

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФЛЮИДОМИГРАЦИИ В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВАНКОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

На основе детальной литологической, петрографической, минералогической, геохимической информации о строении разреза глубокой скважины Ванкорская 11, пробуренной в центре известного месторождения в северо-восточной части Западной Сибири, составлен предварительный прогноз его нефтегазоносности. Было выявлено влияние на осадочные отложения дислокационно-метасоматических процессов, которые сопровождаются деструкцией и растворением исходных пород, выносом и привносом петрогенных компонентов и формированием новообразованных минералов. Наложённые эпигенетические (дислокационно-метасоматические) преобразования пород в разрезе скважины в основном проявлены в виде вторичного минералообразования – формирования карбонатных, кремнистых и глинистых минералов. При выносе петрогенных компонентов на месте сложных конформных контактов возникают поры и межпоровые каналы и при благоприятных условиях формируются и сохраняются зоны вторичных высокопористых пород.

**Ключевые слова:** флюидодинамическая модель; дислокационно-метасоматические процессы; нефтегазоносность; нефтематеринские породы; породы-коллекторы; породы-флюидоупоры; Ванкорское месторождение (Восточная Сибирь).

**Введение и обоснование выбранных методов исследования.** Существовавшее ранее и еще иногда бытующее представление о генерации углеводородов из рассеянного органического вещества в статических закрытых, погружающихся в зоны катагенеза системах трудно использовать в современной нефтяной геологии. Причиной является наличие ряда факторов, не объясняемых с позиции концепции образования нефти в закрытой системе, стремящейся к термодинамическому равновесию. Так, в составе высокоуглеродистого твердого керогена, как показали исследования Зап.-Сиб. НИГНИ еще в 1986 г., существует дефицит водорода, необходимого для появления углеводородов (УВ) в жидкой и газообразной фазе. Кроме того, для образования присутствующих в нефтях легколетучих компонентов путем термоллиза требуются гораздо более высокие температуры, чем те, в которых наблюдается генерация сингенетичных битумоидов. Немало проблем возникает и при объяснении скоплений углеводородов, так как миграция образовавшихся сингенетичных битумоидов и микронепти, находящихся в дисперсной форме, противоречит законам диффузии [1].

Многие спорные и непонятные моменты снимаются представлениями о существовании открытых систем. В Московском государственном университете была разработана [2, 3] флюидодинамическая модель нефтегазообразования, в которой рассмотрены вопросы миграции УВ из низзалегających высокоуглеродистых толщ земной коры. Эта модель получила широкое признание и развитие.

В самое последнее время активно изучаются особенности глубинной дегазации Земли и ее влияние на процессы в приповерхностных оболочках планеты. Большое внимание уделяется изучению геосолитонов, характеру изменения сейсмических полей, зон вертикальной флюидомиграции, кольцевых структур, трубок взрыва и газовых труб, а также метасоматическим процессам в формировании коллекторов, зон нефтегазообразования и т.д. [4].

Исследователями установлено, что в разрезах скважин, пробуренных в нефтегазоносных отложениях, давление в пластах варьирует от 150 до 1 500 атм и более, а температуры достигают 110°C. В этих

условиях основные известные составляющие компоненты флюидов находятся в сверхкритическом состоянии. Сверхкритическое состояние для  $\text{CH}_4$  –  $t_{\text{крит}} 82,4^\circ\text{C}$ ,  $P_{\text{крит}} 46,9$  атм; для  $\text{CO}_2$  –  $t_{\text{крит}} 31,3^\circ\text{C}$ ,  $P_{\text{крит}} 75,2$  атм; для  $\text{H}_2\text{O}$  –  $t_{\text{крит}} 374,2^\circ\text{C}$ ,  $P 221$  атм, а водород ( $\text{H}_2$ ) растворяется в сверхкритической среде. Сверхкритические среды характеризуются исключительно низкой вязкостью и повышенной диффузионной способностью. Кроме того, они обладают способностью эффективно растворять не только жидкие, но и твердые органические вещества. Внедряясь в структуру химически устойчивых керогенов и разрывая их структурный скелет, они увеличивают количество битуминозных веществ, влияют на их состав и способствуют миграции [1].

Мигрирующие битумоиды (эпибитумоиды) подвергаются естественному крекингу, что приводит их к дифференциации от наиболее тяжелых к средним и легким, вплоть до газовых [5]. Эпибитумоиды используют трещиноватость, новообразованную пористость и сланцеватость, участки перекристаллизации пород и т.п. и, в целом, тяготеют к тектонически ослабленным зонам. Зоны эффективных коллекторов, участки значительного разуплотнения, каверны и резервуары образуются в условиях накопления  $\text{CO}_2$ , его диссоциации [6] и проявления углекислотного метасоматоза [7].

Зоны с хорошими дренажными свойствами, зоны эффективных коллекторов в толщах пород, обладающих высоким углеводородным потенциалом, следует искать, применяя не только сейсмические методы, которые на данный момент широко используются при поиске и разведке нефтегазоносных отложений, но также необходимо учитывать результаты комплексных анализов (литологических, минералого-петрографических, битуминологических, ядерно-геохимических).

Используемая технология ориентирована на изучение отложений осадочного бассейна с позиции флюидодинамической модели и на детальное исследование характера постседиментационных, литогенетических процессов, в первую очередь процессов наложенного эпигенеза или дислокационно-метасоматических явлений в толщах осадочных пород. Эти исследования позволяют более углубленно познать эволюцию нефтегазоносных отложений.

