

3. Эвентов Я. С. История формирования и особенности тектоники западной части Прикаспийской впадины в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности //Материалы по тектонике Нижнего Поволжья. – Ленинград: Гостоптехиздат, 1962. – С. 62.

4. Мальцев В. И., Ракитов А. И., Шарапова Л. В. Новые данные по тектонике Астраханского Прикаспия в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности //Материалы по тектонике Нижнего Поволжья. – Ленинград: Гостоптехиздат, 1962. – С. 130–132.

5. Соколин Х. Г. Общие закономерности нефтегазоаккумуляции в соляно-купольных бассейнах и их значение для поисково-разведочных работ в бортовой зоне Прикаспийской впадины //Материалы выездной сессии Ученого совета Министерства геологии СССР. – Саратов, 1969. – С. 351–369.

6. Атеев А. Е. Материалы выездной сессии Ученого совета Министерства геологии СССР. – Саратов, 1969. – С. 389–394.

УДК 553.982.23

### **ЛАВИНООБРАЗНОЕ ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ И ЕЕ РОЛЬ В ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ И МИГРАЦИИ НЕФТИ (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)**

© 2015 г. А. Д. Коробов, Л. А. Коробова, А. Т. Колотухин,  
В. М. Мухин, Р. И. Гордина, Л. В. Елисеева  
Саратовский госуниверситет

*Установлено, что при повышенных температурах (конвективный теплообмен) режим пульсирующего бокового давления способствовал лавинообразному выделению в свободное состояние межслоевой воды из смектитов верхнеюрско-нижнемеловых отложений в процессе их гидрослюдизации. Возрожденная (петрогенная) вода составляла основу образующихся гидротермальных растворов, ответственных за процессы ультракислотного выщелачивания, метасоматоза, генерацию и миграцию углеводородов. Эвакуация микронепти из материнского пласта с формированием нефтяных залежей в первую очередь связана с периодами тектоно-гидротермальной активизации седиментационных бассейнов не зависимо от того, являются ли они рифтогенными или не осложнены рифтогенезом.*

*Полученные на территории Западной Сибири оригинальные материалы могут быть полезны для геологов, работающих в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.*

#### **Введение**

Вся современная концепция органического нефтегазообразования и все установленные закономерности накопления и размещения нефти и газа в земной коре были созданы исходя из бассейнового или депрессионного моделирования. С этих позиций для образования углеводородов (УВ) были необходимы, в первую очередь: 1) длительный (сотни миллионов лет) и

устойчивый режим тектонического прогибания; 2) погружение исходных материнских отложений на достаточную глубину, чтобы они оказались в условиях высоких температур (главная зона нефтегазообразования); 3) значительные геостатические давления, которые отжимали бы воду (элизийонный процесс) и микронепть из нефтематеринских пород в пласты-коллекторы. При таком подходе температурные границы и отве-

чающие им глубинные интервалы, как правило, определяют вертикальную зональность нефтегазообразования и сопутствующего минерагенеза, а также размещение залежей. Здесь важно подчеркнуть, что тепловые поля (кондуктивный теплоперенос), контролирующие границы главных фаз (и зон) нефтегазообразования, по Н. Б. Вассоевичу, практически не изменяются во времени, то есть остаются в статическом состоянии и характеризуют геостатический режим генерации УВ и преобразования материнских пород. Этот режим складывается из двух основных факторов: давления, которое в осадочной толще контролируется силами гравитации, и температуры, которая определяется установившимся тепловым (кондуктивным) полем. Такая обстановка, в понимании В. П. Гаврилова [7], характерна для платформенных впадин, не осложненных рифтогенезом.

В рифтогенных седиментационных бассейнах (Западная Сибирь), которые периодически испытывают активный тектогенез, распределение давлений и температур в осадочном чехле значительно усложняется. Поэтому закономерности, установленные для геостатической обстановки, существенно нарушаются и приходят в противоречие с новым фактическим материалом. Предложенный во второй половине 80-х годов XX века флюидодинамический подход к решению проблемы предполагает, что прогрев осадочных пород связан не только и не столько с кондуктивной передачей тепла, сколько с конвективным теплопереносом. Если первый механизм создает общий тепловой фон и контролирует региональный фоновый эпигенез погружения (стадиально-эпигенетические преобразования), то конвективные процессы определяют наложенный эпигенез. При этом надо четко понимать, что явления наложенного эпигенеза не являются продолжением стадиального. Они могут проявляться на лю-

бом этапе осадочного цикла с началом тектонической активизации. Наложенный эпигенез реализуется в новой особой автономной системе, которая отличается энергетическими источниками, способами транспортировки, механизмами извлечения и аккумуляции вещества.

Свидетельством конвективного прогрева рифтогенных бассейнов может служить широкое развитие гидротермальных процессов с появлением метасоматической зональности. Так, специальные исследования [1, 15, 23] показали, что породы шеркалинской пачки (верхний лейас) Талинского месторождения (Красноленинский свод) претерпели глубокие гидротермальные преобразования. Возникшие при этом вторичные коллекторы представляют собой диккит-каолинит-кварцевые (кварц-диккит-каолинитовые) метасоматиты со сложно построенным пустотным пространством и широким развитием крупных пор и каверн, возникших за счет интенсивного выщелачивания. Причем на участках максимального растворения в пластах ЮК<sub>10-11</sub> возникали необычные, морфологически очень сложного строения пустоты явно коррозионной природы. Они обладают структурой, которая принципиально отличается от традиционной структуры порового пространства продуктивных терригенных коллекторов.

По мнению Ф. Е. Лукина и О. М. Гарипова [23], это является наглядным подтверждением ведущей роли высоконапорных (активное выщелачивание за счет прокачивания больших объемов воды) и высокоэнтальпийных (развитие метасоматоза) растворов в формировании нефтенасыщенных коллекторов шеркалинской пачки. Абдуллин Р. А. [1] относит их к категории вторичных суперколлекторов.

