

УДК 556.01

## ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ОБЛИК ПОДЗЕМНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ЭЛИЗИОННОЙ ВОДОНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕГАБАСЕЙНА

Абдрашитова Р.Н.

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, Россия (625000, Тюмень, ул. Володарского, 56), e-mail: ritte@list.ru*

В статье представлены результаты гидрогеохимических исследований состава подземных вод в условиях элизионной водонапорной системы Западно-Сибирского мегабассейна. Объектом исследований являются подземные воды ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса. В настоящее время подземные воды этого комплекса имеют гидрокарбонатно-хлоридный натриевый состав. Тип вод по В.А. Сулину — гидрокарбонатно-натриевый. Интервал изменения величины минерализации имеет широкие пределы: от 2–3 г/л до 14–16 г/л. Автором проанализирован характер изменения по глубине величины минерализации, концентрации гидрокарбонат-ионов, ионов кальция и магния, хлора, натрий-хлорного коэффициента. Характер изменения величины минерализации свидетельствует о поступлении в течение времени заполнения Западно-Сибирской геосинеклизы осадочным материалом элизионных вод и смешении их с захороненными седиментационными водами. Выявлены аномалии гидрогеохимического поля: участки с низкой минерализацией и высоким бор-бромным коэффициентом. Это, вероятно, свидетельствует о внедрении высокотемпературных глубинных флюидов.

Ключевые слова: водонапорная система, Западно-Сибирский мегабассейн, гидрогеологический комплекс, натрий-хлорный коэффициент, бор-бромный коэффициент, элизионные воды, седиментационные воды

## HYDROGEOCHEMICAL IMAGE OF GROUNDWATER IN CONDITIONS OF THE ELYSION WATER PRESSURE SYSTEM WEST SIBERIAN MEGABASIN

Abdrashitova R.N.

*Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, Russia (625000, Tyumen, Volodarskogo street 56), e-mail: ritte@list.ru*

The results of hydrogeochemical research of groundwater in conditions of the elision water pressure system West Siberian megabasin presented in the article. The object of research is groundwater Lower-Middle Jurassic hydrogeological complex. Currently, the groundwater of this complex have hydro-chloride sodium composition. Type of water according to V.A. Sulin has hydro-sodium. Interval change magnitude mineralization has broad limits: 2 – 3 g/l to 14 – 16 g/l. Character of change of the depth magnitude of mineralization, concentration hydrocarbonates, calcium, magnesium, chlorine and chlorine-sodium coefficient analyzed by the author. The nature of change of the mineralization suggests entering ElySION water and mixing them with the accumulated sediment waters. This was during the time of filling of the West Siberian geosyncline sedimentary material. Revealed anomalies hydrogeochemical field: areas with low mineralization and high boron-bromine coefficient. This is probably indicative of the introduction of high-deep fluids.

Keywords: water pressure system, the West Siberian megabasin, hydrogeological complex, sodium-chlorine coefficient, boron-bromine coefficient, the elision water pressure system, sediment water

Классификация водонапорных систем Западно-Сибирского мегабассейна впервые была опубликована В.М. Матусевичем и О.В. Бакуевым в 1986 г. Элизионная водонапорная система Западно-Сибирского мегабассейна пространственно относится к западному мегаблоку, ограниченному Восточно-Уральским краевым швом и Омско-Гыданской структурной зоной [3,7–9].

В элизионной литостатической водонапорной системе напор жидкости создается при ее выжимании из уплотняющихся осадков в коллекторы и частично — при уплотнении

самих коллекторов с выжиманием жидкости из мест с большим давлением в места с меньшим давлением в процессе уплотнения глинистых пород и «выжимания» из них вод особого состава – элизионных. Таким образом, происходит процесс разбавления первоначально захороненных седиментационных вод элизионными (отжатыми). Меняется гидрогеохимический облик подземных вод: в их составе увеличивается содержание гидрокарбонат ионов, возрастает щелочность, уменьшается минерализация.