**Геология района.** Район исследования входит в состав Сидоровского (Большехетского) нефтегазонального района (НГР), Пур-Тазовской нефтегазональной области, Западно-Сибирской нефтегазональной провинции. Административно НГР расположен в пределах Красноярского края и частично Ямало-Ненецкого автономного округа.

Территория исследования располагается на восточном склоне террасы Большехетской впадины в северо-восточной части Западно-Сибирской плиты [8]. Большехетская структурная терраса имеет субмеридиональную ориентировку и осложняет восточный борт Надым-Тазовской синеклизы, располагающейся в центральной части Западно-Сибирской плиты и характеризующейся большими глубинами залегания (подошва точинской свиты среднеюрского возраста  $J_{2-3}tch$ ). Кровля отложений средней юры залегает на глубинах до 5,2 км.

Большехетская структурная терраса осложнена структурами низших порядков (IV и мельче): валами, локальными поднятиями, в том числе и Ванкорским, в пределах которого расположено Ванкорское нефтегазовое месторождение.

Ванкорская площадь по поверхности кристаллического фундамента тяготеет к западному борту южной части Худосейской рифтогенной зоны, выделяемой по гравиметрическим и сейсморазведочным материалам как линейная надпорядковая тектоническая структура. В пределах Худосейского рифта выделены две крупные структуры: Приенисейский грабен и Большехетско-Тагульский горст, в зоне сочленения которых и находится Ванкорская структура. Современные черты структура приобрела в течение верхнемелового, палеогенового и неогенового периодов.

По результатам гелиевой съемки был закартирован вдоль западного обрамления складки глубинный разлом. Установлено, что разлом тектонически активен и в настоящее время, являясь поставщиком тепловой энергии и перераспределения ее в осадочных породах. Сделан вывод, что Ванкорская структура является сквозной, по крайней мере до отложений триасового возраста, молодой по образованию, сложной по строению на разных стратиграфических уровнях. Зона глубинного разлома, по-видимому, обусловила формирование мощной депрессионной воронки; депрессионные воронки меньшего порядка связаны с дизъюнктивными нарушениям, развитыми в пределах месторождения и опережающими глубинный разлом. Наибольшей нарушением отличается Северо-Ванкорский блок, что подтверждается данными гелиевой съемки.

В результате изучения данных сейсмических работ, проведенных в регионе В.А. Криным (ООО «Красгеонац»), и особенностей становления и развития осадочного комплекса можно прийти к выводу, что район исследования имеет тектонически ослабленные зоны. И по результатам анализа содержаний газов в грунтах сейсморазведочных скважин выделено семь зон (I–VII) ареалов аномальных содержаний, которые идентифицируются с зонами возможного нефтегазонакопления. В этих зонах были пробурены поисковые скважины для детального исследования: Хикиглинская 1, Западно-Лодочная 1, Восточно-Лодочная 1, Северо-Ванкорская 1, Ванкорская-11 и др. В данной ста-

тье приведены результаты комплексного исследования глубокой скв. Ванкорская-11.

**Литологические, минералого-петрографические и геохимические особенности нефтегазональных отложений.** Скв. Ванкорская-11 были вскрыты юрско-меловые отложения, представленные следующими свитами: танамской ( $K_2tn$ ), салпадаяхинской ( $K_1sl$ ), наоновской ( $K_2ns$ ), дорожковской ( $K_2dr$ ), долганской ( $K_{1-2dl}$ ) свитами верхнего мела; яковлевской ( $K_1jak$ ), малохетской ( $K_1mch$ ), суходудинской ( $K_1sd$ ), нижнехетской ( $K_1nch$ ) нижнего мела, яновстанской ( $J_3-K_1jan$ ) нижнего мела-верхней юры, сиговской ( $J_3sg$ ), точинской ( $J_2tc$ ), малышевской ( $J_2ml$ ), леонтьевской ( $J_2ln$ ) и вымской ( $J_2vm$ ) свитами верхней-средней юры.

При литологическом, минералого-петрографическом и фациальном исследованиях было выявлено, что юрско-меловая толща в пределах изучаемой территории формировалась в различных климатических и фациальных зонах (морских, лагунных, континентальных и переходных фациях). Она представлена чередованием песчаников, алевролитов и аргиллитов, иногда содержащих прослой известковых пород и углей.

Ниже рассмотрены особенности проявления процессов флюидомиграции в разрезе скважины Ванкорская-11 по данным геохимических, литологических и петрографических исследований.

Ранее установлено, что при развитии процессов влияния углекислотных флюидов на обломочные породы концентрация урана уменьшается наряду с убыванием содержания петрогенных компонентов, что происходит в результате дислокационно-метасоматических процессов.

Ядерно-геохимические исследования по керну и шламу скв. Ванкорская-11 выявили зоны с отрицательными аномалиями, в которых широко проявились процессы эпигенетического преобразования пород, способствующие их разуплотнению и улучшению коллекторских свойств [9].

На рис. 1 показана часть литогеохимического разреза скв. Ванкорская-11. Диагональной штриховкой выделены зоны развития реакций наложенного эпигенеза (зоны отрицательных геохимических аномалий), вертикальной – зоны положительных аномалий.