Возникает вопрос: откуда взяться такому количеству воды в глубоко захороненных осадочных толщах, чтобы сформировать

вторичные суперколлекторы по песчанкам и гравелитам? Дюнин В.И. [12] справедливо считает, что инфильтрационные и элизионные процессы, сопровождающие литогенез погружения с его кондуктивным теплопереносом, не в состоянии с этим справиться. Поэтому он, как Ф.Е. Лукин и О.М. Гарипов [23], утверждает, что в условиях Западной Сибири такая вода имеет глубинный (мантийный) источник. Однако это противоречит изотопным и геохимическим наблюдениям, проведенным в областях с различными геодинамическими режимами. Так, например, доля магматических флюидов в водном балансе современных островодужных гидротермальных систем (Курилы, Камчатка) обычно не превышает 10% [18]. Что касается рифтогенных обстановок (Западная Сибирь), то там мантийные расплавы вообще являются практически «сухими» в отношении воды [27]. Из летучих здесь отмечаются, главным образом, углекислый газ, инертные газы, метан, водород.

В последнее время, как уже говорилось, появляется все больше данных о том, что в седиментационных бассейнах с погребенным континентальным рифтом (Западная Сибирь) тектоническая активизация сопровождалась появлением глубинных тепловых потоков (флюидов). Они лежат в основе конвективного теплопереноса, который проявлялся в резком возрастании температуры и протекал в режиме пульсирующего бокового и гравитационного давления на фоне кондуктивного теплопереноса [19].

Если в осадочных породах находились минералы, содержащие воду, одним из следствий воздействия на них горячих флюидов в обстановке меняющегося давления является их обезвоживание. Условия отделения воды, прежде всего при конвективном теплопереносе, и возможное ее присутствие уже в несвязанном состоя-

нии в порах, кавернах и микротрещинах пород представляет значительный интерес для понимания природы наложенных, в том числе гидротермально-метасоматических, процессов, протекающих в глубоко захороненных осадочных толщах. В первую очередь это относится к глинистым минералам, среди которых наибольшего внимания заслуживают монтмориллониты, отличающиеся повышенными гидратирующими свойствами. Поэтому необходимо знать, при каких температурах и при каком режиме давления происходит обезвоживание этих глин, как освободившаяся вода участвует в гидротермально-метасоматических процессах и миграции нефти. Этим вопросам и посвящена настоящая статья.

### **Дегидратация глин и**

#### **развитие гидротермального процесса**

Вода в глинах находится в физически и химически связанном состоянии. При рассмотрении процесса обезвоживания глин установлено, что он протекает в две основные стадии. Первая – диагенетическая стадия (удаление физически связанной седиментационной воды) весьма существенно отличается от второй, представляющей собой освобождение химически связанной (межслоевой) воды.

На первой стадии дегидратация глин происходит более или менее равномерно, постепенно уменьшаясь в соответствии с сокращением суммарного объема пор при погружении. Усиление или ослабление этого процесса определяется скоростью накопления вышележащих осадков. Следует иметь в виду, что первая стадия дегидратации обязательная для всех глинистых отложений морского происхождения вне зависимости от их минерального состава. Механизм отжима седиментационной воды у большинства геологов разногласий не вызывает. При этом некоторые специалисты (Матусевич, Ушатинский, Рыльков и др., 2008; и др.) придают первой стадии дегид-

ратации исключительное значение. Они считают, что наиболее масштабное перераспределение вещества и аутигенное минералообразование происходят именно из-за отжимаемых из глин в песчаники седиментационных вод со всеми их компонентами, включая УВ.

Вторая стадия дегидратации касается воды, химически связанной с глинистыми минералами. Она остается в глинах при минимальной пористости, а ее высвобождение происходит позднее, при переходе одних глинистых минералов в другие [30, 31, 32]. Громадную роль в реализации второй стадии дегидратации и появлении в свободном состоянии межслоевой (теперь уже возрожденной или петрогенной) воды играет трансформация монтмориллонита (сметкита) в гидрослюду (иллит). Этот процесс обычно протекает при температурах 150–200 °С и очень показателен для рифтогенных седиментационных бассейнов. На это необходимо обратить особое внимание, так как среди породообразующих глинистых минералов мезозойских отложений Западной Сибири отмечается чрезвычайно широкое распространение монтмориллонита и смешанослойных образований гидрослюдисто-монтмориллонитового ряда [6]. Существует несколько взглядов на причину освобождения связанной межслоевой воды при иллитизации сметкитов.

Одна группа исследователей [24, 29] придерживается мнения, что процесс может быть реализован лишь на определенных глубинах, где существуют необходимые для этого температуры, определяемые геотермическим градиентом. Сказанное относится, в первую очередь, к обстановкам платформенных впадин, не осложненных рифтогенезом. Другие геологи [25, 30, 31, 32] считают, что при прочих равных условиях главным импульсом эмиграции межслоевой воды из глинистых минералов является температура. При этом гидрослюдизация

сметкитов может протекать в широком диапазоне глубин в зависимости от различных механизмов прогресса недр.

Некоторые специалисты [2, 19, 21] связывают высвобождение петрогенной воды с подтоком в осадочный чехол высокотемпературных эндогенных флюидов, происходящим в режиме высокой сейсмической активности. Участие этих факторов в преобразовании пород чехла знаменует особую обстановку, которую, с нашей точки зрения, можно отнести к режиму флюидного литогенеза. Время начала и завершения гидрослюдизации монтмориллонита (то есть скорость отделения петрогенной воды) находилось в прямой зависимости не только от температуры – важнейшего фактора конверсионного процесса, но и от динамики изменения (нарастания-падения) давления. Причем природа последнего при изменении глинистых минералов роли не играет. Давление может иметь как гравитационный (литогенез погружения), так и тектонический (знакопеременный тангенциальный) характер [2, 21], вызывающий пульсирующий стресс. Сказанное имеет экспериментальное подтверждение.

