

№1(8) 2005

ГОРНЫЕ ВЕДОМОСТИ

ТЮМЕНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**Структурно-формационные зоны
доюрского основания Приуральской части
Западно-Сибирского мегабассейна**

**Система 3D интерпретации результатов
гравимагнитных наблюдений с целью
геологического картирования
доюрского комплекса Западной Сибири**

Рений Полярного Урала

*«Богатство нефти
есть залог величия державы»*

М.В. Ломоносов

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ ПРОМЫШЛЕННОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ КРОВЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ДОЮРСКОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ГЕОСИНКЛИЗЫ

Зубков М.Ю.

ООО "Сибгеоцентр", г. Тюмень

Интерес к доюрскому комплексу (далее по тексту ДК) Западно-Сибирской геосинеклизы (далее по тексту ЗСС) с точки зрения его нефтегазоносности проявлялся практически постоянно, начиная с 60-х годов прошлого столетия и до настоящего времени [1-18]. Внимание к этому объекту в настоящее время обусловлено, главным образом, снижением темпов прироста запасов нефти и газа, связанных с традиционным поисково-разведочным объектом – осадочным чехлом бассейна.

Несмотря на то, что породы, входящие в состав ДК изучаются продолжительное время, до настоящего момента отсутствует ясное представление о механизме формирования в них коллекторов и возникновении углеводородных залежей, а также источнике углеводородов (далее по тексту УВ). Следовательно, необходимо обосновать набор критериев, с помощью которых стало бы возможным осуществлять оценку перспектив нефтегазоносности ДК на различных участках ЗСС.*)

Самая богатая геолого-геофизическая и промысловая информация накоплена по кровельной части ДК. Из нее же получены высокодебитные притоки УВ (до 350 т/сут.). Поэтому в настоящей работе основное внимание сконцентрировано на выборе критериев для оценки перспектив нефтегазоносности именно кровельной части ДК, находящейся в непосредственной близости к перекрывающим ее юрским отложениям.

Лучше всего изучена кровельная часть ДК в западной части ЗСС в пределах Шаймского и Красноленинского районов. Здесь же открыто наибольшее количество углеводородных залежей в ней (Даниловское, Северо-Даниловское, Мулымынское, Мортымья-Тетеревское, Убинское, Толумское, Потанайское месторождения, Каменная, Талинская, Ем-Еговская, Рогожниковская и Пальяновская площади). Это обусловлено

тем, что ДК в рассматриваемых районах залегает на сравнительно небольших глубинах (от 1700 до 2700 м).

В районе Широтного Приобья и к северу от него Обь-Иртышского междуречья, а также Томской области кровельная часть ДК исследована гораздо слабее, что объясняется большими глубинами залегания фундамента (3000-3500 м). На этих землях отмечаются водо- и нефтепроявления, а также открыты углеводородные залежи в породах ДК в пределах Северо-Варьеганского, Урьевского, Чистинного, Южно-Демьянского, Когитского, Восточно-Когитского, Ягыл-Яхского, Тамбаевского, Западно-Останинского, Северо-Калинового, Восточного месторождений, Горелой (Ханты-Мансийской) площади и других [6-12].

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ТИПЫ КОЛЛЕКТОРОВ, ВСТРЕЧЕННЫХ В КРОВЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ДК

Анализ накопленной информации о вещественном составе пород, входящих в состав кровельной части ДК различных районов ЗСС показал, что, несмотря на большое разнообразие их типов, породы-коллекторы возникают во вполне определенных разновидностях, причем их набор весьма ограничен [7, 10].

Метаморфические породы

Среди слабо- и среднеметаморфизованных пород коллекторы встречены в метапесчаниках, метаалевролитах и метагравелитах. Описываемые коллекторы имеют явно вторичное происхождение и возникли в результате дробления пород и выщелачивания неустойчивых минеральных компонентов, входящих в их состав. Чаще всего этими неустойчивыми компонентами являются

*) Прим. ред.

До сих пор все оценки делались на статической основе, по крайней мере с 1975 года

поровые карбонаты, реже глинистые минералы. Возникающий в метапесчаниках и других метаморфизованных гранулярных породах вторичный коллектор может быть отнесен к трещинно-порово-микрокавернозному типу (рис. 1 а, в, г). В микрокавернах отмечаются новообразованные минеральные ассоциации, представленные мелкими кристаллами кварца и анкерита (см. рис. 1 в). В прокрашенных смолой прозрачных петрографических шлифах отмечаются эффективные поры и микрокаверны, в которые проникла смола. Они имеют неправильную, часто вытянутую форму. Их размеры изменяются в широком диапазоне — от 1-2 мкм до 1-3 мм (см. рис. 1 д). Обычно они характеризуются низкими фильтрационно-емкостными свойствами (далее по тексту ФЕС). Их пористость обычно составляет 3-8 %, а в продуктивных разновидностях достигает 12-16 %. Проницаемость, как правило, не превышает 0.1-1.0 мД. Лишь в трещиноватых разностях проницаемость может достигать 15-30 и даже 100 мД [7].

Однако промысловые геологи, отбиравшие керн из кровельной части ДК Шаймского и Красноленинского нефтегазоносных районов, в полевых описаниях керна обращали внимание на тот факт, что в интервалах, сложенных метапесчаниками, иногда встречаются их рыхлые сыпучие разновидности, легко растирающиеся пальцами до отдельных песчинок. Иными словами присутствовавший в их составе цемент (скорее всего представленный первоначально карбонатными минералами) был полностью растворен, из-за чего метапесчаник превратился в песок.

В сильноизогнутых осадочных породах (Убинское и Урьевское месторождения) коллекторы встречены в различных разновидностях кремнистых сланцев и кварцитопесчаниках (рис. 1 б, г, е, рис. 2). В них развивается вторичный коллектор трещинно-кавернозного типа. В кавернах на их стенках отмечаются многочисленные новообразованные мелкие кристаллы кварца, а также агрегаты каолинита или диккита (рис. 1 г, рис. 2 б, в). Вторичные пустоты и каверны приурочены к трещинам, по которым осуществлялось движение флюида, растворявшего кремнистый, а также, вероятно, карбонатный материал, присутствовавший в кремнистых прослоях (рис. 1 е).

Следует обратить внимание на тот интересный факт, что в кварцитопесчаниках, в которых первичная (межгранулярная) емкость практически полностью отсутствует, отмечаются тонкие, мелкие довольно многочисленные чешуйки графита, захваченные перекристаллизованными обломками кварца и полевых шпатов в процессе их роста (рис. 2 г, д). Скорее всего, чешуйки графита, об-

наруженные в кварцитопесчаниках — это графитизированные капельки нефти, насыщавшие поры этого песчаника в далеком прошлом [9]. Вероятно, рассматриваемые породы побывали в очень жестких термодинамических условиях (высокая стадия метаморфизма), что и привело к графитизации нефти, первоначально насыщавшей этот песчаник.

Таким образом, в метаморфических осадочных породах возникают вторичные коллекторы сложного порово-микрокавернозно-трещинного типа. Чем сильнее стадия метаморфизма осадочной породы, тем значительнее доля во вторичном коллекторе трещинной, реже кавернозной составляющей. В наиболее метаморфизованных породах поровая (межгранулярная) емкость полностью отсутствует.