В пределах обнаружения отрицательных аномалий породы в основном представлены песчаниками с мелко- и среднезернистой структурой. Текстуры их в основном однородные, пористые, слаболитифицированные. Однако встречаются и тонкозернистые рассланцованные алевролиты. Для вышеописанных пород характерны следующие особенности: катаклаз, трещиноватость, повышенная пористость и проницаемость и, главное, значительное проявление вторичного минералообразования.

В пределах положительных аномалий породы представлены аргиллитами и алевролитами с большим содержанием урана и органического вещества. Уплотненные породы часто сопровождаются окисленными битумами и представляют собой флюидоупоры. Именно под ними чаще всего формируются зоны отрицательных литогеохимических аномалий, обогащенных газовыми и жидкими углеводородами.

Наиболее интенсивные процессы флюидомиграции (зоны с отрицательными аномалиями) пород

наблюдались в основных продуктивных горизонтах: в отложениях долганской, яковлевской, суходудинской и нижнехетской свит, где  $U/Al_2O_3$

в среднем равно 0,9–0,12 у.е., а для не преобразованных алюмосиликатных пород это отношение равно 0,18.

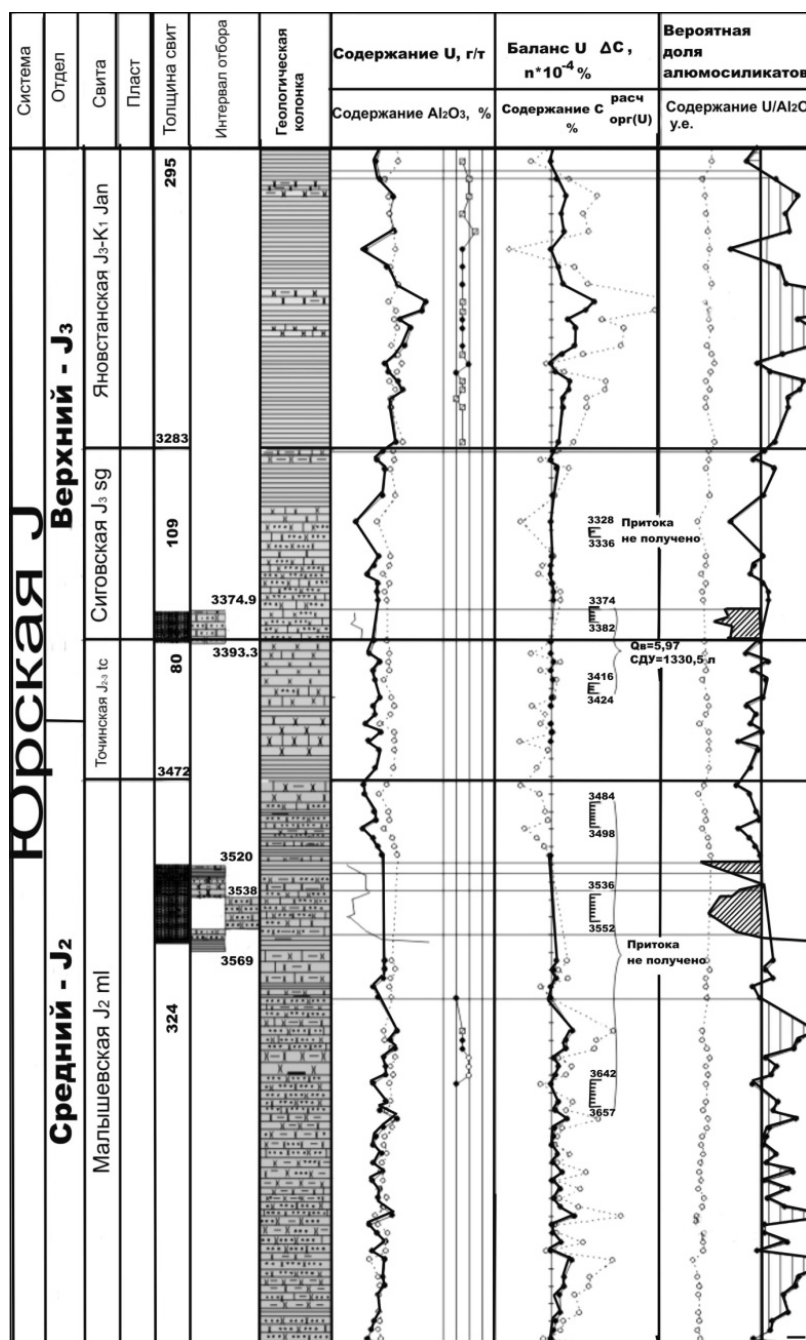


Рис. 1. Часть литогеохимического разреза скв. Ванкорская-11

Исследования геохимических особенностей разреза скважины дополнялись и подтверждались минералого-петрографическим изучением. В процессе становления отложения претерпели не только седиментационно-диагенетические, ката- и метагенетические преобразования, возникшие в период погружения осадочного бассейна, но также и дислокационно-метасоматические [7], которые претерпели породы во время инверсионного этапа развития территории.

