

ПАЛЕОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ КРАСНОЛЕНИНСКОГО СВОДА ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕГАБАССЕЙНА

Р.Н. Абдрашитова

Тюменский государственный нефтегазовый университет, e-mail: ritte@list.ru

Красноленинский свод находится в пределах Красноленинской нефтегазоносной области (НГО). Рассматриваемая территория расположена в западной части Западно-Сибирского мегабассейна (ЗСМБ) и примыкает к его Уральскому обрамлению. В состав Красноленинской НГО входят Красноленинский и Сергинский нефтегазоносные районы.

В качестве палеогидрогеологических показателей нефтегазоносности в настоящей работе использованы палеогидродинамические (число циклов элизионного водообмена (ЧЦЭВ), по А.А. Карцеву [3], с учетом пластово-блокового строения территории) и гидрогеохимические характеристики.

В геологическом строении рассматриваемой области принимают участие породы доюрского фундамента и мезозойско-кайнозойские терригенные отложения платформенного чехла. Палеозойские образования (второй структурный этаж) чаще развиты на крыльях антиклинорий и в синклиниях. Осадки юрской системы залегают в основании платформенного чехла и представлены всеми тремя отделами. Отложения нижней и частично средней юры слагаются континентальными, средней – переходными от континентальных к морским, а верхней – морскими и прибрежно-морскими осадками. Верхнеюрские отложения объединены в абалакскую и баженовскую свиты. В составе меловых отложений Красноленинского свода выделяются фроловская, кошайская, викуловская, ханты-мансийская, уватская, кузнецовская, березовская, ганькинская свиты, а также верхняя часть отложений баженовской свиты. Интересно отметить исключительно глинистый состав фроловской свиты, мощность которой составляет 527–625 м (фроловский барьер).

Палеогеновые отложения представлены талицкой, люлинворской, тавдинской, атлымской, новомихайловской и туртасской свитами. Отложения олигоценного возраста в рассматриваемом районе распространены повсеместно и характеризуются комплексом пород континентального происхождения.

Согласно схеме гидрогеохимической зональности ЗСМБ, Красноленинский свод относится к внутренней гидрогеохимической зоне. Воды юрского и апт-альбсеноманского

гидрогеологических комплексов характеризуются повышенными значениями рН (до 8–9), восстановительной обстановкой (E_h 100–300 мВ), наличием нефтяных углеводородов и толуола, преобладанием в спектре люминесцирующих органических веществ нейтральных и кислых битумов над гумусовыми фракциями [5].

В районе Краснотенинского свода проявляется одна из двух крупных геодинамических аномалий ЗСМБ (вторая располагается в пределах Уренгойско-Колтогорского грабен-рифта). Гидродинамическая аномалия представлена системой глубоких пьезоминимумов и пьезомаксимумов. Дефицит пластового давления на Талинской и Пальяновской площадях свода достигает 5–8 МПа, а превышение условного гидростатического на Ем-Еговской и Каменной структурах составляет 4–7 МПа [6, 9]. В зоне пьезоминимума (Талинская площадь) в юрских отложениях наблюдается нормальная гидрогеохимическая зональность – увеличение минерализации пластовых вод с глубиной (рис. 1, а). Такие условия характерны для развития геодинамической депрессионной водонапорной системы, формирующейся в результате тектонического растяжения и образования разрывных нарушений. В зоне пьезомаксимума (данные по Ем-Еговской и Пальяновской площадям) с глубиной наблюдается достаточно ощутимая гидрогеохимическая инверсия (рис. 1, б).

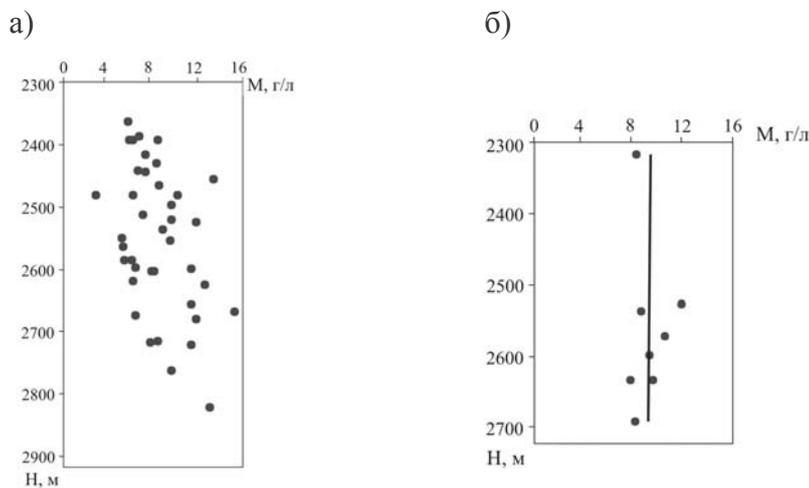


Рис. 1. Изменение минерализации подземных вод юрского комплекса с глубиной
а – зона пьезоминимума; б – зона пьезомаксимума