Известняки и кремнистые известняки

Известняки и кремнистые известняки, встречающиеся в составе кровельной части ДК, также являются метаморфизованными осадочными породами, как правило, смешанного (биогенно-хемогенного) происхождения. Из-за своей уникальной способности превращаться в высокоемкие вторичные коллекторы они заслуживают особого внимания.

Высокая перспективность карбонатных пород, входящих в состав ДК как потенциальных коллекторов хорошо известна и нами здесь не рассматривается. Остановимся на их разновидности — кремнистых известняках, которые встречены в составе кровельной части ДК, вскрытых в пределах Северо-Варьеганского месторождения и Горелой (Ханты-Мансийской) площади [6, 8, 12].

Вторичные коллекторы, образовавшиеся за счет исходных нижнекарбоновых (визейский ярус) кремнистых известняков, получившие название гидротермальные силициты [6, 8] представляют собой трещиноватые пористо-кавернозные породы светло-серого цвета почти исключительно кремнистого состава (рис. 3 а, б). Их пористость изменяется в широких пределах — от 8-10 до 30-34 %, а проницаемость варьирует от 2.5 до 300 мД [6].

Микроскопические исследования показали, что рассматриваемые породы сложены микрокристаллическим кварцем иногда с небольшой примесью мелких буклетовидных агрегатов каолинита и диккита (рис. 3 в, г).

Структура порового пространства хорошо видна в прозрачных петрографических шлифах, прокрашенных смолой (рис. 3 д, е). В образцах присутствует большое количество очень мелких пор, с которыми связана остаточная вода, а также более крупные поры и микрокаверны, которые в пластовых условиях заполнены углеводородами.

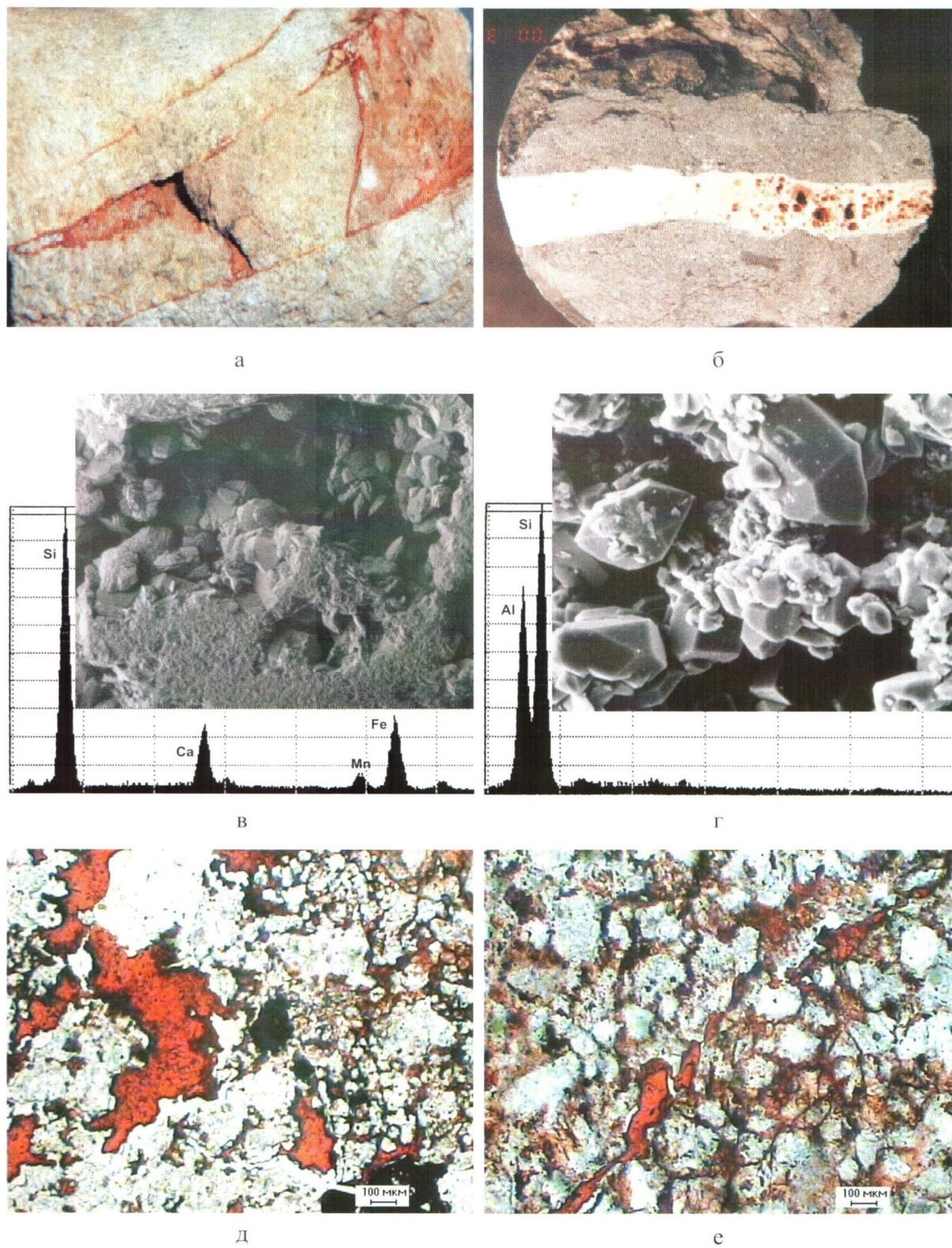


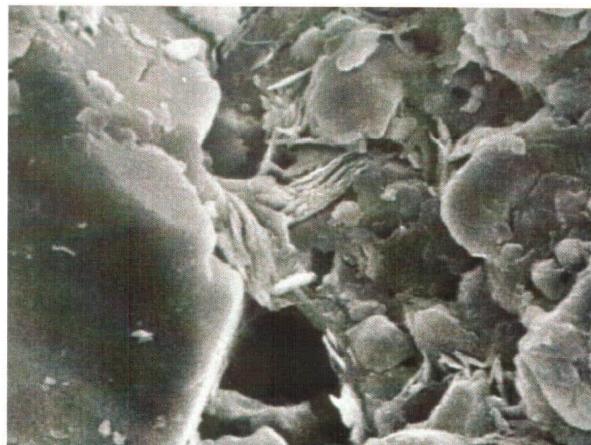
Рис. 1. Типы коллекторов, формирующихся в метаморфических осадочных породах Убинского месторождения: метапесчаник, скв. 10054 (а, в, д), кремнистый сланец, скв. 3735 (б, г, е); а, б - внешний вид образцов; в, г - электронно-микроскопические снимки с элементными спектрами (СКАН, увеличено в 20 и 500 раз, соответственно); д, е - фотографии прокрашенных смолой петрографических шлифов



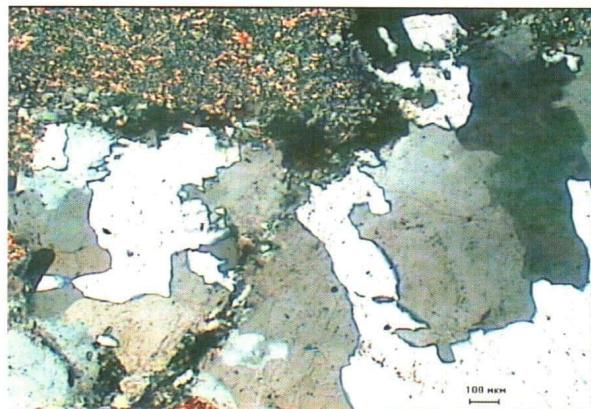
а



б



в



г



д

Рис. 2. Общий вид кварцитопесчаника (а), его электронно-микроскопические снимки (б, в) и прозрачные петрографические шлифы, в поляризованном свете (г, д), скв. 134 Р, Урьевское месторождение