В диагенезе породы подверглись уплотнению, неустойчивые обломки пород, зерна полевых шпатов разрушались, глинизировались. Сходные результаты, и даже более значительные, достигаются при эпигене-

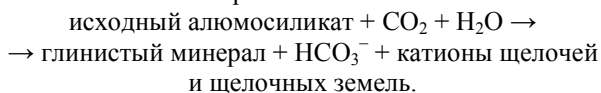
тических преобразованиях – интенсивно растворяется терригенная составляющая песчаников и развивается вторичная пористость. В тех интервалах, где в достаточной степени присутствовало захороненное органическое вещество, особенно в тонкозернистых и глинистых осадках, благодаря действию сульфатредуцирующих бактерий, в диагенезе происходили сидеритизация и пиритизация пород. При миграции углеводородов, их окислении также создавались обстановки для формирования вышеупомянутых минералов.

По результатам рентгеноструктурного анализа выявлено, что сидерит в небольшом количестве содержится практически в каждой изучаемой свите, но его

повышенное содержание тяготеет к яновстанской и леонтьевской свитам, а пирит обнаружен только в яновстанской свите. Исследования леонтьевской свиты позволили установить присутствие в породах диагенетического сидерита на глубине 3 930–3 990 м. В алевро-аргиллитовых породах он располагается пятнами и тяготеет к разложенным остаткам растительного детрита. Агрегаты сидерита часто полностью замещают детрит, сохраняя характерные его формы, реже они включают разложенное органическое вещество, превращенное в красный гелифицированный кероген.

Катагенетические изменения связаны с дальнейшими структурно-текстурными и минеральными изменениями пород. На фоне механического уплотнения и прогрессирующей гравитационной коррозии растворяются терригенные обломки, образуются конформные сочленения зерен, формируются новые аутигенные минералы, заполняющие поровое пространство и замещающие исходные зерна – это регенерационный кварц, доломит, кальцит, серицит. Углекислотный метасоматоз, развивающийся в нефтегазоносных отложениях, усиливает процессы растворения.

В процессе углекислотного метасоматоза вторичное минералообразование связано с внедрением, как правило, в слабощелочную среду осадочной толщи агрессивных углекислотных глубинных флюидов, что вызывает ионные реакции [7]. Это создает не свойственную для осадочных пород кислую обстановку с pH около 4–5. Установлено, что при этом реакция идет по обычной схеме «наложенного эпигенеза». Происходит растворение и вынос некоторых элементов:



Таким образом, содержащиеся в полевых шпатах подвижные петрогенные компоненты  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , в условиях воздействия кислотных флюидов, выносятся в первую очередь. Полевые шпаты оказываются подверженными замещению глинистыми минералами и минералами с наименее подвижными компонентами. Чаще всего остаются глиноземсодержащие компоненты в виде каолинита или аморфного  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , а также гидрослюд (иллита).

Воздействие на полевые шпаты более интенсивно происходит вдоль трещин и трещин спайности, и часто при более сильном воздействии образуются «губкоподобные» минералы с многочисленными порами. Также наблюдается практически полное растворение обломков полевого шпата и кварца с образованием на их месте объединенного пустотного пространства. При изучении пустотного пространства (тип пористости, форма пор, примерное количество, расположение в породе) выявлено, что в основном вторичные поры извилистые, имеют вытянутую форму, наблюдается и микропористость в каолиновом цементе (нижнехетская свита, гл. 3 377,6).

В результате наложенно-эпигенетических процессов может происходить не только вынос, но и привнос петрогенных компонентов, т.е. формирование вторичной минерализации. При этом фиксируются вновь образованные минералы и отмечаются заполне-

ния ими пор и трещин. Эти процессы характерны для зон щелочных растворов с pH до 10–11 [7], где происходит увеличение концентрации гидрокарбонатных ионов и ионов щелочных и щелочно-земельных элементов. Образование карбонатов происходит в условиях снижения парциального давления в системе. При этом пересыщенный углекислотой раствор вскипает, теряя  $\text{CO}_2$  и становясь более щелочным. При росте щелочности из растворов выпадают новые минеральные фазы – карбонаты (кальцит, доломит, сидерит), гидрослюды, мусковит, кварц. Образуются карбонатные (рис. 2), гидрослюдистые цементы, регенерационный кварц и другие минералы. Процесс карбонатизации и формирования новых минеральных ассоциаций приводит к уплотнению пород. Процесс карбонатообразования описывается следующей реакцией:



Данная реакция может многократно повторяться и в результате образуются зоны карбонатизации, которые связывают с выходами углекислого газа по ослабленным тектоническим зонам. Интенсивность углекислотного метасоматоза подчеркивается образованием мономинеральных цементов. Образуются сплошные линзы с карбонатным цементом, как, например, в нижнехетской (рис. 2), сиговской и леонтьевской свитах.

В разрезе скважины повсеместно развиты процессы хлоритизации и мусковитизации. Новообразованный хлорит изначально имеет бурую окраску, затем перекристаллизовывается в зеленый хлорит с аномальными синими цветами интерференции. Усиление степени преобразования пород под воздействием постседиментационных процессов сопровождается образованием мусковита из гидрослюды, а также формированием чередующихся пакетов хлорита и мусковита.

Также довольно часто наблюдается процесс образования аутигенного альбита, особенно в малышевской и леонтьевской свитах. Формирование вторичного альбита происходит за счет флюидов, содержащих ионы натрия и кремния. Описываемый процесс происходит в условиях литостатического давления и усиливается при развитии дислокационных процессов за счет увеличения растворимости терригенного альбита, содержание которого достигает до 20% во всех обломочных породах отложений скважины.