Нарушение нормального распределения напоров, возможно, связано с повышенной тектонической активностью свода, а также с наличием реликтов элизионного водообмена

в условиях слабого оттока из уплотняющихся глинистых толщ («запечатанные» прослои и линзы песчаников среди мощных толщ глин) [9]. Как известно, мощная толща мезозойско-кайнозойского покрова Западно-Сибирской равнины образовалась в результате вертикальных перемещений, при полном отсутствии тангенциальных напряжений со стороны геосинклинальных областей. Это, наряду с отсутствием перерывов в осадконакоплении и размывов, создает исключительные условия для процессов уплотнения глинистых пород [8].

Ко времени накопления континентальной толщи ниже-среднеюрских отложений территория Западной Сибири представляла собой пенеппенизированную равнину с теплым и влажным климатом. В этих условиях в палеозойских и нижнемезозойских отложениях формировались, по-видимому, маломинерализованные подземные воды.

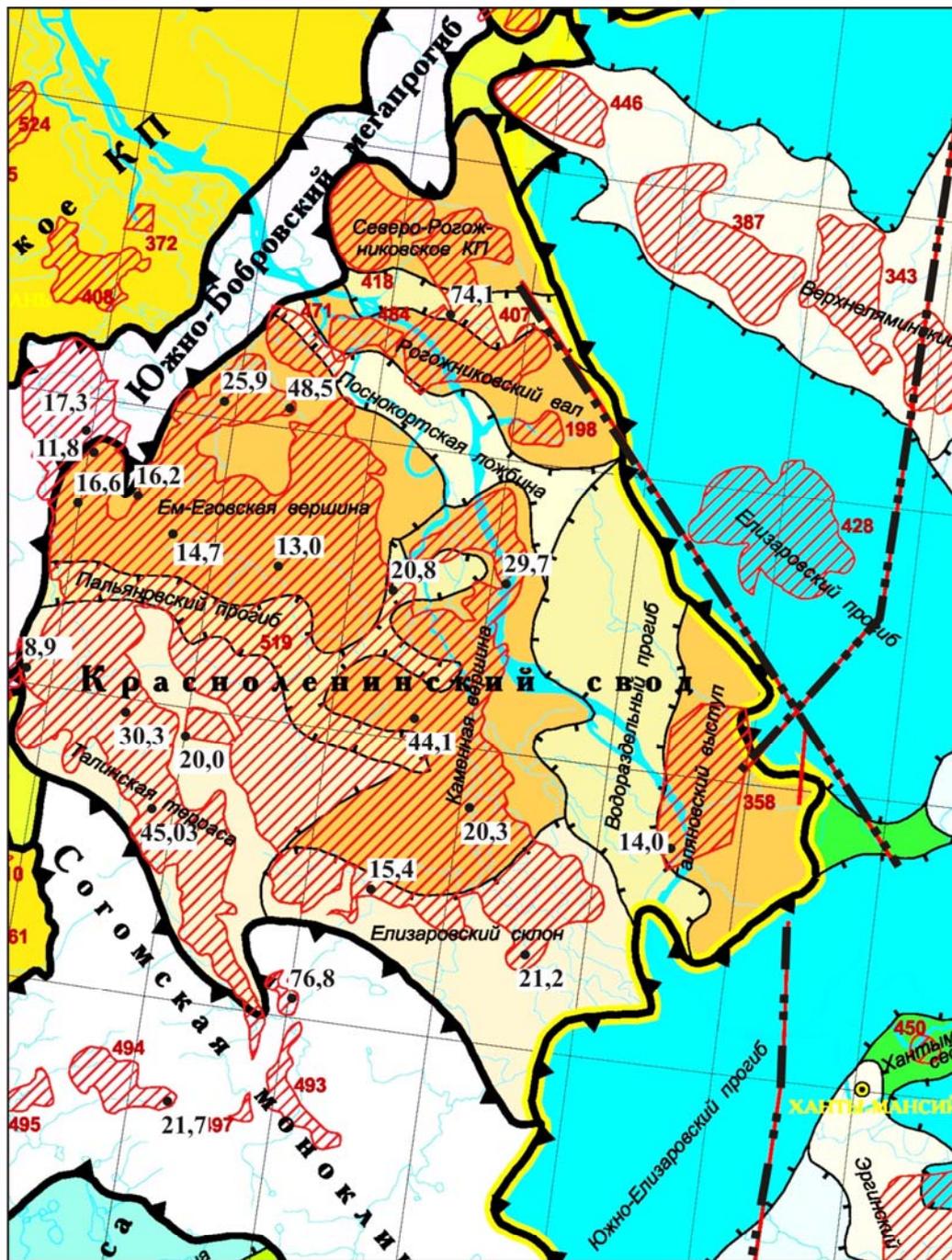
В ранне-среднеюрское время территория Красноленинского свода, как и большая часть территории ЗСМБ, являлась областью аккумуляции. Здесь накапливались преимущественно глинистые породы. Мощность осадков достигает 400 м. Области питания служили горные сооружения обрамления бассейна, областями разгрузки – прибрежная часть морского бассейна и многочисленные поверхностные водоемы аккумулятивных равнин. Величина минерализации подземных вод в ниже-среднеюрское время не превышала 10 г/л – максимальной минерализации гидрокарбонатного и сульфатного типов вод. На современном этапе величина минерализации подземных вод юрского гидрогеологического комплекса колеблется в широких пределах. В верхней части комплекса (пласты ЮК2-9) характерные значения параметра составляют порядка 6–9 г/л, в то же время в нижней части (пласты ЮК9-11) минерализация увеличивается до 10–20 г/л, то есть наблюдается классическая гидрогеохимическая зональность. В конце средней юры началась трансгрессия моря, в результате чего происходило накопление вод исключительно хлоридного натриевого состава. К концу юрского периода уплотнение глинистых пород приводит к отжатию поровых растворов, объем которых составляет от 0,2–0,5 до 1,3 объемов песчаного коллектора.