Так, результаты исследований Н. И. Хитарова и В. А. Пугина [29] совпадают с выводом Р. Е. Грима [10], что только с потерей межслоевой воды монтмориллонит, поглощая калий, превращается в гидрослюду. Эти данные говорят о том, что падение давления (при одной и той же температуре), вызванное уменьшением объема вещества при трансформации сметкита в иллит, сопровождается появлением петрогенной воды. А интенсивность ее удаления за пределы пластовой системы, в свою очередь, увеличивает скорость превращения монтмориллонита в гидрослюду.

Режим пульсирующего бокового давления в тектонически напряженных зонах значительно оптимизирует эти условия. Чем быстрее вода будет удаляться в момент сжа-

тия, тем скорее ее место начнут занимать новые порции освободившейся в момент растяжения межслоевой воды. Продолжаться это, видимо, будет до тех пор, пока монтмориллонит полностью не трансформируется в гидрослюда.

Находящаяся в связанном состоянии в смектите вода имеет удельный объем порядка  $0,7 \text{ см}^3/\text{г}$ . Превращаясь в иллит, монтмориллонит освобождает связанную воду, и ее объем может увеличиваться до 40% [25]. Следовательно, падение давления дает возможность отделяться и расширяться связанной воде. Причем стремительное повышение температуры (конвективный теплоперенос) и резкий перепад давления (пульсирующий стресс) могут вызвать скачкообразную гидрослюдизацию смектитов и взрывной (за счет увеличения объема) характер поступления петрогенной воды в коллектор или в общий водный баланс артезианских структур. Это приводит к экзотермическому эффекту резкого нарастания пластового давления вследствие увеличения удельного объема высвобождающейся межслоевой воды (если затруднен ее отток) и конденсации (уплотнения) глинистых частиц после оттока межслоевой воды. Выделяющегося тепла оказывается достаточно не только для восполнения тепловой энергии, затраченной на дегидратацию, но и на нагрев осадочной толщи, в которой происходила гидрослюдизация монтмориллонита (Белов и др., 1971), [16]. Следовательно, конвективный теплоперенос в совокупности с дополнительным саморазогревом пород заметно ускорял освобождение связанной воды и формирование гидротермальных систем на больших глубинах.

В этой связи достаточно вспомнить, что количество воды, выделившейся при гидрослюдизации, составляет 10–15% от исходной влажности глинистого ила. Согласно расчетным данным [30], при этом

из  $1 \text{ м}^3$  монтмориллонитовой глины может высвободиться от 230 до 350 кг воды. Однако серьезных геологических последствий в таких случаях можно ожидать лишь тогда, когда в поле конвективного теплопереноса окажутся крупные скопления монтмориллонитовых глин. К таким объектам в первую очередь необходимо отнести Красноленинский свод, где в период структурной перестройки находилась геодинамическая аномалия Западно-Сибирской плиты [9, 20], характеризующаяся интенсивным пульсирующим стрессом [19].

Другой отличительной особенностью Красноленинского свода является залегающая там фроловская свита ( $K_1$  неоком v-br) морского происхождения. Она почти полностью глинистая (менее 10% песчано-алевритовых прослоев), первоначально обладала смектитовым составом [13,6]. Ее мощность – 527–625 м. Аналогичное геологическое строение имеет и примыкающая с востока Красноленинской области Фроловская НГО. Район Красноленинской и Фроловской НГО характеризуется наличием единой «сквозной зоны», в границах которой формировалась максимально закрытая геофлюидная система (т.н. «фроловский барьер»). Во Фроловской впадине толщины глинистых отложений максимальны по всему разрезу, что особым образом выделяет ее на территории Западно-Сибирской плиты [12, 13].

В пределах Красноленинского свода верхнеюрско-нижнемеловые отложения сложены породами фроловской и подстилающей баженовской свит [22], которые, как отмечалось, первоначально имели преимущественно смектитовый состав. Однако в силу интенсивных гидротермальных наложенных процессов мощные скопления монтмориллонита на этой территории претерпели глубокие изменения. В настоящее время по всему разрезу преобладают аутигенная гидрослюда и, в меньшем количест-

ве, смешанослойные гидрослюдисто-сметитовые образования с низким содержанием набухающих пакетов [3, 22]. На отдельных участках в заметных количествах присутствует каолинит (диккит).

Во многом схожая картина наблюдается здесь же в средне- и нижнеюрских продуктивных коллекторах (пласты ЮК<sub>2-9</sub> и ЮК<sub>10-11</sub> соответственно) Талинского месторождения. Там, в разнотекстурных и грубообломочных терригенных породах шеркалинского горизонта, разбитых трещинами, оперяющимися разломы, фиксируются смешанослойные иллит-сметитовые образования и гидрослюда, которые являются вторыми по распространенности эпигенетическими глинистыми минералами после каолинита и диккита. Кроме того, в коллекторах отмечается аутигенный адуляр [14]. Вторичное минералонакопление сопряжено с циркуляцией горячих, калий-содержащих вод по проницаемым направлениям.