Из дислокационных преобразований пород отмечаются дробление, катаклаз, милонитизация. При наличии трещиноватости систематизируются направление трещин, их мощность, протяженность, открытость, заполнение. Обращается внимание на появление волнистого погасания кварца, изгибы слюдистых (рис. 3) и полевошпатовых минералов (нижнехетская свита гл. 2 788,0; 2 782,5 и 2 663,5 м, яковлевская свита гл. 1 700,0 м). Наблюдаемые дислокационные процессы способствуют более яркому проявлению метасоматических (наложенно-эпигенетических) процессов, предшествуя им или сопровождая их.

В породах органическое вещество представлено в основном в рассеянном дисперсном виде, реже встречаются более крупные остатки. При этом их цвет от красного до черного. Иногда можно увидеть псевдоморфозы керогена по организмам.

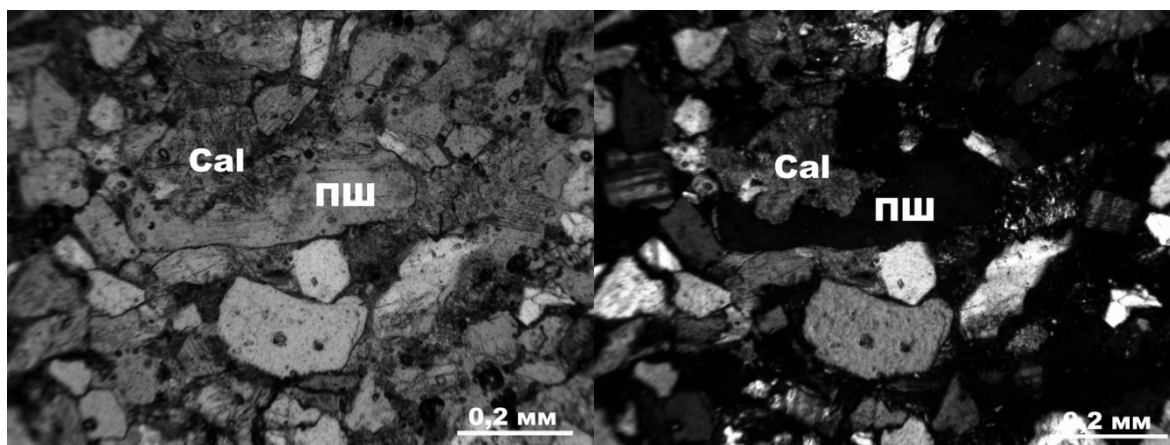


Рис. 2. Замещение полевых шпатов (ПШ) и каолинитового цемента карбонатом (Cal). Шлиф ВН-11-2667. Гл. 2 667,0 м. Нижнехетская свита

При описании процессов эпигенеза принимается градация по степени интенсивности проявления процессов – «слабо», «умеренно», «интенсивно» измененные породы.

В слабоизмененных породах наблюдаются: единичные случаи дробления, катаклаза, трещиноватости; вторичная пористость (до 5–6 пор на поле зрения микроскопа); увеличение количества новообразованных карбонатных, каолинитовых, гидрослюдистых, хлоритовых цементов (до 5–10%); присутствие

пирита (от единичных кристаллов до 1–3%), кварца (до 1–2%).

В умеренно измененных породах наблюдается присутствие до 10–15% дробленных зерен и трещин, выходящих за пределы поля зрения шлифа; отмечается вторичная пористость в пределах 10–15 пор и больше, не соединенных между собой; вторичная пористость в карбонатном цементе (до 5 пор на поле зрения микроскопа); наличие вновь образованного карбонатного, каолинитового, кремнистого цемента (>10%).

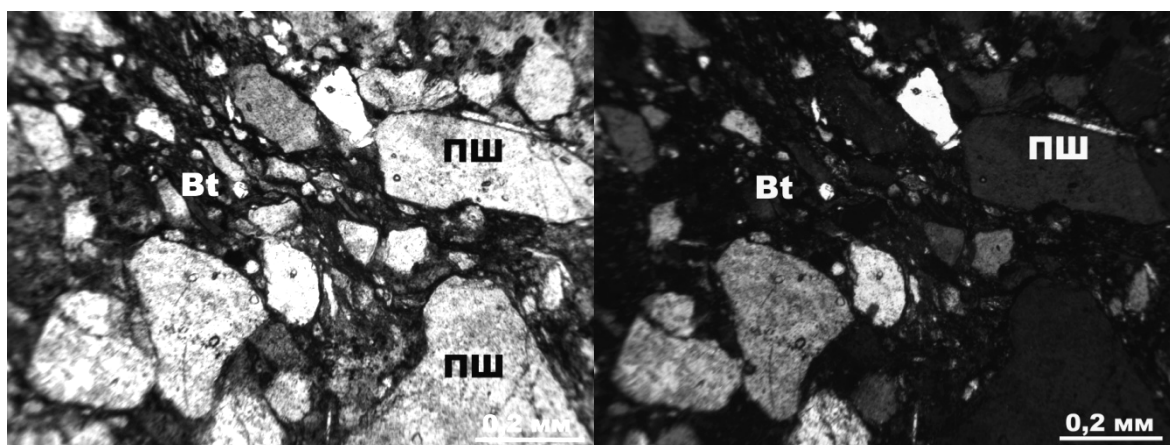


Рис. 3. Зона дробления, изогнутые чешуйки биотита (Bt), битумоиды в межзлаблочном пространстве. Шлиф ВН-11-2667. Гл. 2 667,0 м. Нижнехетская свита

В интенсивно измененных породах отмечаются дробление большинства зерен; присутствие многочисленных зон дробления (рис. 3) и повсеместной трещиноватости; появление объединенного пустотного пространства; наличие мономинеральных базально-порово-коррозионных карбонатных, каолинитовых, кремнистых цементов; наличие вторичной пористости в карбонатном цементе (свыше 5 пор на поле зрения микроскопа).