***Общая геологическая и гидрогеологическая характеристика района исследований.***

Гидрогеологическая стратификация западного мегаблока представляется в виде трех гидрогеологических бассейнов (палеозойского, мезозойского и кайнозойского) и семи самостоятельных гидрогеологических комплексов: олигоцен-четвертичного, турон-олигоценового, апт-альб-сеноманского, неокомского, верхнеюрского, ниже-среднеюрского, триас-палеозойского [9]. Основная особенность геологического строения района исследований – наличие в разрезе мощнейшей толщи глин неокомского возраста (600–750 м) — это обстоятельство во многом и определило специфику гидрогеологических условий района. Глины неокомского возраста послужили своего рода источником большого количества элизионных вод.

Гидрогеодинамические аспекты формирования подземных вод ниже-среднеюрского комплекса рассмотрены на примере Талинского месторождения нефти, в тектоническом плане расположенном в пределах Красноленинского свода. Талинское месторождение выбрано в связи с наличием достаточного фактического гидрогеохимического материала и многочисленных актов испытаний скважин до начала эксплуатации. В пределах Талинской площади к настоящему времени пробурено 5385 скважин, отбор кернa проводился в 540 скважин. Обработка и анализ данных осуществлялись в статистическом пакете SPSS версии 17 [14].

Отличительной особенностью гидрогеологического поля здесь является наличие дефицита пластового давления в юрских отложениях (до 5– 8 МПа). Депрессионный тип водонапорной системы в юрских отложениях вероятнее всего сформировался в результате частичной разгрузки вод в приразломные зоны фундамента по разрывным нарушениям. На гидрогеодинамическую обстановку оказало влияние близкое положение Восточно-Уральского краевого шва, по мере приближения к которому концентрация разрывных нарушений в фундаменте возрастает.

В статье рассмотрены особенности химического состава подземных вод ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса. К рассматриваемому комплексу относятся отложения тюменской (ЮК<sub>2-4</sub>., ЮК<sub>5-6</sub>, ЮК<sub>7-9</sub>) и шеркалинской (ЮК<sub>10</sub>, ЮК<sub>11</sub>) свит.

*Современный гидрогеохимический облик подземных вод ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса.* В настоящее время подземные воды ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса имеют гидрокарбонатно-хлоридный натриевый состав. Тип вод по В.А. Сулину — гидрокарбонатно-натриевый. Интервал изменения величины минерализации колеблется в широких пределах: от 2–3 г/л до 14–16 г/л, причем в рассматриваемом комплексе в пределах Талинского месторождения наблюдается классическая гидрогеохимическая зональность, несмотря на общую инверсионную гидрогеохимическую зональность от апт-альб-сеноманского до ниже-среднеюрского гидрогеологических комплексов.

Минерализация, как было отмечено выше, в ниже-среднеюрском гидрогеологическом комплексе увеличивается с глубиной (рис. 1.). Однако в отдельных скважинах в отложениях шеркалинской свиты Ю<sub>11</sub> встречаются воды с минерализацией 2,4–5,3 г/л. Фоновая минерализация подземных вод ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса Красноленинского свода 8–9 г/л.