В валанжинское время Красноленинская область, так же как и большая часть территории Западной Сибири, по-прежнему была занята морем. В готеривские и барремские века морские условия осадконакопления продолжают сохраняться. Для рассматриваемой области характерен наибольший градиент давлений в региональном плане. Здесь могло происходить движение отжимаемых седиментационных вод в сторону

Кондинского поднятия и Северо-Сосьвинского свода. Более пресные воды, захороненные в континентальных осадках юры, вытеснялись солоноватыми и солеными водами, отжимавшимися из глин неокомского возраста. Возрастание мощностей коллекторских пород в этих же направлениях явилось дополнительным фактором снижения геостатического давления. Данное предположение подтверждается и изменением химического состава: от площади распространения фроловского барьера в восточном и северо-восточном направлениях повышается минерализация вод юрского комплекса, происходит смена типа воды с гидрокарбонатно-натриевого на хлоркальциевый (по В.А. Сулину), уменьшается число циклов элизионного водообмена. Хлоркальциевые воды характеризуются большей минерализацией (иногда более 20 г/л), а минерализация вод гидрокарбонатно-натриевого типа изменяется в пределах 4–16 г/л. Отжатие воды из глин верхнеюрского комплекса и низов валанжина происходило в нижне-среднеюрские коллекторы, по которым элизионные воды двигались также в направлении Уральского обрамления. Число циклов элизионного водообмена для неокомских отложений к концу неокома составляло от 13 до 29. За все юрско-неокомское время количество отжатых седиментационных вод для района достигло 25% от их общего количества.

На рис. 2 показаны результаты расчетов ЧЦЭВ для юрских отложений. Приведены характерные значения для площадей свода. В пределах изучаемой территории максимальное ЧЦЭВ (порядка 70) получено для Рогожниковского месторождения. Также относительно большие значения ЧЦЭВ фиксируются в пределах Каменного и Талинского (в его южной части) месторождений (30–40).

Приведенные на рис. 2 значения ЧЦЭВ для юрских отложений включают отжатие седиментационных вод как из глин юрского комплекса, так и из глин неокомского комплекса. Причем учтены следующие данные, полученные Ю.В. Мухиным [7]: «При погружении осадка под вышележащие породы на глубину, не превышающую мощности слоя осадка, весь отток направлен только вверх; при погружении на тройную мощность осадка вверх отжимается лишь 60% всех флюидов. Для нижних гидрогеологических зон движение флюидов происходит снизу вверх и по восстанию пластов от области наибольшего погружения осадка к областям менее глубокого его залегания, т.е. к периферическим частям бассейна седиментации».



- границы тектонических элементов I порядка;
- границы внутреннего районирования тектонических элементов I порядка;
- важнейшие тектонические нарушения;
- открытые месторождения нефти, газа и газоконденсата;
- разведочная скважина, рядом число циклов элизионного водообмена.