Таким образом, формирование порово-трещинного пространства пород начинается при седиментации осадков и завершается постседиментационными – стадийными и наложенными процессами. В результате последних происходит перераспределение вещества, в особенности за счёт выноса щелочных и щелочноземельных элементов (в особенности Ca, K и Na). Более интенсивное проявление процессов выноса

петрогенных компонентов из вмещающих пород приводит к разрушению катагенетической межзерновой структуры пород, в результате на месте сложных контактов возникают межзерновые каналы и при благоприятных условиях формируются зоны вторичных высокопористых пород [10].

Ниже кратко рассматриваются особенности эпигенетических преобразований пород в разрезе скв. Ванкорская-11 по свитам.

В леонтьевской J<sub>2</sub>ln, малышевской J<sub>2</sub>ml, точинской J<sub>2-3</sub>tch, сиговской J<sub>3</sub>sg и яновстанской J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub>jan свитах породы катагенетически уплотнены, процессы дробления и катаклаза проявлены слабо, также незначительно проявлены процессы коррозии и вынос петрогенных компонентов и не образовалась хорошая пористость.

В нижнехетской K<sub>1</sub>nch, суходудинской K<sub>1</sub>sd, малохетской K<sub>1</sub>mch, яковлевской K<sub>1</sub>jak и долганской K<sub>2</sub>dl

свитях эпигенетические изменения в песчаниках и алевролитах свиты появились очень интенсивно (дробление и катаклаз, формирование зон повышенной трещиноватости). Коррозия и вынос петрогенных компонентов с активным вторичным порообразованием также интенсивно проявились в песчаниках скважины. При этом образовался «губчатый» полевой шпат и сформировалось объединенное пустотное пространство.

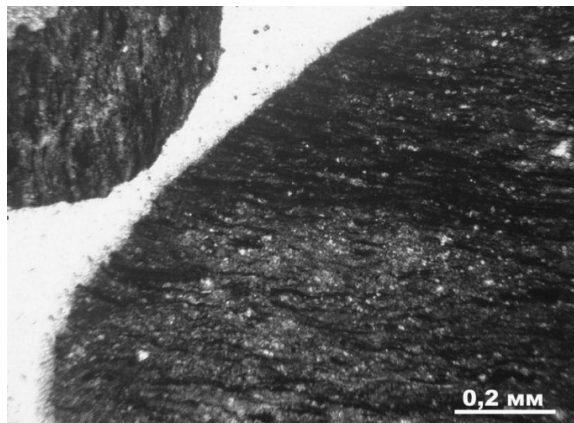


Рис. 4. Единичное обособление красного гелефицированного керогена среди черных выделений керогенов, отдавших свой УВ-потенциал. Шлиф ВН -11-143. Гл. 3 215,0 м. Николи //  $U/Al_2O_3 - 0,276$ .  $C_{орг}^U - 0,467$ . Яновстанская свита

Таким образом, седиментационные и эпигенетические преобразования пород нижнего-верхнего мела (в особенности в отложениях долганской, яковлевской, суходудинской и нижнехетской свит) сформировали в песчаниках хороший трещинно-порово-кавернозный коллектор с объединенным поровым пространством.

Можно предполагать, что характер и интенсивность эпигенетических преобразований пород, формирование коллекторов и, в конечном счете, залежей УВ в существенной степени зависят не только от наличия пород-коллекторов и флюидоупоров, но и от подтока из глубоких горизонтов в зонах тектонических нарушений, углеводородных флюидов. Возможно, что это обстоятельство является существенным при формировании залежей УВ как в юрских, так и в меловых отложениях.

Определяющее значение в обогащении флюидомиграционных потоков углеводородами в процессе нефтегазообразования имеют нефтематеринские породы яновстанской свиты (см. рис. 4), а также обогащенные  $C_{орг}$  породы мальшевской, леонтьевской и вымской свит, содержания в которых  $C_{орг}^U$  колеблется в пределах  $(0,15-0,32) \times 10^{-4}\%$ , при толщине отложений 135–210 м.

Яновстанская свита входит в состав баженовского горизонта волжского возраста [11]. Отложения ее разбиты в самой восточной части Западно-Сибирской плиты, в частности в Усть-Енисейском районе.

В связи с возрастающей перспективой нефтегазоносности этой части региона породы яновстанской свиты заслуживают пристального внимания, так как являются возрастными аналогами нефтематеринской баженовской свиты, широко развитой и достаточно хорошо изученной в центральной части Западной Сибири [12]. Она же является прекрасным реперным радиоактивным горизонтом верхней юры и хорошим экраном для мигрирующих снизу флюидов.

**Выводы.** Проведенный анализ геохимических и минералого-петрографических данных свидетельствует о неравномерном проявлении флюидомиграционных процессов по свитам как в разрезах скважин, так и в плане по скважинам территории исследования. Использование модулей для оценки интенсивности проявления в разрезах может быть более достоверным и эффективным при использовании совокупности факторов, например степени проявления процессов наложенного эпигенеза, битуминозности пород, наличия в разрезах геохимических аномалий, их количества, изучения газонасыщенности шлама разрезов и т.п. Изучение этих факторов необходимо также для расшифровки формирования разрезов и прогноза нефтегазоносности.