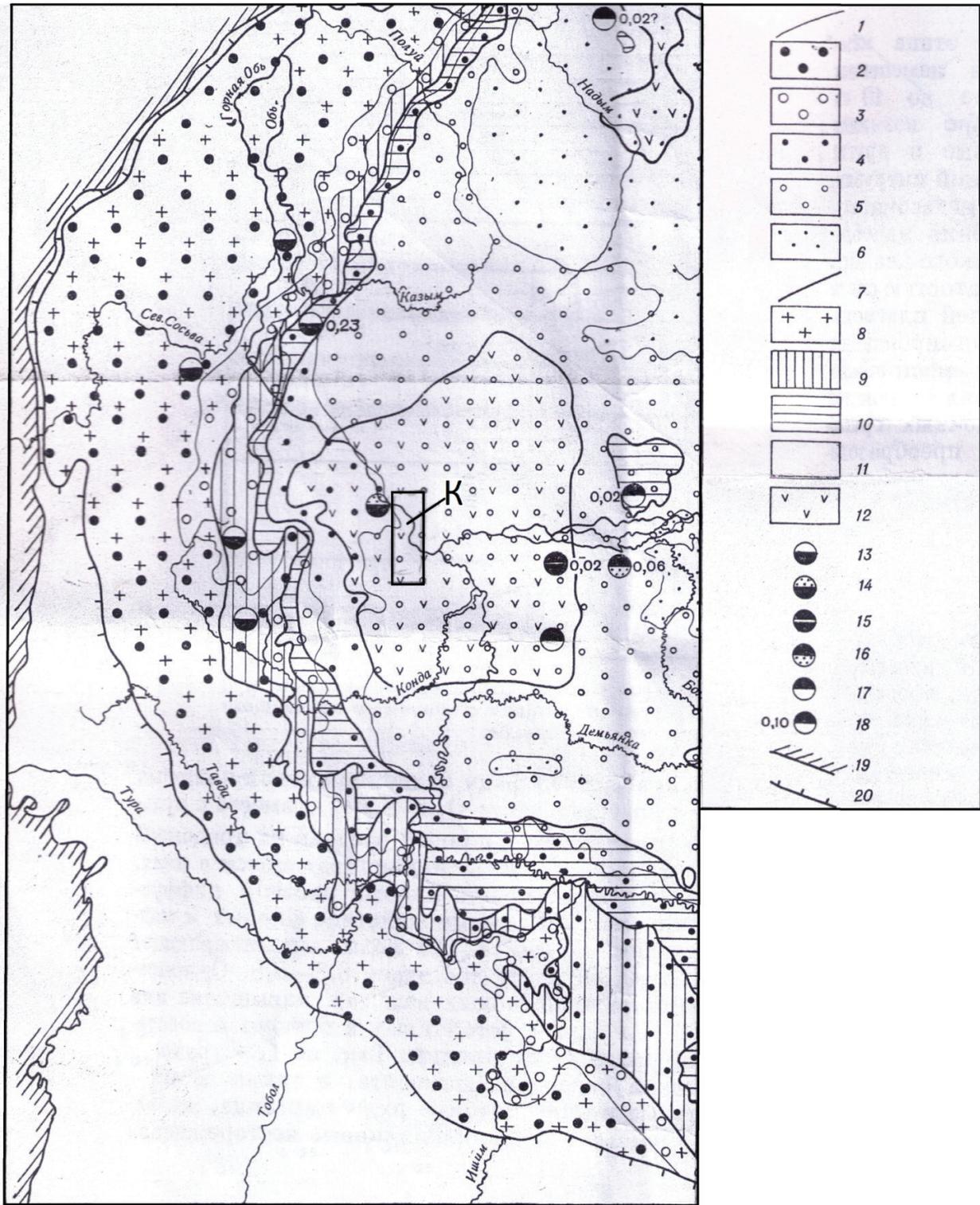
Высокая подвижность преобразующих гидротерм на Талинском месторождении (Красноленинский свод) была обусловлена большим количеством (свыше 80) разновозрастных разрывных нарушений, секущих как породы фундамента, так и осадочного чехла, включая верхнеюрско-нижнемеловые отложения, первоначально сложенные морскими монтмориллонитовыми глинами [1, 15, 13]. В направлении от центра геодинамической аномалии к ее периферии количество разрывных нарушений и степень гидротермальной переработки пород ослабевает. Это привело к горизонтальной метасоматической зональности, которая сформировалась по верхнеюрско-нижнемеловым смектитовым породам (рис.). На Красноленинском своде – «эпицентре» гидротермально-метасоматических преобразований – породы фроловской свиты, как уже отмечалось, в настоящее время представлены гидрослюдой и гидрослюдисто-сметитовыми

смешанослойными образованиями с низким содержанием набухающих (сметитовых) пакетов. Это же касается и верхнеюрских отложений.

По мере удаления от Красноленинского свода в западном, южном и северном направлениях и в процессе ослабления гидротермальной переработки, по данным Г. В. Лебедевой и ее коллег, выделяются три последовательные зоны, в которых закономерно нарастает в аутигенных смешанослойных образованиях количество смектитовых и сокращается число гидрослюдистых пакетов. Наконец, в самой периферийной зоне, где гидротермально-метасоматические процессы, скорее всего, проявлены не были, монтмориллонит в верхнеюрских и в нижнемеловых отложениях является единственным глинистым аллотигенным минералом [22]. Дополнительным подтверждением тому, что горизонтальная зональность обусловлена интенсивностью эпигенетических изменений, служит тот факт [3, 13], что источники обломочного материала в Среднем Приобье в некоем оставались едиными.

Рассматривая метасоматическую зональность в вышеупомянутых породах Западной Сибири, возникает закономерный вопрос: а как же быть с экранирующей способностью смектитовых глин? Чтобы ответить на него, необходимо вспомнить, что водоупорным (флюидоупорным) монтмориллонит является лишь при его обводнении в условиях низких температур (Westsik, Hodges, 1983), когда давление набухания достигает 2 кг/см<sup>2</sup> (Шмелёв, 1975) и практически исключает движение растворов. В гидротермальных же системах картина радикально меняется.

