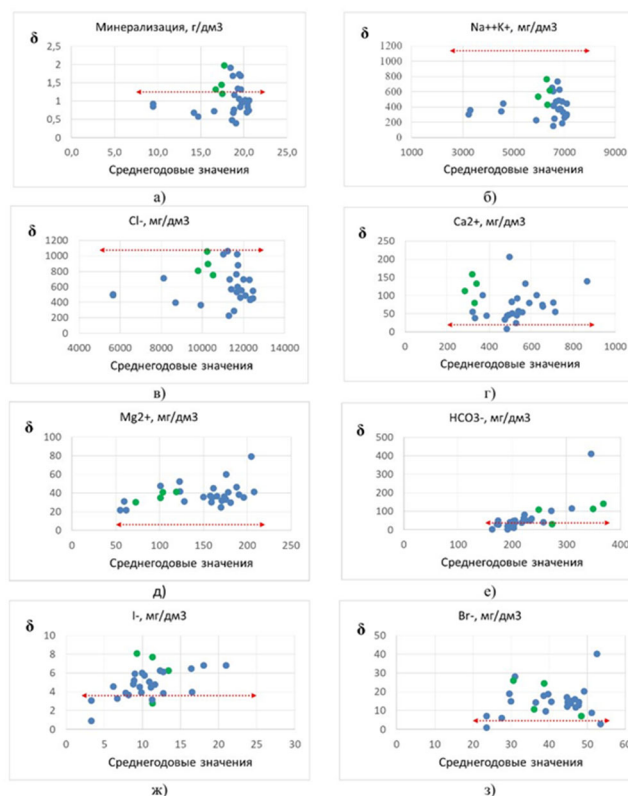


Рис. 1. Стандартные отклонения среднегодовых значений гидрогеохимических показателей (а – минерализация, б – натрий, в – хлор, г – кальций, д – магний, е – гидрокарбонат, ж – йод, з - бром)

Условные обозначения:

- Среднегодовое значение показателя по месторождению Среднеобской НГО
- Среднегодовое значение показателя по месторождению Надым-Пурской или Пур-Тазовской НГО



Погрешность метода определения показателя

Стандартное отклонение общей минерализации пластовых вод рассматриваемого комплекса (рис. 1, а) в основном не превышает лабораторной погрешности метода. Наблюдаемые повышенные стандартные отклонения на ряде месторождений (Западно-Асомкинском, Северо-Ореховском, Северо-Островном, Узунском, Новопокурском, Мыхпайском, Пяяхинском, Тазовском, Уренгойском), по-видимому, связаны с повышенными стандартными отклонениями в содержании кальция и гидрокарбоната.

Заключение

Таким образом, по результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Несмотря на существенную вариативность в содержании отдельных компонентов в пробах подземных вод, явные трендовые изменения ионно-солевого

состава вод ААС ВК во времени отсутствуют. Это свидетельствует об отсутствии значимого гидродинамического взаимодействия ААС ВК с выше- и ниже-лежащими водоносными комплексами.

2. Наблюдаемая вариативность содержания кальция, гидрокарбоната, йода и брома в пробах подземных вод значительно превышает погрешности аналитических методов их определения. Это, а также идентичность режимов отборов проб, позволяет сделать вывод о естественных (не техногенных) причинах вариативности и их генетической связи с локальной неоднородностью состава и свойств вмещающих пород.

3. Содержание основных макрокомпонентов – ионов натрия и хлора, источником которых являются сингенетичные воды, характеризуется меньшей вариативностью не превышающей погрешности аналитических определений.

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. Алексеева, Н. В. Государственный мониторинг состояния недр / Н. В. Алексеева, А. А. Вожик, С. А. Голубев // Разведка и охрана недр. – 2023. – № 11. – С. 11–14.
2. Белозеров, Д. А. Эколого-гидрогеологическая оценка состояния подземных вод водоносного турон-коньякского карбонатного комплекса в районе села Старая Калитва Россошанского района Воронежской области / Д. А. Белозеров, В. А. Бударина, А. А. Валяльщикова – DOI 10.17308/geology.2020.3/3011 // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2020. – № 3. – С. 73–89.
3. Дьяконова, Д. В. Результаты использования комплекса геофизических исследований для подсчета запасов и ведения мониторинга подземных вод апт-альб-сеноманского водоносного комплекса центральной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции / Д. В. Дьяконова, Н. В. Алексеева // Инженерная, угольная и рудная геофизика-2015. Современное состояние и перспективы развития : Материалы конференции, Сочи, 28 сентября – 02 октября 2015 года. – Сочи: Межрегиональная общественная организация Евро-Азиатское геофизическое общество, 2015. – С. 154–157.
4. Елохина, С. Н. Гидрогеологический мониторинг: объекты, задачи, результаты и проблемы на территории Уральского федерального округа / С. Н. Елохина, Т. В. Прачкина, А. С. Сергеева DOI 10.52619/978-5-9908560-9-7-2021-23-1-48-52 // Подземная гидросфера : Материалы XXIII Всероссийского совещания по подземным водам востока России с международным участием, Иркутск, 20–26 июня 2021 года. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2021. – С. 48-52.
5. Плавник, А. Г. Гидрогеохимический мониторинг апт-альб-сеноманского водоносного комплекса в центральных районах Западно-Сибирского мегабассейна в связи с высокой техногенной нагрузкой / А. Г. Плавник, Ю. И. Сальникова, Р. Н. Абдрашитова // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2024. – Т. 2, № 1. – С. 145-150. – DOI 10.33764/2618-981X-2024-2-1-145-150.
6. Сальникова, Ю. И. О геохимической стабильности подземных вод апт-альб-сеноманского комплекса в связи с разработкой нефтяных месторождений Западной Сибири / Ю. И. Сальникова. – DOI: 10.31660/0445-0108-2022-3-38-56. – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы нефти и газа: тезисы доклада 4-й Всероссийской молодежной научной конференции, 20–22 октября 2021 г. // Институт проблем нефти и газа РАН; отв. ред. И. М. Индрупский. – Москва : ИПНГ РАН, 2021. – С. 30–31.

© А. Г. Плавник, Ю. И. Сальникова, 2025