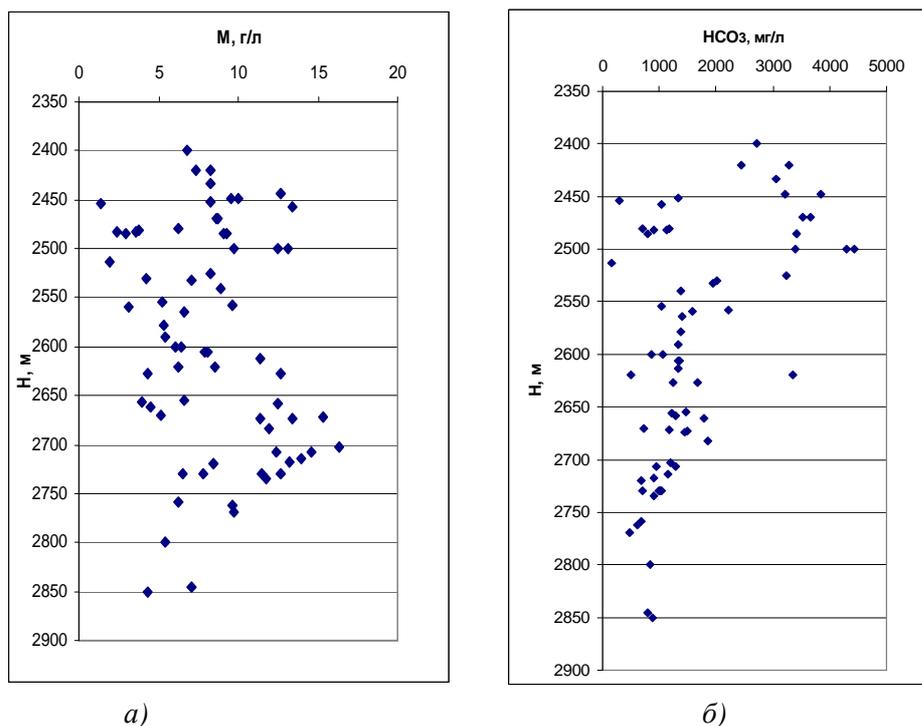


Рис. 1. Графики изменения с глубиной минерализации (а) и содержания гидрокарбонат-ионов (б) в водах ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса

Максимальные величины минерализации подземных вод ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса достигают 15–16 г/л. Эти значения превышают фоновые, но в целом являются нормальными для данных глубин и достаточно часто встречающимися. Их формирование объясняется известными процессами взаимодействия в системе «вода – порода».

Характер изменения величины минерализации свидетельствует о поступлении элизионных вод и смешении их с захороненными седиментационными водами: зона вод с пониженной минерализацией находится в верхней части комплекса, ближе к фроловскому барьеру (рис. 1). Здесь же отмечается высокая концентрация гидрокарбонат-ионов до 3800–4300 мг/л (60–70 мг-экв/л). Эффект увеличения концентрации гидрокарбонат-ионов в отжатых водах отмечается во многих работах, посвященных элизионному водообмену. Ф.Н. Зосимов связывает его со значительным превышением константы диссоциации воды у поверхности твердой фазы и неоднородностью распределения ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в диффузном и адсорбционном слоях. Источник гидрокарбонат-иона – это и  $CO_2$ , высвобождающийся в процессе дегидратации монтмориллонита, глубинной миграции, при декарбоксилизации жирных и нефтяных кислот, в результате других процессов превращения растворенного органического вещества пород на разных стадиях катагенеза. Именно в Красноленинском районе породы шеркалинской свиты находятся на стадии глубинного катагенеза [11], хотя в соседних районах они не выходят из зоны среднего катагенеза.

При повышенном содержании в водах гидрокарбонат-ионов фиксируется и повышенное содержание микроэлементов в водах. Как отмечено В.М. Матусевичем [6, 10], щелочные воды с повышенным содержанием гидрокарбонатов являются благоприятным фактором для перехода в раствор органических веществ, металл-органических комплексов, а тем самым и микроэлементов.

Значения генетического  $rNa/rCl$ - коэффициента колеблются в пределах от 0,1 до 3,6, составляя в среднем 1,4.  $rNa/rCl$  коэффициент показывает по В.А. Сулину степень метаморфизации вод. Н.Ф. Чистяковой и М.Я. Рудкевичем [13] на основе результатов большого количества анализов (879) подземных вод ЗСМБ сделан вывод о том, что гидрокарбонатно-натриевый тип вод (по В.А. Сулину) с натрий-хлорным коэффициентом более 1 свидетельствует об элизионном генезисе вод. В ниже-среднеюрском гидрогеологическом комплексе Красноленинского свода с глубиной наблюдается его уменьшение (рис. 3), и в более чем 86% проб ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса Талинского месторождения натрий-хлорный коэффициент превышает 1. Следовательно, вниз от фроловского барьера уменьшается доля элизионных вод и увеличивается доля вод седиментационных.

Однако следует учесть [5], что «...хлор является не только основным «седиментогенным» элементом, но также одним из «эндогенных» компонентов».

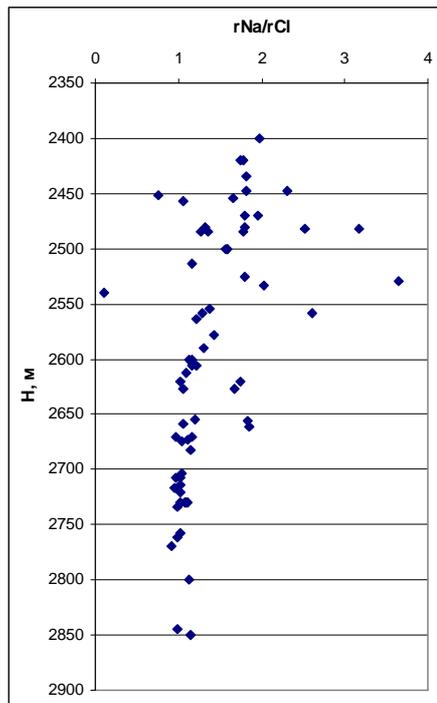


Рис. 2. График изменения натрий-хлорного коэффициента в подземных водах нижне-среднеурского гидрогеологического комплекса

Хлор может в значительных количествах поступать с эндогенными флюидами [2], что неизбежно будет трансформировать коэффициенты, в которых он используется.