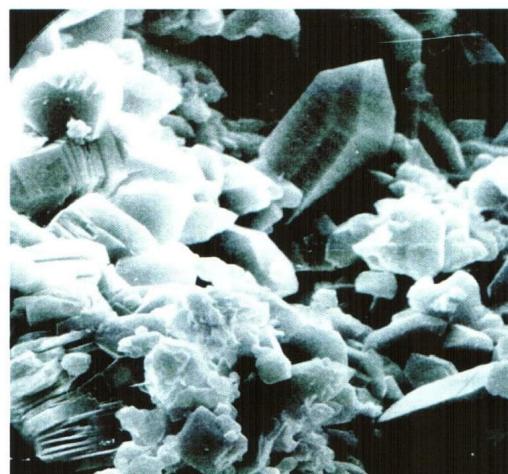
а



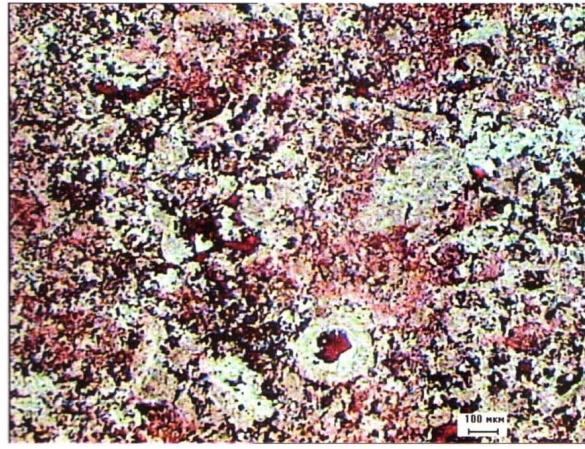
б



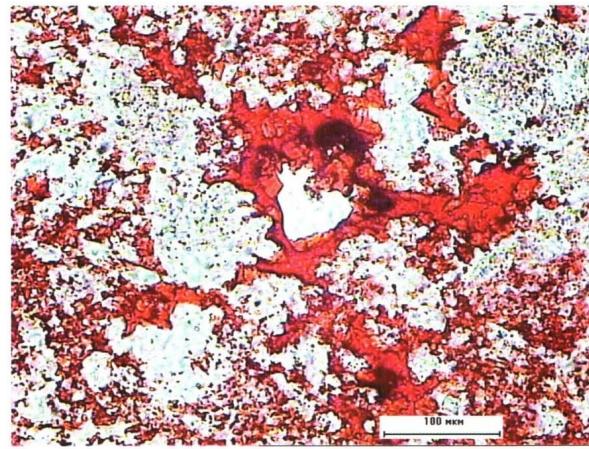
в



г



д



е

Рис. 3. Внешний вид образцов гидротермальных силикатов (а, б), их электронно-микроскопические снимки (в, г) и фотографии прозрачных петрографических шлифов, прокрашенных смолой (д, е); скв. 12П, Северо-Варзеганское месторождение

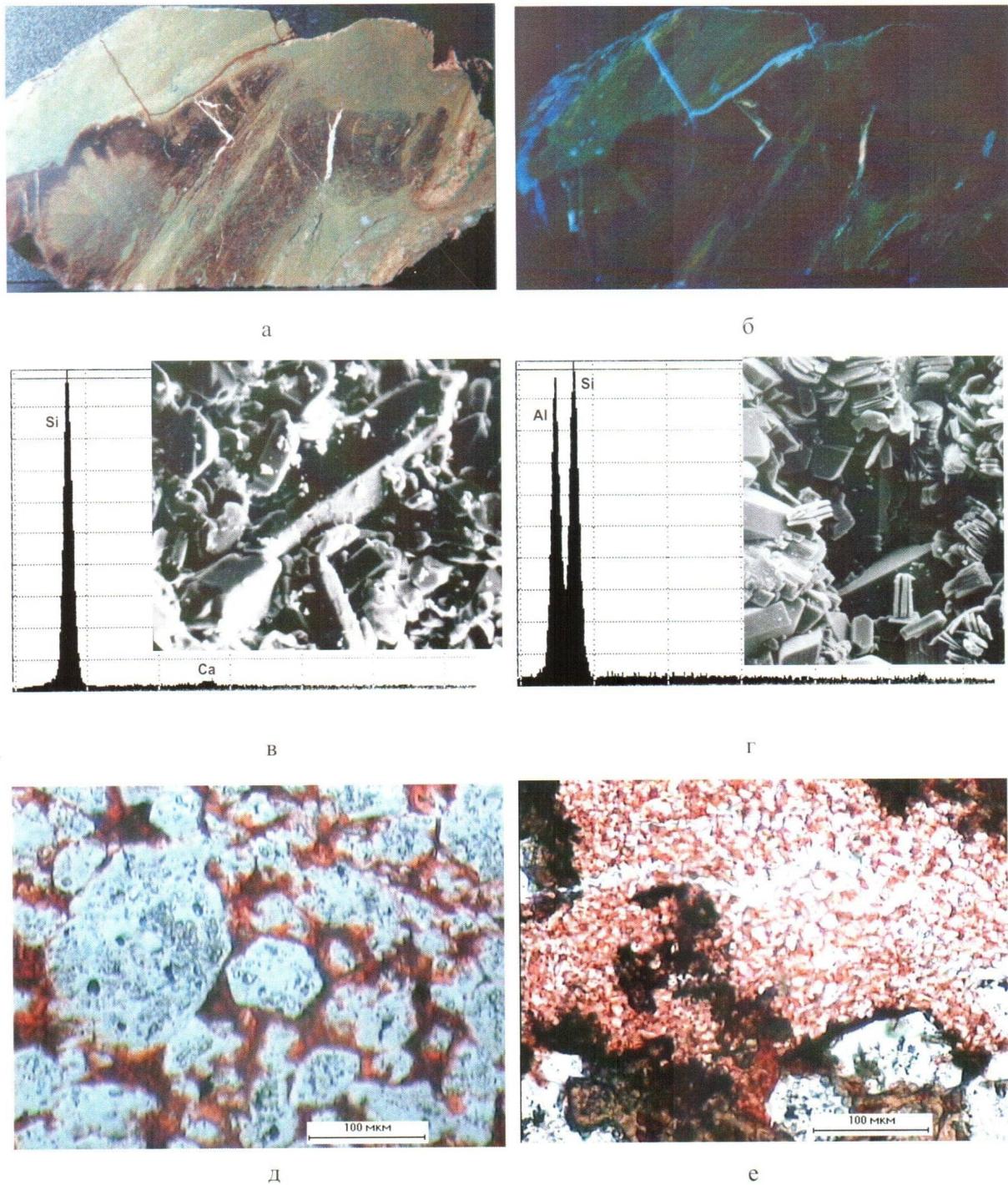
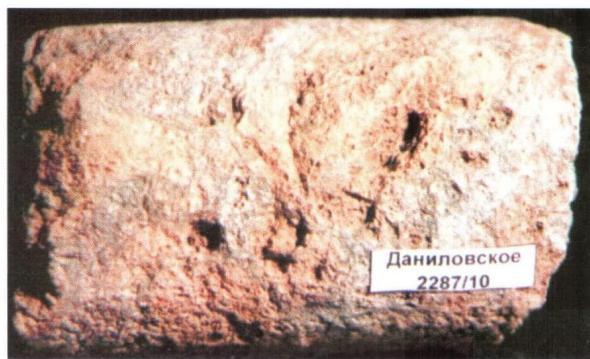