По данным И. А. Бриллинга [5], проницаемость монтмориллонитового образца при увеличении температуры от 20 до 80 °С возрастает более чем на два порядка. При росте температуры от 20 до 90 °С коэффи-



**Рис. 1. Фрагмент схематической карты эпигенетической зональности глинистых пород из верхнеюрско-нижнемеловой региональной покрывки**  
(составили: Г. В. Лебедева, Б. А. Лебедев, Т. Д. Веренинова, Г. П. Евсеев, О. Н. Яковлев [22])

Зоны, выделенные по физическим свойствам глинистых пород: 1 – границы зон; 2 – только набухающих и пластичных глин; 3 – набухающих и пластичных глин в верхней части покрывки, уплотненных глин – в нижней; 4 – только уплотненных глин; 5 – уплотненных глин в верхней части покрывки, аргиллитопо-

добных глин – в нижней; 6 – только аргиллитоподобных глин. Зоны, выделенные по минеральному составу глинистых пород: 7 – границы зон. Набухающие минералы представлены: 8 – монтмориллонитом в верхнеюрских и нижнемеловых отложениях; 9 – монтмориллонитом в верхнеюрских, монтмориллонитом и смешанослойными с высоким содержанием набухающих компонентов в нижнемеловых отложениях; 10 – смешанослойными с высоким содержанием набухающих компонентов в верхнеюрских, смешанослойными с высоким и низким содержанием набухающих компонентов в нижнемеловых отложениях; 11 – смешанослойными с высоким и низким содержанием набухающих компонентов в верхнеюрских, смешанослойными с низким содержанием набухающих компонентов в нижнемеловых отложениях; 12 – смешанослойными с низким содержанием набухающих компонентов в верхнеюрских и нижнемеловых отложениях. Распределение нефтяных и газовых залежей относительно верхнеюрско-нижнемеловой региональной покрывки: 13 – только ниже покрывки; 14 – в основном ниже покрывки, но встречаются и выше ее; 15 – и выше, и ниже покрывки; 16 – в основном выше покрывки, но встречаются и ниже ее; 17 – только выше покрывки; 18 – цифра рядом с кружком определяет разницу в величинах Са/С1 в водах ниже и выше верхнеюрско-нижнемеловой региональной покрывки; 19 – граница Западно-Сибирского бассейна; 20 – граница распространения верхнеюрско-нижнемеловой региональной покрывки. К – район Красноленинского свода

циент проницаемости для каолинита увеличивается в 3–5 раз, а для монтмориллонита – на порядок и более. Рост проницаемости глин с увеличением температуры обусловлен разрушением (освобождением) связанной воды. По мере роста температуры все больший объем жидкости будет переходить в свободное состояние, увеличивая тем самым эффективную пористость породы. Более значительный эффект влияния температуры на изменение проницаемости, отмеченный в смектитовых глинах, объясняется их повышенными гидратирующими свойствами. В результате этого относительный объем выделяемой в свободное состояние связанной воды в этих глинах будет значительно выше, чем, например, в каолининовых. Соответственно в монтмориллонитовых глинах выше диапазон изменения проницаемости под влиянием температуры, чем в каолинитах [8].

Заметное возрастание проницаемости глин в условиях высоких температур позволяет В. М. Гольдбергу и Н. П. Скворцову говорить о значительном увеличении конвективной составляющей вертикального движения подземных вод в глубоких водоносных горизонтах. Исчезновение естественных преград на пути конвективного теплопереноса обеспечивало его рас-

пространение по всему разрезу осадочного чехла Западной Сибири, включая породы баженовской и фроловской свит.

В других случаях, когда отсутствует конвективный теплоперенос и прогрев осадочных толщ осуществляется за счет теплопроводности пород (кондуктивный теплоперенос), происходят последовательные, постепенные изменения, характеризующие литогенез погружения. При этом имеет место растянутый на сотни миллионов лет элизионный процесс. Под последним В. И. Дюнин [12] понимает восходящую миграцию поровых и петрогенных вод, доля которых в общем водном балансе артезианских (нефтегазоносных) структур чрезвычайно мала.

Появление петрогенной воды в геологической среде имеет два важных следствия. Во-первых, она ответственна за первичную миграцию микронепти. Во-вторых, эта вода воздействует на осадочные толщи (коллекторы) и влияет на их фильтрационно-емкостные характеристики. Рассмотрим каждый из этих аспектов применительно к обстановкам конвективного (рифтогенные бассейны седиментации) и кондуктивного (платформенные впадины, не осложненные рифтогенезом) теплопереноса.

**Гидротермальный процесс  
и первичная миграция нефти  
в рифтогенных седиментационных  
бассейнах**

Установлено [4], что резкий импульс высвобождения петрогенной воды является «спусковым крючком» начала главной фазы массовой генерации и эмиграции жидких углеводородов. В этот период в процессе гидрослюдизации монтмориллонитом теряется основной объем (50–70%) набухающих слоев [16]. В пределах Красноленинского свода такое происходит, в частности, с породами баженовской свиты – существенно глинистыми, первоначально смектитовыми [26] отложениями, насыщенными сапропелевым органическим веществом. В период тектонической активизации они испытывали прогрев до 250–300 °С [28]. Это вызвало параллельное развитие двух процессов: образование углеводородов и трансформацию монтмориллонита в гидрослюду. Как известно, суть гидрослюдизации, происходящей при температуре более 150 °С, заключается в жестком связывании трехслойных смектитовых пакетов ионами калия. Калий поступал в растворы в результате гидротермального разрушения слюд и калиевых полевых шпатов [22]. При этом новообразованные битумоиды концентрировались почти исключительно в межпакетных промежутках смектитов, которые, в свою очередь, замещались гидрослюдой. Органическое вещество и вновь возникающие углеводороды тормозили трансформацию монтмориллонита в гидрослюду. Однако, учитывая температуры (> 200 °С), которые достигались на отдельных участках во время тектоно-гидротермальной активизации, можно говорить о высокой степени слюдизации не только монтмориллонита, но и каолинита при содержании в растворах достаточного количества калия. Это имело исклю-

чительное значение в формировании продуктивности битуминозных глинистых отложений.

Т.В. Дорофеева и С.Г. Краснов [11] считают, что гидрослюдизация является тем необходимым этапом преобразования пород баженовской свиты, без которого невозможны возникновение и улучшение коллекторских свойств. В смешанослойных минералах с высокой долей набухающих пакетов (слабая степень гидрослюдизации монтмориллонита) битумоиды размещаются в основном в межслоевых промежутках. Они химически связаны со структурой смектитов и дают прочные глинисто-органические комплексы, чего нельзя сказать о гидрослюдах. Поэтому с нарастанием процесса гидрослюдизации все большее количество возникающих битумоидов переходит в несвязанное с породой состояние. Следовательно, чем выше была температура прогрева пород под действием горячих, обогащенных  $K^+$  растворов, тем больше могло образоваться УВ, способных при благоприятных условиях к эмиграции из пласта.