Интересное объяснение формирования инверсионной зональности в разрезе глубоких горизонтов ЗСМБ дается А.А. Розиным [12]. Он считает, что в результате импульсивности миграционных процессов мигрирующий глубинный флюид может транзитом проскочить нижнюю часть разреза и задержаться в пластах, расположенных выше. Это обстоятельство создает некоторую перевернутость гидрохимического разреза. Катионный обмен с породой может обогатить солевой состав подземных вод кальций-ионом, а затем привести к удалению из него гидрокарбонат-иона в результате выпадения из раствора  $\text{CaCO}_3$  и т.д. Вероятно, это возможно в пределах объекта исследований, но происходит локально, очагово.

Содержание кальция и магния увеличивается в рассматриваемом комплексе с глубиной. Результаты многочисленных опытов по отжиму воды из глин указывают на возрастание содержания ионов магния при отжиме, особенно в последних порциях отжатой воды. Например, в исследуемом районе зафиксирован скачок концентрации магния в подземных водах верхней части нижне-среднеурского комплекса, затем резкое снижение, вновь рост ближе к фундаменту.

Особое внимание среди рассматриваемых компонентов следует обратить также на В/Br-коэффициент. Соотношение бора и брома согласно исследованиям Т.А. Киреевой и В.А. Всеволожского [4, 5] указывает на генезис глубинных вод. Растворимость соединений бора, в отличие от соединений брома, резко увеличивается с повышением температуры. Его

содержание, по данным Пилипенко Г.Ф., в высокотемпературных гидротермах может достигать 600–800 мг/л (при среднем содержании в хлоридных натриевых термах 150–200 мг/л). Установлено, что значения В/Br-коэффициента, приближающиеся к 1 или превышающие эти значения, должны свидетельствовать о резком увеличении температуры питающего раствора, т.е. о поступлении глубинных флюидов. В подземных водах ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса В/Br-коэффициент растет с уменьшением минерализации раствора (рис. 3).

Следовательно, при наличии аномалий гидрогеохимического поля с низкой минерализацией и высоким В/Br-коэффициентом следует говорить о внедрении высокотемпературных глубинных флюидов.

### **Выводы**

Анализ поведения основных компонентов,  $\text{rNa/rCl}$  и В/Br-коэффициентов свидетельствует о сложной природе формирования химического состава

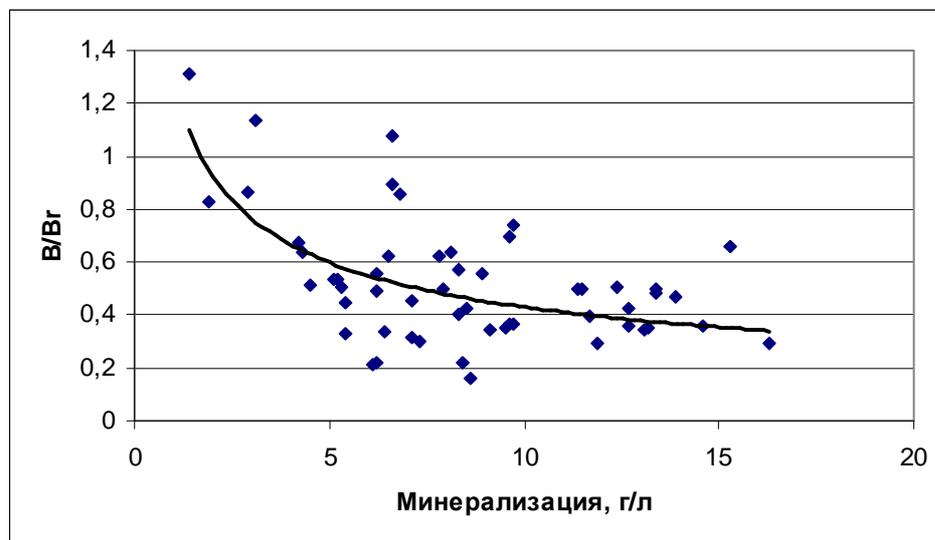


Рис. 3. Зависимость В/Br-коэффициента от минерализации в подземных водах ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса