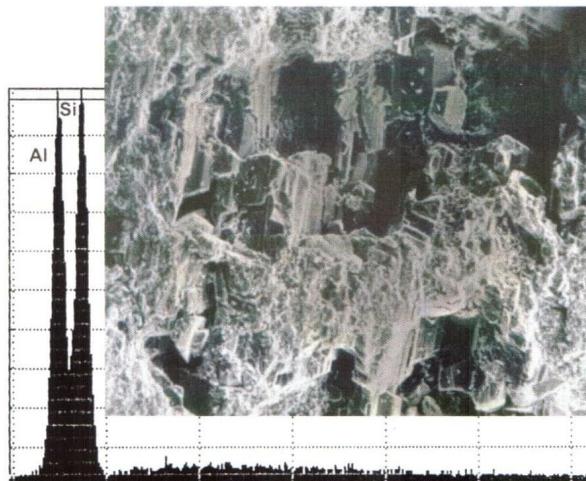
Рис. 4. Внешний вид образца, сложенного псевдокварцитом и кремнистым сидеритолитом, снятого в обычном (а) и ультрафиолетовом (б) свете, их электронно-микроскопические снимки (в, г) и фотографии прокрашенных смолой петрографических шлифов (д, е); скв. 5 Р, Ханты-Мансийская площадь



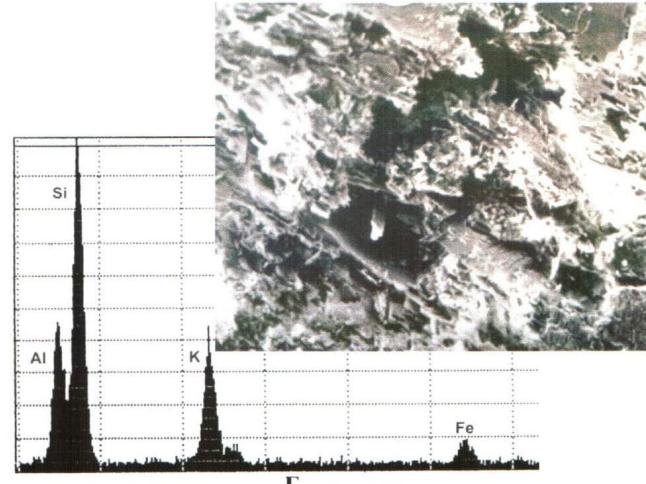
а



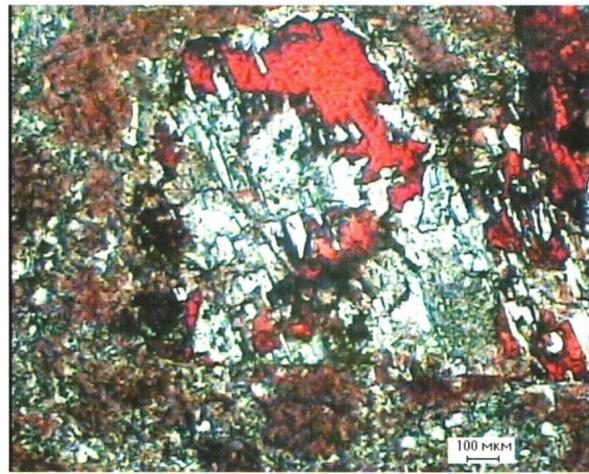
б



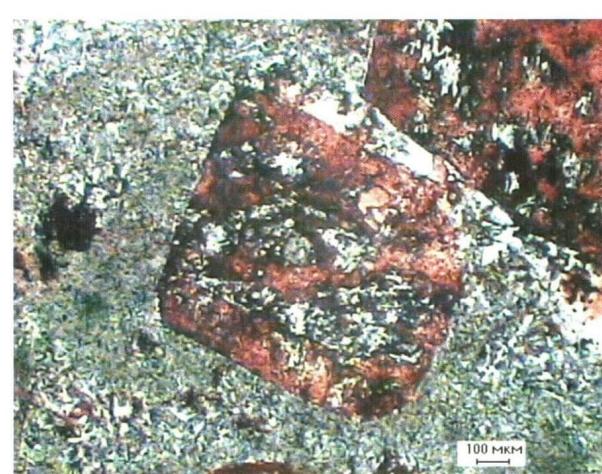
в



г



д



е

Рис. 5. Общий вид образцов кислых эффузивов (а, б), их электронно-микроскопические снимки с элементными спектрами (в, г) и прозрачные петрографические шлифы, прокрашенные смолой (д, е) скв. 2287 Даниловского (а, в, д) и скв. 10163 Северо-Даниловского (б, г, е) месторождений

Похожий тип коллектора встречен в разрезе скв. 5 Р Ханты-Мансийской площади (рис. 4). Первоначально породы, в которых сформировался вторичный коллектор, представляли собой кремнистые известняки (содержание кремнезема до 50%) от серого до темно-серого цвета, вероятно, девонского возраста, накапливавшихся в восстановительных условиях, что следует из высокого вклада урана в суммарную радиоактивность (80-90%), чем рассматриваемые породы напоминают битуминозные отложения баженовской свиты. Коллекторами являются псевдокварциты, обладающие характерным светло-серым цветом (см. рис. 4а). Они имеют открытую пористость, изменяющуюся в пределах от 8-9 до 16-18%.

Кремнистые сидеритолиты серого с буроватым оттенком цвета, характеризуются гораздо более низкими емкостными свойствами (рис. 4а). Сказанное подтверждается фотографией образца, снятого в ультрафиолетовом цвете, на которой псевдокварциты имеют слабую люминесценцию темно-желтого цвета, обусловленную присутствием в них высокомолекулярных УВ, а кремнистые сидеритолиты не люминесцируют (рис. 4б). Самую яркую люминесценцию (светло-фиолетового цвета) имеют трещины, заполненные легкими углеводородами (рис. 4б).

Микроскопические исследования, проведенные с помощью сканирующего электронного микроскопа и в прокрашенных смолой прозрачных петрографических шлифах показали, что псевдокварцитовые коллекторы (как и рассмотренные выше гидротермальные силициты Северо-Варьеганского месторождения) сложены мелкими кристалликами кварца, сцементированными кремнистым веществом (рис. 4 в, д). В микрокавернах, присущих во вторичном коллекторе, отмечаются многочисленные буклетовидные агрегаты эпигенетического каолинита и диккита (рис. 4 г, е).

Таким образом, рассмотренные вторичные коллекторы, образующиеся в кремнистых известняках, можно отнести к трещинно-кавернозно-поровому типу. Причем поры, присущие в них, напоминают межгранулярные пустоты и по этому признаку могут быть названы псевдомежгранулярными (рис. 3 д, е; 4 д).