Рис. 2. Карта-схема структурных элементов мезозойско-кайнозойских отложений и элизионного водообмена юрского гидрогеологического комплекса Красноленинского свода

На рис. 2 также показаны месторождения нефти, образование которых, вероятно, связано с процессами отжатия седиментационных вод. При этом в осадочном бассейне области прогибания и накопления осадков (палеопьезомаксимумы с максимальным ЧЦЭВ) рассматриваются как зоны нефтегазообразования, в которых происходит генерация УВ. Области относительных поднятий, где давление ниже и куда направлено движение флюидов (палеопьезомиимумы с минимальным ЧЦЭВ), относятся к зонам нефтегазонакопления.

В апт-альб-сеноманское время территорию Красноленинского свода занимало море и мелкая часть шельфа. В этот период значительную площадь бассейна занимает зона накопления вод инфильтрационного генезиса. Отжатие седиментационных вод в юрских отложениях достигает своего максимума. Значение кратностей смены седиментационных вод превышает 1 (до 4-х). Красноленинская НГО, вследствие преимущественно глинистого состава пород, по-прежнему остается региональной областью повышенных палеомощностей и кратностей седиментационного водообмена. Судя по градиентам указанных величин, наиболее возможным направлением движения отжимающихся вод остается восток-северо-восточное, а также – на отдельных участках – северо-западное в сторону южной части Северо-Сосьвинского свода. Значительное уплотнение подстилающих глинистых отложений готерив-барремского комплекса в рассматриваемый период приводило, по-видимому, к отжатию седиментационных вод в коллекторские породы апта, где затем они вытесняли захороненные там ранее морские воды. На современном этапе развития здесь преобладает хлоркальциевый тип вод (по Сулину), а кроме того, выделяются гидрокарбонатно-натриевый и изредка хлормагниевый типы вод. Амплитуда колебаний величины минерализации апт-альб-сеноманского комплекса составляет 8,1–19,4 г/л, в среднем около 15 г/л. Гидродинамическая обстановка апт-альб-сеноманского времени оказала наиболее существенное влияние на формирование современной гидрогеохимической зональности мезозойского гидрогеологического бассейна.

В период последующей турон-олигоценовой трансгрессии инфильтрационный водообмен не имел места. Также за счет стабилизации геостатического давления ослабла и интенсивность седиментационного водообмена, особенно в нижних комплексах.

Кайнозойская инверсия тектонического развития бассейна привела к коренной перестройке его гидрогеологического режима. Произошло выравнивание пластовых

давлений за счет стабилизации уплотнения пород и внедрения инфильтрационных вод. Для апт-альб-сеноманских наиболее хорошо проницаемых отложений кратность инфильтрационного водообмена не превышает 0,3–0,5, а для юрского и неокомского комплексов имеет ничтожно малые значения.

Таким образом, анализ палеогидродинамических условий в разновозрастных осадках дает основание полагать, что в отложениях мезозойского гидрогеологического бассейна Красноленинского свода, как и во всей центральной части ЗСМБ, развиты отжатые поровые воды, представляющие собой измененные воды древних морских бассейнов.

Как известно, процессы отжатия элизионных вод играют важную роль в миграции и аккумуляции углеводородов. На элизионных этапах в результате уплотнения осадков вместе с элизионными водами в коллектор поступают и углеводороды. Следовательно, чем интенсивнее элизионный водообмен, тем большее количество углеводородов участвует в процессах нефтеобразования [3]. Представляется вполне вероятным, что промышленная нефтегазоносность отложений шеркалинской, тюменской, абалакской, баженовской свит Красноленинского свода связана с процессами отжатия седиментационных вод.

Формирование месторождений углеводородов изучаемой территории также связано с повышенной тектонической активностью Красноленинского свода. На рис. 2 показаны важнейшие тектонические нарушения, примыкающие к восточной границе Красноленинского свода. По мнению В.И. Дюнина [1], поднимающаяся вверх высокотемпературная газоводяная смесь из коры и верхней мантии в периоды тектонической активности создает необходимые предпосылки для формирования месторождений углеводородов. Внедряющаяся в осадочный чехол газоводяная смесь несет с собой широкий спектр углеводородов мантийного происхождения, которые смешиваются с имеющейся в осадочных отложениях микро- и макронептью, формирующейся в процессе внедрения, и создают различные по объему залежи углеводородов. Высокая температура гидротерм активизирует процессы образования микронефти на всех уровнях геологического разреза осадочных отложений. Например, в пределах Красноленинского свода баженовская свита характеризуется аномально высокими значениями температур, которые могут достигать и превышать 130 °С [4]. На

рис. 3 показаны зоны разуплотнения и трещиноватости с предполагаемыми каналами фильтрации для Талинского месторождения Красноленинского свода [2].