подземных вод ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса. Процессы смешения элизионных, седиментационных вод и глубинных флюидов сформировали неоднозначную гидрогеохимическую картину. Элизионные воды по динамически-напряженным зонам могли проникать в нижние части разреза [1], не исключена вероятность разгрузки в разломы фундамента. Глубинные флюиды вследствие периодичности и пульсационности [2] своего движения могли «проскакать» нижние части разреза, опять же благодаря развитию динамически напряженных зон, и попадать в верхние части разреза. Подземные воды ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса Талинского месторождения представляют собой результат смешения первоначальных «захороненных» седиментационных вод,

элизонных вод и глубинных флюидов, вероятно, периодически поступающих из фундамента. Оценить долю каждого вида вод – задача, требующая новых методологических подходов.

### Список литературы

1. Абдрашитова Р.Н. Влияние разломно-блокового строения фундамента на гидрогеохимическое поле Красноленинского свода // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2011. – № 4. – С. 15–19.
2. Арсанова Г.И. К вопросу о происхождении перегретых хлоридно-натриевых вод молодых вулканических областей // Гидротермальные минералообразующие растворы областей активного вулканизма. Новосибирск: Наука, 1974. С. 14–21.
3. Матусевич В.М., Абдрашитова Р.Н. Геодинамическая концепция в современной гидрогеологии на примере Западно-Сибирского мегабассейна // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4. – С. 1157–1160.
4. Всеволожский В.А., Киреева Т.А. К проблеме формирования инверсий гидрогеохимической зональности // Вестник Московского университета. – 2009. – № 5. – С. 19–25.
5. Киреева Т.А. К методике оценки эндогенной составляющей глубоких подземных вод // Вестник Москов. Ун-та. Сер.4. Геология. – 2009. – № 1. – С. 54–57.
6. Матусевич В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского артезианского бассейна. – М.: Недра, 1976. – 158 с.
7. Матусевич В.М., Абдрашитова Р.Н., Яковлева Т.Ю. Крупнейшие геодинамические водонапорные системы Западно-Сибирского мегабассейна // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8 (часть 6). – С. 1400–1407.
8. Матусевич В.М., Бакуев О.В. Геодинамика водонапорных систем Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Советская геология. – 1986 – № 2. – С. 117–122.
9. Матусевич В.М., Рыльков А.В., Ушатинский И.Н. Геофлюидалные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2005. – 225 с.
10. Матусевич В.М., Рыльков А.В., Ушатинский И.Н., Семёнова Т.В. Микроэлементы подземных вод в решении фундаментальных геологических проблем Западно-Сибирского мегабассейна // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2005. – № 1. – С. 5–14
11. Предтеченская Е.А., Шиганова О.В., Фомичёв А.С. Катагенетические и гидрохимические аномалии в ниже-среднеюрских нефтегазоносных отложениях Западной

Сибири как индикаторы флюидодинамических процессов в зонах дизъюнктивных нарушений // Литосфера. – 2009. – № 6. – С. 54–65.

12. Розин А.А. Подземные воды Западно-Сибирского артезианского бассейна и их формирование. – Новосибирск: Наука, 1977. – 102 с.

13. Рудкевич М.Я, Озеранская Л.С., Чистякова Н.Ф. Нефтегазоносные комплексы Западно-Сибирского бассейна. – М.: Недра, 1988. – 303 с.

14. Фарахутдинов Ш.Ф., Бушуев А.С. Обработка и анализ данных социологических исследований в пакете SPSS 17.0. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 220 с.

**Рецензенты:**

Бешенцев В.А., д.г.-м.н., профессор кафедры геологии месторождений нефти и газа Тюменского государственного нефтегазового университета, г. Тюмень;

Попов И.П., д.г.-м.н., профессор кафедры геологии месторождений нефти и газа Тюменского государственного нефтегазового университета, г. Тюмень.