Извещенные породы

Углеводородные залежи в изверженных породах открыты в пределах Даниловского и Северо-Даниловского месторождений, расположенных в Шаймском нефтегазоносном районе. Коллекторами здесь являются трещинно-кавернозно-поровые

кислые эфузивы светло-серого, иногда с зелено-ватым или розоватым оттенком, цвета (рис. 5а, б).

Микроскопические исследования показали, что вторичные коллекторы образовались вследствие выщелачивания и гидролиза неустойчивых минералов и вулканического стекла, цементирующего зерна минералов (5в, г, д, е). В порах и кавернах отмечаются эпигенетические каолинит и гидрослюдя (рис. 5в, г).

Исследование структуры порового пространства с помощью прозрачных петрографических шлифов, прокрашенных смолой, показало, что вторичная емкость (не считая трещинную ее составляющую) в кислых эфузивах возникает, во-первых, за счет растворения порфировых выделений полевых шпатов — это наиболее крупные поры и даже микрокаверны, а также выщелачивания в большей или меньшей степени раскристаллизованного вулканического стекла (см. рис. 5а, б, д, е). В последнем случае возникают многочисленные очень мелкие поры, в которых присутствует остаточная вода — это не эффективная емкость.

Пористость рассматриваемых пород изменяется в широких пределах — от 1-2 до 30-35%, а проницаемость — от 0.1 до 100 мД [7]. Для них также характерно высокое содержание остаточной воды (в среднем около 79%) [7].

Интересно, что среди изверженных и интрузивных магматических пород, вскрытых скважинами в пределах различных месторождений и площадей, продуктивными оказались лишь рассмотренные выше кислые эфузивы.*⁾ Породы более основного состава имеют только слабые признаки присутствия углеводородов, чаще всего — в виде пленок метаморфизованных битумоидов (Пермьковское месторождение, скв. 60 П).

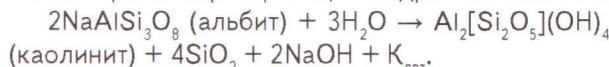
Анализ причин, обуславливающих этот феномен, проведен в работе [7]. В ней доказано, что в процессе гидролиза исходных магматических пород различного состава, вызванного выветриванием или гидротермальным воздействием, в породах среднего и особенно основного и тем более ультраосновного состава происходит увеличение, а не уменьшение их исходного объема. Иными словами, при гидролизе этих пород отмечается их разбухание, то есть они поглощают окружающее их пустотное пространство.

Лишь в породах кислого и близкого к ним состава при их гидролизе происходит формирование пустотного пространства. Наиболее значительная по величине вторичная пористость возникает при гидролизе щелочных полевых шпатов и кислых плагиоклазов [7]. Для подтверждения ска-

*⁾ Прим. ред.

С интрузиями серпентинитов связаны залежи УВ на Карабашском и Фестивальном месторождениях, а с гранитами — ряд месторождений Березовского района.

занного рассмотрим реакцию гидролиза альбита:



Величина вторичной пористости ($K_{\text{пvt.}}$) в рассматриваемом примере может изменяться от 9 до 53% от исходного объема альбита. Столь значительные вариации величины вторичной пористости связаны с тем, что реакционная система может быть полностью закрытой, (то есть продукты реакции остаются в рассматриваемом реакционном объеме) или полностью выносятся (открытая реакционная система). В первом случае величина вторичной пористости, возникающей вследствие гидролиза альбита составит 9% от его исходного объема, а во втором — 53%. Понятно, что в природных условиях реализуются промежуточные варианты и, соответственно, вторичная пористость будет изменяться в указанных выше пределах [7]. Выделяющийся при гидролизе альбита кремнезем обычно отлагается рядом в виде мелких кристалликов кварца, то же самое касается и каолинита (рис. 5 в, г, д, е). Наиболее крупные вторичные поры, присутствующие в кислых эфузивах, образовались за счет гидролиза и выщелачивания порфировых выделений кислых плагиоклазов и щелочных полевых шпатов (рис. 5 а-е).

Таким образом, можно смело утверждать, что среди магматических пород потенциальными вместилищами углеводородов могут быть лишь таковые кислого состава. Породы более основного состава не представляют интереса, так как в них невозможно формирование вторичной пористости в присутствии водных флюидов, которые, как известно, имеют повсеместное распространение. Иными словами в магматических породах среднего, основного и ультраосновного состава возможно формирование коллекторов трещинного типа лишь в «сухих» (бездонных) условиях, что представляется маловероятным.*)

Вторичный коллектор, формирующийся в кислых эфузивах, относится к сложному трещинно-порово-кавернозному типу. Причем поровая его составляющая близка к псевдогранулярному типу. По этой причине на наличие в разрезе ДК, сложенных выщелоченными и гидролизованными кислыми эфузивами вторичных коллекторов указывает отрицательная аномалия ПС.

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ПОРОДАХ ДК

Существует широко распространенная точка зрения о том, что породы-коллекторы, присут-

ствующие в кровельной части ДК — это продукты древних кор выветривания (элювия) [1-3, 5, 17, 18]. Следует подчеркнуть, что этот термин не является строго определенным и даже классики от литологии и геохимии, такие как Полынов [1934], Лукашев [1958], Гинзбург [1963], Перельман [1965], Петров [1966] и другие вкладывали различный смысл в этот термин. Поэтому за кажущейся простотой термина «кора выветривания» скрывается широкая гамма представлений об обсуждаемом предмете.

Тем не менее, общим в понимании процесса формирования коры выветривания является то, что она образуется под действием атмосферных факторов — физического и химического выветривания, окончательными продуктами которого является образование глинистых минералов и полуторных окислов, как наиболее устойчивых в этих условиях. Следовательно, строго говоря, кора выветривания — это скорее покрышка, чем коллектор.**)

В коре выветривания выделяется так называемая зона дезинтеграции, залегающая непосредственно над неизмененными (исходными) породами. Эта зона является результатом преимущественно физического выветривания и процессы гидролиза в ней развиты не так сильно, как в верхних зонах (гидратации и окисления по Гинзбургу, 1963). Вероятно, когда говорят о коллекторах в коре выветривания, подразумевают именно эту зону.

Нам не удалось найти данных, характеризующих коллекторские свойства этой зоны. Однако можно предположить, что, как и обычные терригенные породы близкого возраста (поздний триас — ранняя юра), вследствие погружения их на большие глубины (для условий ЗСС — это 3.0-3.5 км) первичная емкость, существовавшая в них, в значительной степени была утрачена вследствие их уплотнения. Можно допустить вероятность сохранения значительной доли первичной емкости пород рассматриваемой зоны лишь для Красноленинского и особенно Шаймского нефтегазоносных районов, где кровля ДК залегает на сравнительно небольших глубинах и, следовательно, они не подвергались значительному литостатическому давлению и уплотнению, как в других районах ЗСС.

Таким образом, поиск древних кор выветривания, как потенциальных пород-коллекторов на больших глубинах является малоперспективным.***)

Однако, как показывают результаты поисково-разведочных работ, коллекторы в кровельной

Прим. ред.

* См. примечание на стр 9.

**) Существует еще понятие о механической коре выветривания, включая тектонические брекции в нижней зоне коры выветривания.