Формирование нефтегазоносных залежей в отложениях вышеуказанных продуктивных свит (долганской, яковлевской, суходудинской и нижнехетской) возможно только при наличии уплотненных пород-флюидоупоров. И таким образом формирование газонефтяных залежей в отложениях нижнехетской свиты чаще всего происходило в разуплотненных песчаниках при наличии пластов-флюидоупоров. Ограниченное количество флюидоупоров в отложениях суходудинской и малохетской свит не препятствовало миграции УВ в вышележащие горизонты и способствовало образованию газонефтяных залежей в благоприятных структурах отложений яковлевской и долганской свит.

Процессы флюидомиграции с формированием газовых залежей в основном завершились в отложениях долганской свиты. О снижении процессов флюидомиграции в отложениях верхнего мела (дорожковской – танамской свитах) свидетельствуют значения модулей по этим свитам, близкие к 0,18 (0,16–0,20) в разрезах большинства изученных скважин, вычисленные по значимым выборкам (при количестве проб в выборке не менее 18).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лифшиц С.Х. Роль глубинных флюидов в формировании и генезисе газонефтяных залежей // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы: материалы Всерос. конф. М.: Геос, 2008. С. 278–281.
2. Хаин В.Е., Соколов Б.А. Флюидодинамический анализ – новый этап развития учения о нефтегазоносности осадочных бассейнов // Флюидодинамический фактор в тектонике и нефтегазоносности осадочных бассейнов. М.: Наука, 1989. С. 5–12.
3. Хаин В.Е., Соколов Б.А. Роль флюидодинамики в развитии нефтегазоносных бассейнов // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 1994. Вып. 5. С. 3–11.
4. Богатиков О.А., Петров О.В., Морозов А.Ф. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. 3-е изд., исп. и доп. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.
5. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. М.: Мир, 1981. 501 с.
6. Портнов А.М., Кандинов М.Н. Углекислота – как диспетчер рудоотложения // Природа. 1992. Вып. № 11. С. 64–69.
7. Лебедев Б.А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. Л.: Недра, 1992. 239 с.
8. Поляков А.А., Кригин В.А., Жемчужова Т.А. Влияние ложных флюидоупоров на нефтегазоносность нижнемеловых резервуаров Большехетской террасы // Научно-технический вестник ОАО «НК «РОСНЕФТЬ». 2011. № 4. С. 15–19.

9. Столбов Ю.М., Фомин Ю.А., Столбова Н.Ф. Возможность применения прикладной геохимии урана при исследовании процессов наложенного эпигенеза терригенных отложений Западной Сибири // Труды II Международной конференции «Геохимическое моделирование и материнские породы нефтегазоносных бассейнов России и стран СНГ». СПб. : ВНИГРИ, 2000. С. 160–171.
10. Япаскurt О.В. Стадиальный анализ литогенеза : учеб. пособие. М. : МГУ, 1995. 142 с.
11. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. М. : Недра, 1975. 680 с.
12. Предтеченская Е.А., Кроль Л.А., Гурари Ф.Г., Сапьяник В.В., Перозин Г.Н., Малушко Л.Д. О генезисе карбонатов в составе баженовской свиты центральных и юго-восточных районов Западно-Сибирской плиты // Литосфера. 2006. Вып. № 4. С. 131–148.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 13 октября 2014 г.

## THE STUDY OF FLUID-MIGRATION PROCESSES IN OIL-AND-GAS DEPOSITS OF THE VANKOR FIELD

*Tomsk State University Journal*, 2014, 389, pp. 228-234.

**Isaeva Elena R.** Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: isayeva.89@mail.ru

**Stolbova Nelya F.** Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: StolbovaNF@ignd.tpu.ru

**Keywords:** fluid-dynamic model; dislocation-metasomatic processes; petroleum potential; source deposits; reservoir rocks; rock-seals; Vankor deposit (Eastern Siberia).

The topicality of this work is conditioned by the necessity of improvement of prospecting and exploration methods of oil and gas deposits for a choice of an optimum mode of exploitation of oil-fields with difficult extractive supplies of hydrocarbons. The aim of work was to obtain a detailed lithological, petrographic, mineralogical, geochemical information about the structure of deep well Vankor 11 drilled in the north-eastern part of Western Siberia and preparation of the preliminary forecast of oil and gas potential of the region using the selected set of methods. As a result of research, it was determined that the dislocation-metasomatic processes are accompanied by destruction and dissolution of original rock and removal of petrogenic components and the formation of the newly formed minerals. It was revealed that the epigenetic transformation of rocks in a well is mainly manifested in the form of secondary mineral formation: the formation of carbonates, quartz and clay minerals. When setting out petrogenic components, pores and interporous channels occur in complex conformal contacts, and, under favorable conditions, a secondary highly porous rocks zone is formed. That is, the formation of porous fractured space rocks begins with sedimentation of precipitation and ends with post-sedimentation processes, as a result of the latter there is a redistribution of substances, in particular due to the removal of alkaline and alkaline-earth elements (in particular, calcium, potassium and sodium). The studies found that highly porous rocks are partially present in the following suites of the Lower and Upper Cretaceous of well Vankor-11: Dolgan, Yakovlevskaya, Sukhodudinskaya and Nizhnekhetskaya. However, the formation of oil and gas deposits in deposits of these suites is only possible if there is compacted rock. A limited number of seals in the sediments of Sukhodudinskaya and Malahetskaya suites let the hydrocarbon migration in the overlying horizons and contributed to the formation of oil and gas deposits in the favorable structures of deposits of Nizhnekamskaya, Yakovlevskaya and Dolgan suites. Fluid-migration processes with the formation of gas deposits were completed in the sediments of Dolgan suite. Thus, character and intensity of the epigenetic of transformations of rocks, formation of collectors and, eventually, hydrocarbon deposits in an essential degree depend not only on existence of rock collectors and seals, but also on subcurrent hydrocarbonic fluids from the deep horizons in zones of tectonic violations. It is possible that this circumstance is essential when forming oil and gas deposits both in Jurassic and Cretaceous deposits. Yanovstanskaya suite and enriched Corg rocks of Malyshevskaya, Leontyevskaya and Vymskaya suites have a determining value in enriching the fluid streams with hydrocarbons in the process of petroleum source rocks.