Гидротермальные растворы переменного состава рождаются в глинах и периодически удаляются за пределы материнских толщ. При этом если отжатие седиментационных вод носит постепенный и длительный характер, то петрогенные воды поступают в водоносные горизонты скачкообразно, подчиняясь ритму пульсирующего стресса. Смектитовые глины в таких случаях приобретают функцию своеобразных компрессоров в возникающих природных тектонических насосах [19]. Сжимаясь и уплотняясь под действием возрастающего бокового давления, они периодически «сбрасывают» образующиеся в них газоводные растворы в участки относительно низких давлений – в зоны тектонических разломов и опережающей их трещиноватости или в жесткие пласты-коллекторы, как, например, в песча-

ники и гравелиты шеркалинской пачки Талинского месторождения.

Возникает вопрос: когда это могло происходить? Установлено, что в течение мезозоя активизация Западно-Сибирской плиты возобновлялась неоднократно. В частности, она имела место в средней юре (180–160 млн лет), раннем мелу (неокоме 145–120 млн лет) и позднем мелу – раннем палеогене (100–60 млн лет) (Федоров и др., 2004). Из этого следует, что породы баженновской свиты (верхняя юра) пережили две (раннемеловую и позднемеловую – раннепалеогеновую), а фроловской (нижний мел) – лишь одну (позднемеловую – раннепалеогеновую) стадии тектонической активизации. Учитывая значительно большую мощность и обогащенность монтмориллонитом пород фроловской свиты по сравнению с баженновской в пределах Красноленинского свода, необходимо считать основным поставщиком петрогенной воды на данной территории смектиты фроловской свиты. А раз так, то структурная перестройка, протекавшая 60–100 млн лет тому назад, была наиболее значимой для формирования гидротермальных систем исследуемого района.

Нами доказано [19], что на Талинском месторождении (Красноленинский свод) существовало два этапа тектоно-гидротермальной активизации (ранний и поздний), различающихся по своей интенсивности и характеру минерогенеза. Поэтому в условиях Красноленинского свода на ранних этапах позднемеловой – раннепалеогеновой активизации, когда монтмориллонитовых глин в породах баженновской и фроловской свит оставалось еще огромное количество, а пульсирующее боковое давление протекало в обстановке высокой тектонической напряженности (часто повторяющийся характер стресса), «сбрасывание» больших масс возрожденной воды в пластовую систему, скорее всего, носило лавинообразный

характер. Значительная растворяющая способность самой петрогенной воды, обогащенность ее угольной и серной кислотами [28], а также очень высокая гидродинамика – все это приводило к ультракислотному выщелачиванию пород, по которым циркулировали горячие растворы. Поэтому в зонах разрывных нарушений и оперяющей трещиноватости, захватившей наиболее проницаемые толщи – крупнозернистые песчаники и гравелиты пластов ЮК<sub>10–11</sub> – сформировались вторичные суперколлекторы, сложенные главным образом кварцем и, в меньшей степени, опалом.

На некотором удалении от разломов в менее проницаемых породах шеркалинской пачки интенсивность преобразований снижалась, и на ранних стадиях активизации возникали кварц-каолинит-диккитовые и диккит-каолинит-кварцевые метасоматиты. Все вышеперечисленные гидротермально-метасоматические породы, контролируемые разрывными нарушениями и оперяющей трещиноватостью, отнесены нами [19] к формации вторичных кварцитов.

Поздний этап позднемеловой – раннепалеогеновой активизации в районе Красноленинского свода отличался заметным ослаблением своей активности. Растворы стали менее нагретыми, а также менее агрессивными за счет сокращения или даже полного исчезновения  $H_2SO_4$ . Поэтому преобладающее растворение раннего этапа сменилось доминирующим минералонакоплением на заключительном. Стресс сохранился, но заметно ослаб. Его повторяемость сильно растянулась во времени. Он, видимо, очень плавно нарастал и также плавно ослабевал. Характерной особенностью этого этапа является, в частности, широкое развитие регенерационного кварца. Последний нередко содержит многочисленные включения пузырьков нефти [17], что говорит о появлении ее в минералообразующих горячих водах заключительного этапа акти-

визации. Это, скорее всего, неспроста. Исходя из предлагаемой нами модели, именно к этому времени иллитизация смектитов в нефтематеринских породах (баженовская и, не исключено, фроловская свиты) достигает своего максимума и сформировавшиеся нафтиды оказываются в наиболее несвязанном с породой положении, т.е. способными к активной миграции.

В этой связи необходимо напомнить, что пульсирующий стресс, выступавший на Красноленинском своде как природный тектонический насос, благоприятствовал быстрой эвакуации микронепти в ловушки с помощью возобновляемых порций петрогенной воды, не дав времени углеводородам разрушиться (окислиться).

**Элизионный процесс  
и первичная миграция нефти  
в платформенных впадинах,  
не осложненных рифтогенезом**

Процессы гидрослюдизации монтмориллонитов, как и в рифтогенных седиментационных бассейнах, в данном случае также имели очень большое значение для создания условий активной миграции нефти из материнского пласта. Только осуществлялось это, по В.Н. Холодову [30], в элизионных системах, где главным движущим фактором вторичных преобразований является уплотнение глин (и отжимание вод) в ходе нисходящих тектонических движений. Трансформация смектита в иллит с высвобождением петрогенной воды, а также рожденных в глинах углеводородов, обычно происходит на глубинах 3–4 км. Для того чтобы нефть как самостоятельная фаза пришла в движение (в геостатических условиях), необходимо накопление какого-то минимального ее объема, который бы обладал достаточной энергией, чтобы проложить себе дорогу в водозаполненной пористой среде. Исходя из соображений бассейнового моделирования образования УВ, необходимо накопление определенной

критической массы нефти, чтобы она в виде мелких капель могла начать движение, преодолев капиллярное давление и прорвав поверхностную пленку воды. Только при достижении определенной массы нефти сила всплывания обеспечивает начало движения [4]. Но для этого должно собраться также и значительное количество воды, провоцирующее всплывание.