***) Данному утверждению противоречат факты получения огромных притоков воды на Южно-Русском и других месторождениях

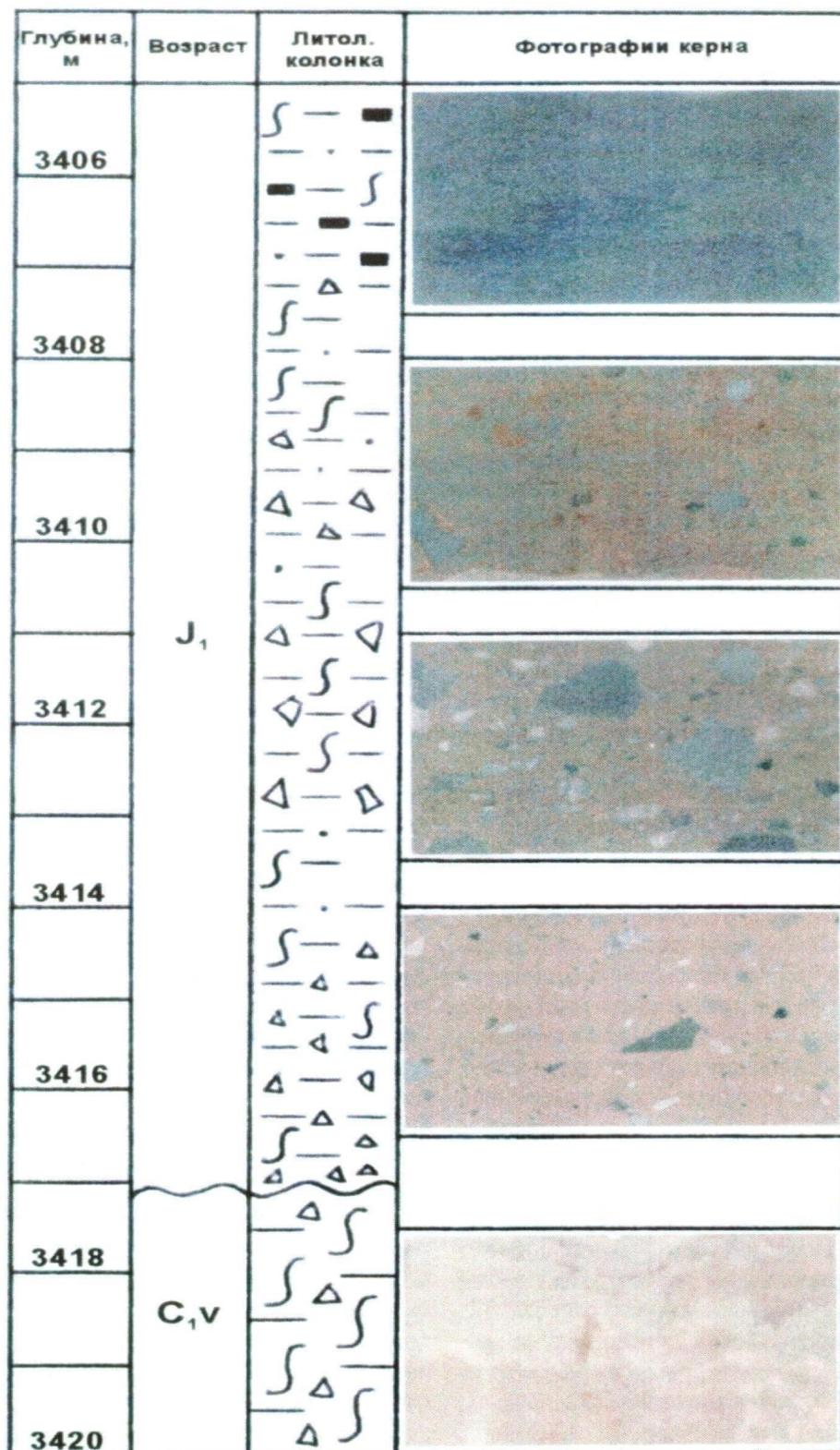


Рис. 6. Зона осветления, образовавшаяся в результате гидротермального воздействия на контакте нижнеюрских (J₁) и нижнекарбоновых (C_{1v}) пород, проникающая снизу вверх; Северо-Варьегансское месторождение, скв. 12 П

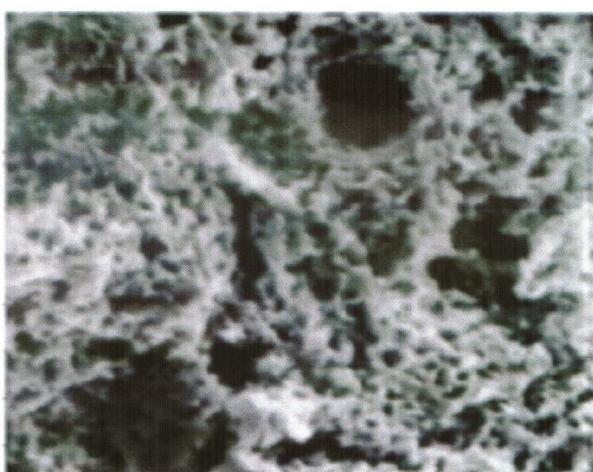
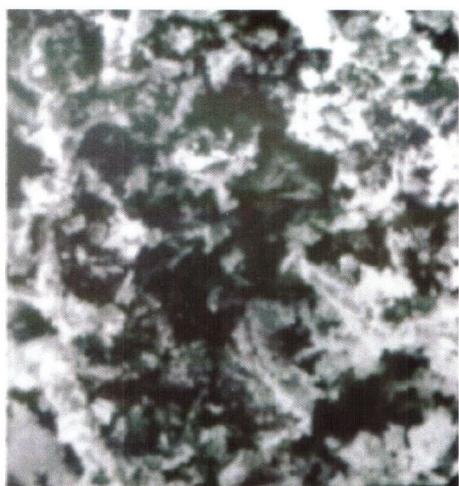


Рис. 7. Образец кремнистого известняка, отобранного из скв. 8 П Северо-Варьеганского месторождения после гидротермальной обработки флюидом с HCl ($N=0.2$), $T=410$ ОС (а), снимок РЭМ ($\times 390$) его поверхности (б), снимки РЭМ образцов после воздействия флюида с HCl ($N=1$), $T=310$ ОС (в) и водно-углекислотного флюида $T=315$ ОС (г); давление во всех опытах составляло 70 МПа

части ДК ЗСС существуют и в них содержатся залежи УВ, причем на значительных глубинах и, как отмечалось выше, их пористость зачастую заметно превышает емкость обычных гранулярных пород-коллекторов юрского возраста, залегающих над ними.

Этот факт можно объяснить лишь допуская возможность формирования вторичных коллекторов в ДК в сравнительно недалеком геологическом прошлом, иначе бы они успели уплотниться.

Анализ полученных данных о вещественном составе и типах пород-коллекторов, встреченных в ДК, их коллекторских свойствах, а также новообразованных минеральных ассоциациях, существующих в зонах развития вторичных коллекторов, свидетельствуют о том, что их формирование обусловлено двумя основными факторами: во-первых, тектоническим дроблением и, во-вто-

рых, последующим гидротермальным выщелачиванием пород.

Рассмотрим факты, подтверждающие предложенный механизм формирования вторичных коллекторов.