## REFERENCES

1. Lifshits S.Kh. [The role of deep fluids in the formation and genesis of gas and oil deposits]. *Degazatsiya Zemli: geodinamika, geoflyuidy, neft', gaz i ikh paragenезy: materialy Vseros. konf.* [Degassing of the Earth: Geodynamics, geofluids, oil, gas and their parageneses. Proc. of the All-Russian Conference]. Moscow: Geos Publ., 2008, pp. 278-281. (In Russian).
2. Khain V.E., Sokolov B.A. *Flyuidodinamicheskiy analiz – novyy etap razvitiya ucheniya o neftegazonosnosti osadochnykh basseynov* [Fluid dynamic analysis: a new stage in the development of the doctrine of the petroleum potential of sedimentary basins]. Marasanova N.V. (ed.) *Flyuidodinamicheskiy faktor v tektonike i neftegazonosnosti osadochnykh basseynov* [Fluid dynamic factor in the tectonics and petroleum potential of sedimentary basins]. Moscow: Nauka Publ., 1989, pp. 5-12.
3. Khain V.E., Sokolov B.A. Rol' flyuidodinamiki v razvitiі neftegazonosnykh basseynov [The role of fluid dynamics in the development of oil and gas basins]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 4. Geologiya - Moscow University Geology Bulletin*, 1994, issue. 5, pp. 3-11.
4. Bogatikov O.A., Petrov O.V., Morozov A.F. *Petrograficheskiy kodeks Rossii. Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, impaktnye obrazovaniya* [Petrographic code of Russia. Igneous, metamorphic, metasomatic, impact formations]. St. Petersburg: VSEGEI Publ., 2009. 200 p.
5. Tissot B., Welte D. *Образование и распространение нефти* [Formation and distribution of oil]. Moscow: Mir Publ., 1981. 501 p.
6. Portnov A.M., Kandinov M.N. Uglekislota kak dispatcher rudootlozheniya [Carbon dioxide as manager of ore deposition]. *Priroda*, 1992, issue, no. 11, pp. 64-69.
7. Lebedev B.A. *Geokhimiya epigeneticheskikh protsessov v osadochnykh basseynakh* [Geochemistry of epigenetic processes in sedimentary basins]. Leningrad: Nedra Publ., 1992. 239 p.
8. Polyakov A.A., Krinin V.A., Zhemchugova T.A. Vliyanie lozhnykh flyuidoporov na neftegazonosnost' nizhnemelovykh rezervuarov Bol'shekhetskoy terrasy [Effect of false confining beds on oil and gas potential of the Lower Cretaceous reservoirs of Bolshekhetskaya terrace]. *Nauchno-tehnicheskiy vestnik OAO "NK "ROSNEFT"*, 2011, no. 4, pp. 15-19.
9. Stolbov Yu.M., Fomin Yu.A., Stolbova N.F. [The possibility of using applied geochemistry of uranium in the study of epigenetic processes imposed by clastic sediments of Western Siberia]. *Trudy II Mezhdunarodnoy konferentsii "Geokhimicheskoe modelirovanie i materinskie porodы neftegazonosnykh basseynov Rossii i stran SNG"* [Proceedings of the II International Conference "Geochemical modeling of source rocks and oil and gas basins in Russia and the CIS countries"]. St. Petersburg: VNIIGRI Publ., 2000, pp. 160-171. (In Russian).
10. Yapasurt O.V. *Stadial'nyy analiz litogeneza* [Stage analysis of lithogenesis]. Moscow: MSU Publ., 1995. 142 p.
11. Kontorovich A.E., Nesterov I.I., Salmanov F.K. et al. *Геология нефти и газа Западной Сибири* [The geology of oil and gas in Western Siberia]. Moscow: Nedra Publ., 1975. 680 p.
12. Predtechenskaya E.A., Krol' L.A., Gurari F.G., Sap'yanik V.V., Perozin G.N., Malushko L.D. O генезисе карбонатов v sostave bаженовской свиты tсentral'nykh i yugo-vostochnykh rayonov Zapadno-Sibirskoy plity [On the genesis of carbonate in the Bazhenov Formation of central and south-eastern regions of the West Siberian Platform]. *Litosfera – Lithosphere*, 2006, no. 4, pp. 131-148.

Received: 13 October 2014