Палеогидрогеологические построения, основанные на доминирующей роли элизионных процессов, предполагают, как отмечалось, преобразование глинистых пород с выделением больших объемов поровой и кристаллизационной воды. Но этот процесс растянут во времени на сотни миллионов лет и является, по существу, стационарным [12]. В этой связи возникает закономерный вопрос: как могут сохраниться в длительном контакте с водой капельки нефти, с их огромной суммарной удельной поверхностью? Ведь даже крупные скопления нефти подвергаются весьма интенсивным изменениям в зоне водонефтяного контакта, который имеет небольшую удельную поверхность.

По мнению авторов статьи, это является серьезным камнем преткновения в концепции осадочно-миграционного нефтеобразования, механизм реализации которого осуществлялся в платформенных впадинах, не осложненных рифтогенезом. В поисках разрешения данного противоречия надо помнить, что и древние кратоны в своей истории нередко переживали тектоническую активизацию, при которой элизионный процесс ускорялся и протекал с участием глубинных источников вещества и тепла. В качестве примера можно привести карбонатную платформу восточной части Восточно-Европейской плиты, где В.П. Морозов (2009) обосновал нефтегазопроизводящую динамотермальную стадию развития осадочных (седиментационных) бассейнов. Сказанное заставляет утверждать, что пер-

вичная миграция жидких УВ (исключая их окисление) с формированием нефтяных залежей может быть связана, в первую очередь, с периодами тектонической (тектонико-гидротермальной) активизации седиментационных бассейнов независимо от того, являются ли они рифтогенными или не осложнены рифтогенезом.

### Заключение

Проведенный анализ опубликованных и ранее полученных авторами оригинальных материалов позволяет утверждать следующее.

1. В зонах геодинамических аномалий (Красноленинский свод) режим пульсирующего стресса при повышенных температурах способствовал скачкообразному высвобождению межслоевой воды из смектитов верхнеюрско-нижнемеловых отложений в процессе их иллитизации. Сопряжено это было, вероятно, с позднемеловой – раннепалеогеновой стадией тектонической активизации Западно-Сибирской плиты.

2. Участки крупных скоплений монтмориллонитовых глин, которые подверглись воздействию конвективного теплопереноса, на ранних этапах тектонической

активизации, скорее всего, являлись источниками лавинообразного поступления петрогенной воды в общий водный баланс артезианской структуры или в коллектор. Эта вода составляла основу возникающих при этом гидротермальных растворов.

3. Петрогенные горячие воды (гидротермы), обогащенные  $\text{CO}_2$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), отличались большой растворяющей способностью, агрессивностью и, циркулируя по породам шеркалинской пачки в режиме высокой гидродинамической активности, образовывали вторичные суперколлекторы.

4. Зарождающиеся в глинах гидротермальные растворы способствовали как преобразованию находящегося там рассеянного органического вещества в углеводороды, так и эмиграции УВ из материнских пород.

5. Первичная миграция нефти, исключая ее окисление и предполагающая формирование промышленных залежей, может быть связана, прежде всего, с этапами тектонико-гидротермальной активизации осадочных бассейнов независимо от того, являются ли они рифтогенными или не осложнены рифтогенезом.

*Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части темы «Геология» (код проекта 1582, № гос. регистрации 1140304447)*

### Л и т е р а т у р а

1. Абдуллин Р. А. Природа высокой проницаемости пород-коллекторов шеркалинского горизонта Красноленинского района Западной Сибири // Докл. АН СССР. – 1991. – Т. 316. – № 2. – С. 422–424.

2. Аникеев К. А., Введенская А. Я. Аномально высокие пластовые давления – проявления глубинной жизни Земли // Проблемы геологии и геохимии эндогенной нефти. – Киев: Наукова думка, 1975. – С. 95–113.

3. Стратиграфия мезозойских отложений платформенного чехла Западно-Сибирской плиты /Л. Ю. Аргеновский, В. С. Бочкарёв, Ю. В. Брадучан и др. // Труды НИГНИ. – 1968. – Вып. 11. – С. 27–95.

4. Геология и геохимия нефти и газа /О. К. Баженова, Ю. К. Бурлин, Б. А. Соколов, В. Е. Хаин. – М.: изд-во МГУ, 2000. – 384 с.

5. Бриллинг И. А. Влияние температуры и давления на фильтрационные свойства глин // Связанная вода в дисперсных системах. – М.: изд-во МГУ, 1977. – Вып. 4. – С. 130–135.