В разрезах скважин, вскрывших продуктивные породы кровельной части ДК ЗСС часто отмечаются зоны осветления или обеления, проникающие из фундамента в юрские отложения. Отмечается постепенное потемнение пород по направлению снизу вверх. Особенно это хорошо видно в том случае, когда на породах ДК залегают темно-серые почти черные углистые глины, как например, в разрезах, вскрытых скважинами 3520 Убинского, 10 П и 12 П Северо-Варьеганского месторождений [6, 10, 11] (рис. 6). Интересно, что вследствие обеления пород становится видна их исходная брекчииевидная (нижнекарбоновые

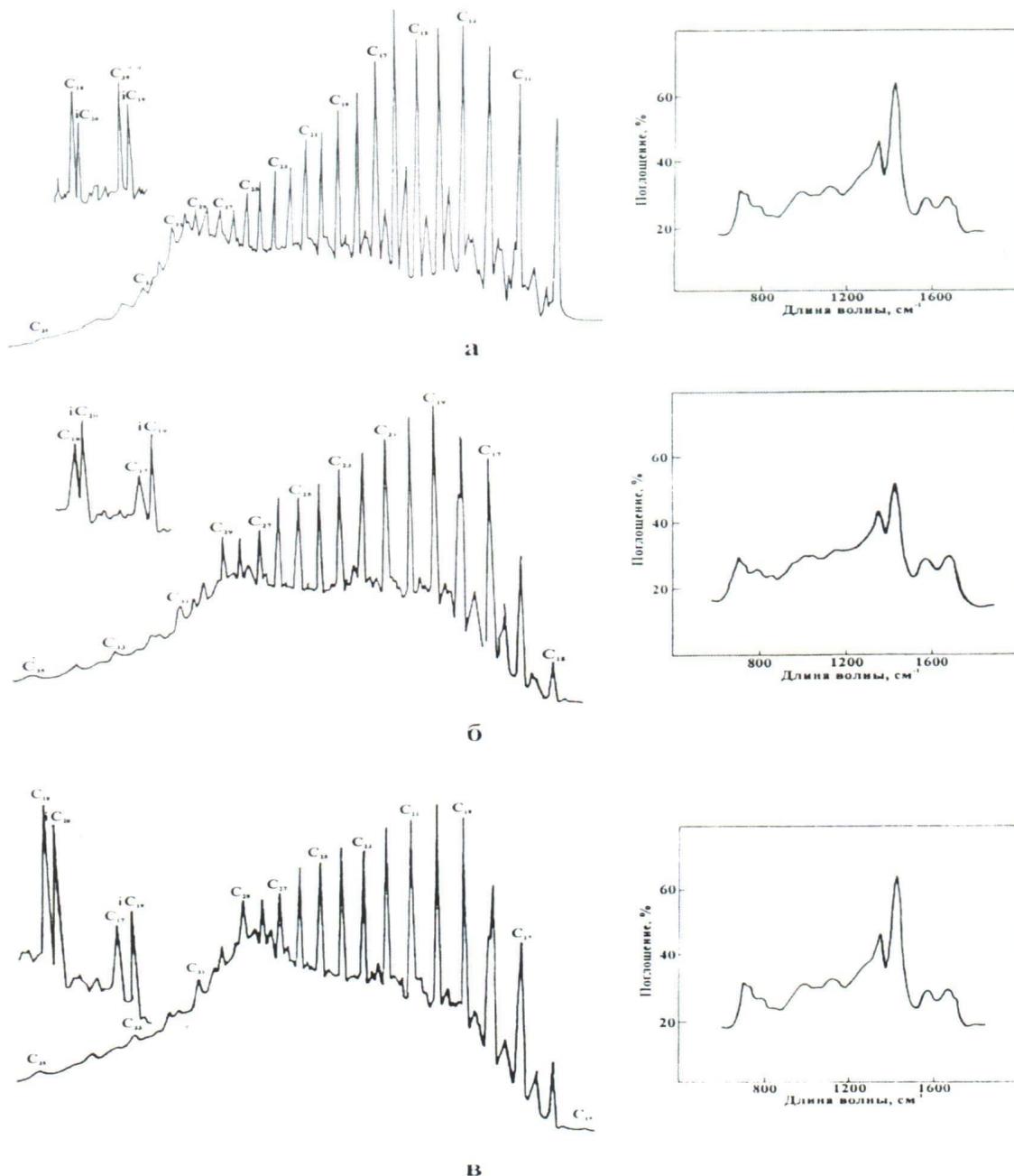


Рис. 8. Результаты хроматографического и ИК-спектрометрического анализа нефти и спирто-бензольных экстрактов из продуктивных отложений Верхнеуральского и палеозойского возраста Убинского месторождения

кремнистые известняки) или обломочная (нижнеурские углистые глины и фангломераты) текстура (рис. 6). В неизмененных кремнистых известняках и углистых глинах или фангломератах, имеющих темно-серый до черного цвет, эти текстуры совершенно не видны.

Мощность осветленной зоны в юрских отложениях зависит, главным образом, от интенсивности гидротермального воздействия на них и обычно варьирует в пределах 8–14 м (рис. 6).

Каково происхождение гидротерм и теплового воздействия на юрские осадки и палеозойские

породы, описанные выше на примере разрезов, вскрытых в пределах Убинского, Урьевского, Северо-Варьеганского месторождений и Ханты-Мансийской площади?

Причиной гидротермального и теплового воздействия на упомянутые породы являются интрузии основного состава, внедрившиеся в верхнюю часть ДК из мантии. В результате их взаимодействия с окружающими породами происходило формирование зон тектонического дробления и возникновение гидротерм, как за счет отделяющихся от интрузива флюидов, так и из-за про-