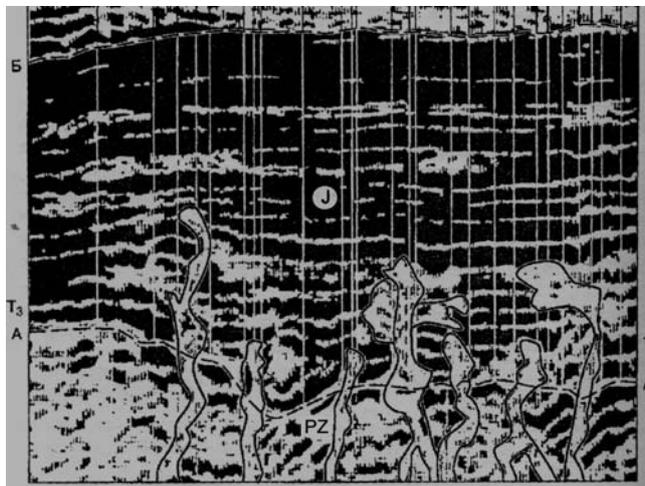


Рис. 3. Зоны разуплотнения и трещиноватости по сейсмическим данным (Талинское месторождение)

Широкие масштабы вертикальной миграции установлены в Западной Сибири также по палеонтологическим данным. В юрском комплексе на целом ряде месторождений, в том числе и Ем-Еговском, расположенном в пределах Красноленинского свода, встречена микрофлора древне- и раннепалеозойского возраста. Нефти юрского комплекса содержат палеонтологические остатки или вмещающих, или подстилающих палеозойских пород, иногда триасовых. На Ем-Еговской площади [1] в альб-сеноманском комплексе в составе микрофлоры выделены 39% меловых и около 50% более древних миграционных форм.

В результате частичной разгрузки вод в приразломные зоны фундамента в юрском гидрогеологическом комплексе сформировались обширные поля с водонапорными системами депрессионного типа. Наоборот, поступление флюида из нижележащих палеозойских отложений привело к созданию зон сверхгидростатического пластового давления.

Запаздывание термодинамических и геохимических процессов (релаксация) в слабопроницаемой суглинистой толще по сравнению с супесчаной неизбежно ведет к увеличению градиентов всех видов гидрогеологических полей до величин, являющихся предельными (запирающими) для совместного существования двух систем с различным

набором термобарических и геохимических признаков. В результате этого в суглинистой толще рассеянный массоперенос переходит в сосредоточенный, в связи с чем гидрогеологические поля характеризуются нестабильностью и высокой напряженностью. Наоборот, в супесчаных толщах преобладает рассеянный массоперенос и формируются малоградиентные гидрогеологические поля [6, 9].

В целом, Красноленинский свод (и вся Красноленинская НГО) представляет собой региональную область пьезомаксимума, которая могла являться первой из крупнейших зон нефтегазообразования Западной Сибири, а окружающие ее положительные тектонические структуры – зонами нефтегазонакопления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дюнин В.И.* Гидродинамика глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов. М.: Науч. мир, 2000. 472 с.
2. *Запивалов Н.П.* Нефтегазовая геофлюидодинамика // Нефтегазовая гидрогеология на современном этапе. М., 2007. С. 46–62.
3. *Карцев А.А., Вагин С.Б., Матусевич В.М.* Гидрогеология нефтегазоносных бассейнов. М.: Недра, 1986. 244 с.
4. *Курчиков А.Р.* Гидрогеотермические критерии нефтегазоносности. М.: Недра, 1978. 157 с.
5. *Матусевич В.М.* Геохимия подземных вод Западно-Сибирского мегабассейна. М.: Недра, 1976. 158 с.
6. *Матусевич В.М., Рыльков А.В., Ушатинский И.Н.* Геофлюидальные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна. Тюмень: ТюмГНГУ, 2005. 225 с.
7. *Мухин Ю.В.* Процессы уплотнения глинистых осадков. М.: Недра, 1965. 200 с.
8. *Нестеров И.И.* Уплотнение глинистых пород // Сов. геология. 1965. № 12. С. 69–84.
9. *Радченко А.В., Мартынов О.С., Матусевич В.М.* Динамически напряженные зоны литосферы – активные каналы энерго-массопереноса. Тюмень: Тюмен. Дом печати, 2009. 240 с.