6. Воскресенская М. Ф., Лебедева Г. В. Показатели изолирующих свойств глинистых покрышек (на примере Среднего Приобья Западно-Сибирской плиты). Физико-минералогические свойства и эпигенетическая зональность глинистых пород //Труды ВНИГРИ. – 1971. – Вып. 295. – С. 93–102.
7. Гаврилов В. П. Геодинамическая модель нефтегазоносности Западной Сибири //Геология нефти и газа. – 2012. – № 3. – С. 60–68.
8. Гольдберг В. М., Скворцов Н. П. Влияние температуры и минерализации подземных вод на проницаемость глинистых водоупоров //Гидрогеология. Инженерная геология и строительные материалы. – М.: Наука, 1980. – С. 73–77.
9. Опыт исследования напряженно-деформированного состояния Красноленинского свода (Западная Сибирь) /И. С. Грамберг, И. Н. Горяинов, А. С. Смекалов и др. //Докл. АН России. – 1995. – Т. 345. – № 2. – С. 227–230.
10. Грим Р. Э. Минералогия и практическое использования глин. – М.: изд-во Мир, 1967. – 603 с.
11. Дорофеева Т. В., Краснов С. Г. Постседиментационные преобразования пород //Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири. – Л.: Недра, 1983. – С. 26–40.
12. Дюнин В. И. Гидрогеодинамика глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов. – М.: Научный мир, 2000. – 472 с.
13. Евсеев Г. П. Региональные покрышки. Западно-Сибирская плита //Труды ВНИГРИ. – 1971. – Вып. 295. – С. 113–120.
14. Зубков М. Ю. Остаточная вода в обломках и цементе продуктивных отложений юрского возраста Красноленинского свода (Западная Сибирь) //Геология нефти и газа. – 2013. – № 1. – С. 48–58.
15. Гидротермальные процессы в шеркалинской пачке Талинского месторождения (Западная Сибирь) /М. Ю. Зубков, С. В. Дворак, Е. А. Романов и др. //Литология и полезные ископаемые. – 1991. – № 3. – С. 122–132.
16. Зхус И. Д., Бахтин В. В. Литогенетические преобразования глин в зоне АВПД. – М.: Наука, 1979. – 138 с.
17. Литология коллекторов Талинского нефтяного месторождения (Западная Сибирь) /Ю. П. Казанский, В. В. Казарбин, Э. П. Солотчина и др. //Геология и геофизика. – 1993. – Т. 34. – № 5. – С. 22–31.
18. Кононов В. И. Геохимия термальных вод областей современного вулканизма //Труды ГИН АН СССР. – 1983. – Вып. 379. – 216 с.
19. Коробов А. Д., Коробова Л. А. Пульсирующий стресс как отражение тектоно-гидротермальной активизации и его роль в формировании продуктивных коллекторов чехла (на примере Западной Сибири) //Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – № 6. – С. 4–12.
20. Криночкин В. Г., Балдина Н. А., Фёдоров Ю. Н. Особенности проявления тектонических нарушений в литологическом разрезе чехла Красноленинского свода (Западная Сибирь) //Актуальные вопросы литологии: материалы 8-го Уральского литолог. сов. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. – С. 168–169.
21. Кропоткин П. Н., Валяев Б. М. Развитие теории глубинного (неорганического и смешанного) происхождения углеводородов //Горючие ископаемые. Проблемы геологии и геохимии нафтидов и битуминозных пород (МГГ. XXVсессия. Доклады сов. геологов). – М.: Наука, 1976. – С. 133–144.
22. Влияние эпигенетических процессов на параметры коллекторов и покрышек в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности /Б. А. Лебедев, Г. Б. Аристова, Е. Г. Бро и др. //Труды ВНИГРИ. – 1976. – Вып. 361. – 107 с.
23. Лукин А. Е., Гарипов О. М. Литогенез и нефтеносность юрских терригенных отложений Среднеширотного Приобья //Литология и полезные ископаемые. – 1994. – № 5. – С. 65–85.
24. Махнач А. А. Катагенез и подземные воды. – Минск: Наука и техника, 1989. – 335 с.

25. Минский Н. А. Формирование нефтеносных пород и миграция нефти. – М.: Недра, 1975. – 288 с.
26. Нефтегазоносность глинистых пород Западной Сибири. – М.: Недра, 1987. – 270 с.
27. Сорохтин О. Г. Происхождение земной коры. Геофизика океана. – М.: Наука, 1979. – Т. 2. – С. 223–257.
28. Фёдорова Т. А., Бочко Р. А. Водно-расторимые соли баженовской свиты как критерий выделения зон коллекторов // Геология нефти и газа. – 1991. – № 2. – С. 23–16.
29. Хитаров Н. И., Пугин В. А. Монтмориллонит в условиях повышенных температур и давлений // Геохимия. – 1966. – № 7. – С. 890–795.
30. Холодов В. Н. Геохимия осадочного процесса // Труды ГИН РАН. – 2006. – Вып. 574. – 608 с.
31. Powers M. C. Fluid–release mechanismus in compacting marine mudrocks and their importance in oil explorations // Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists. – 1967. – V.51. – N7. – P.1240–1254.
32. Powers M. C. Adjustment of clays to chemical change and the concept of equivalence level // Clays and clay min. – 1959. – V.6. – P.309–326.

УДК 551.735.15

## О НАЛИЧИИ МОСКОВСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В ТЕНГИЗ-КАШАГАНСКОЙ ЗОНЕ ЮГО-ВОСТОКА ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

© 2015 г. А. П. Пронин<sup>1</sup>, И. А. Серебрякова<sup>2</sup>

1 – ТОО «Казкорресеч»

2 – ФГУП "Нижне-Волжский НИИ геологии и геофизики"

Московские отложения в юго-восточной части Прикаспийской впадины развиты повсеместно, достаточно убедительно охарактеризованы микрофауной [10], в них можно выделить карбонатный (мелководный) и кремнисто-глинисто-карбонатный (глубоководный) типы разреза (рис. 1). Карбонатный тип разреза развит в Южно-Эмбинской и Южной зонах в виде платформ, которые со всех сторон окружены глубоководными отложениями. Наличие аналогичных платформ в акватории Каспийского моря в Махамбетской зоне подтвердила скважина Каламкас-море-1 [11]. Образование карбонатных платформ в данных зонах носит седиментационно-тектонический характер, что связано с надвиганием Туранской плиты на Восточно-Европейскую платформу, частью которой является Прикаспийская впадина. Формирование карбонатных платформ происходило под влиянием пульси-

рующих тектонических движений разных знаков. Это обуславливает высокую продуктивность разнообразных известковидных организмов и формирование значительных карбонатных отложений толщиной до 600–750 м. Тектонические движения положительного знака привели к образованию слоев оолитовых грейнстоунов, слоев пакстоунов, окрашенных гидроокислами железа, и слоев отмытых от глинистого материала гравелитов, указывающих на крайнюю близость суши (центральная часть Южно-Эмбинской зоны). В то же время по наличию слоев мадстоунов, вакстоунов и аргиллитов можно предположить более «мористый» (глубоководный) характер осадков, что связано, с одной стороны, с тектоническими движениями отрицательного знака, а с другой – с крупным эвстатическим подъемом уровня моря. Наличие области суши в центральной части Южно-