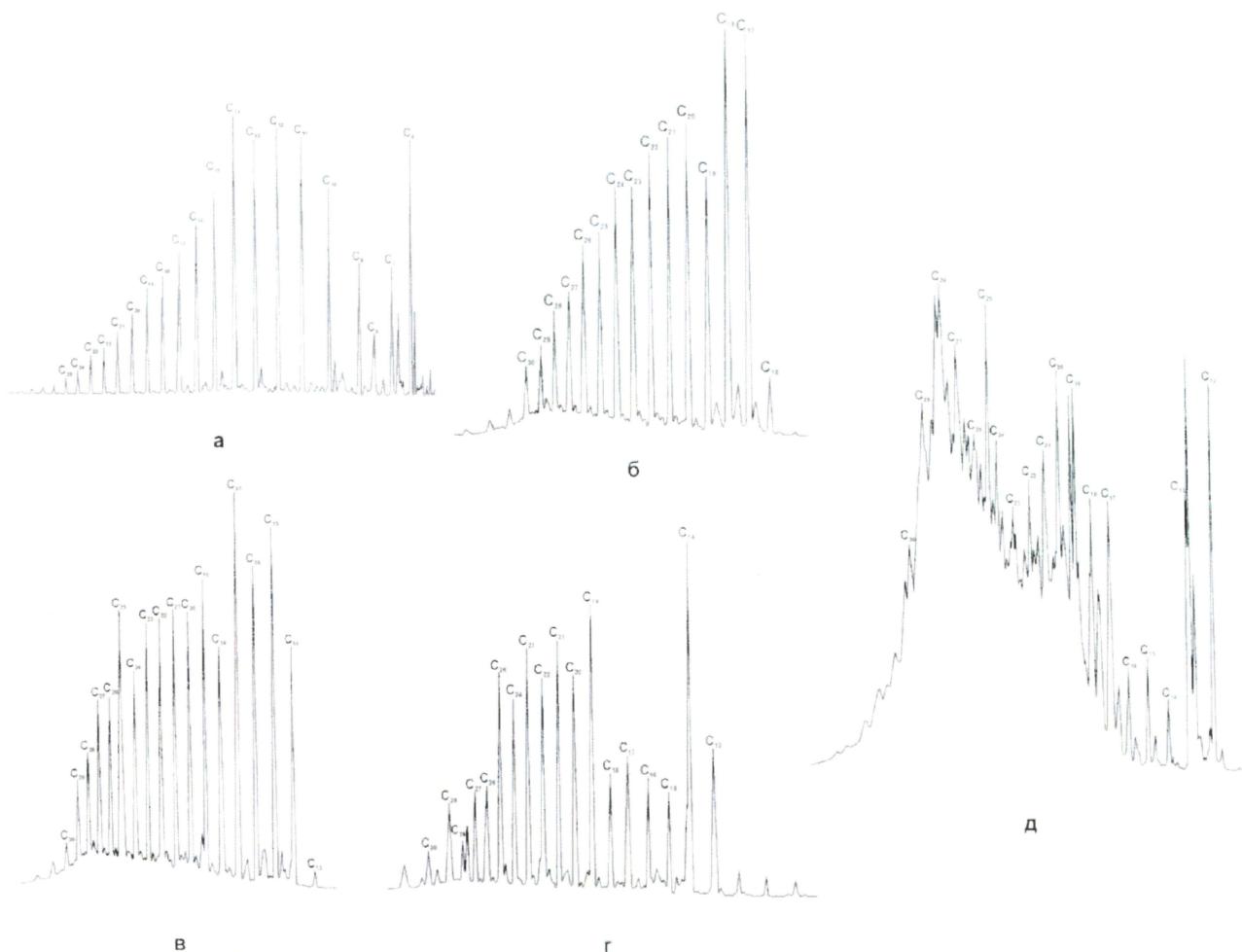


Рис. 9. Результаты хроматографического анализа нефти и спирто-бензольных экстрактов из продуктивных отложений Верхнеюрского и палеозойского Возраста Северо-Варзуганского месторождения

грева и перевода в газово-жидкий флюид воды и углекислоты из окружающих интрузив пород. Образовавшиеся флюиды по возникшим трещинам проникали в породы фундамента и основание осадочного чехла.

Наиболее эффективным такое воздействие интрузивов было на породы, содержащие карбонаты (известняки и кремнистые известняки). В результате такого воздействия и формировались высокоеемкие вторичные коллекторы, описанные выше (рис. 3, 4). Высокая концентрация железа в интрузивах основного состава приводила к тому,

что оно вместе с гидротермами поступало в окружающие породы, в результате чего возникали кремнистые сидеритолиты (рис. 4 а, е). Здесь сидерит является явно вторичным (метасоматическим) минералом, так как в восстановительных условиях, в которых отлагались кремнистые известняки, все присутствовавшее в них железо было связано в виде пирита.

Высокая концентрация во флюиде углекислоты и кальция, обусловленная интенсивным разложением кальцита, входящего в состав кремнистых известняков, приводила к карбонизации ин-

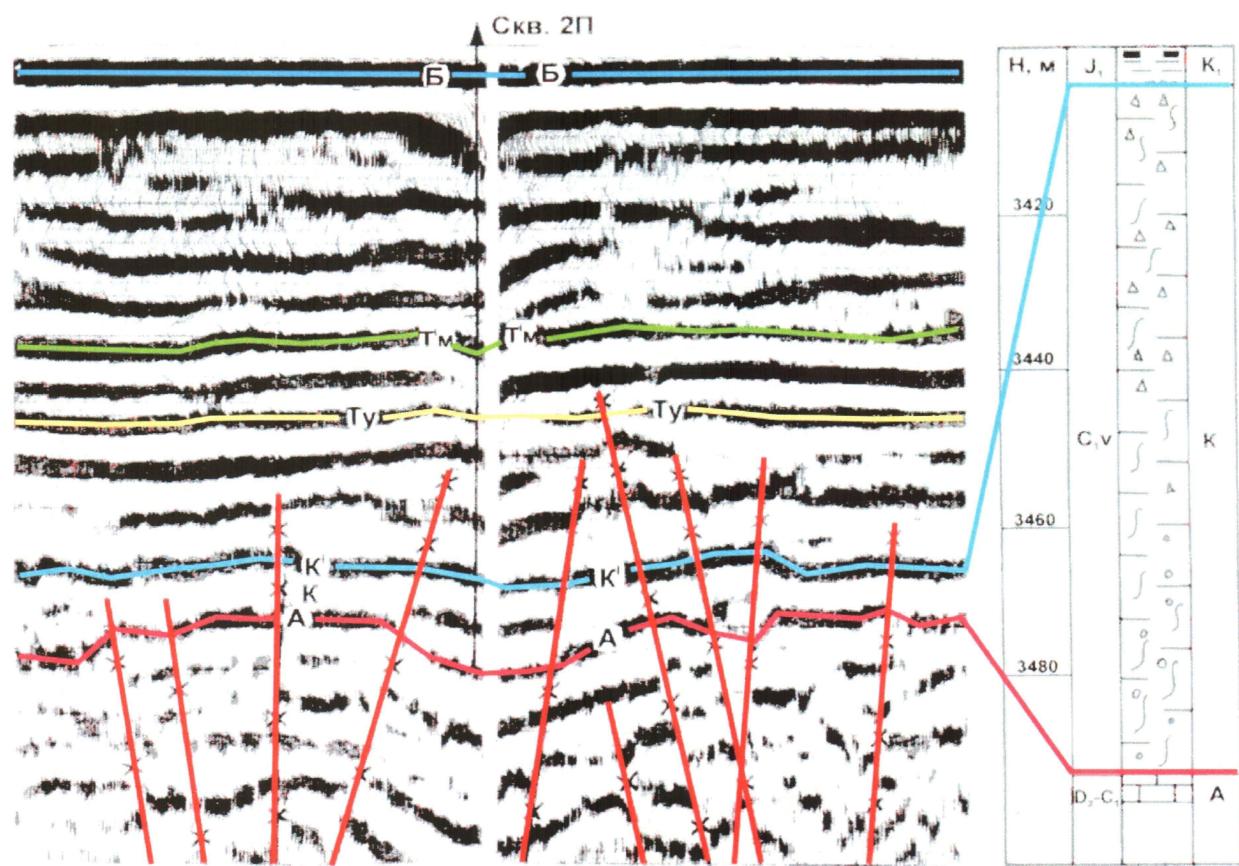


Рис. 10. Сейсмовременной и литологический разрезы, проходящие через скв. 2П Северо-Варьеганского месторождения; отражающий горизонт K1 соответствует границе между кровельной частью фундамента и подошвой юрских отложений, А - первое (сверху) устойчивое отражение в породах фундамента



Рис. 11.
Прогнозная схема расположения зон развития вторичных коллекторов, возникших за счет дробления и гидротермальной проработки кремнистых известняков, слагающих кровельную часть доюрского комплекса Северо-Варьеганского месторождения; 1 - прогнозируемые участки развития вторичных коллекторов; 2 - положение водо-нефтяного контакта; 3 - положение проектных скважин.

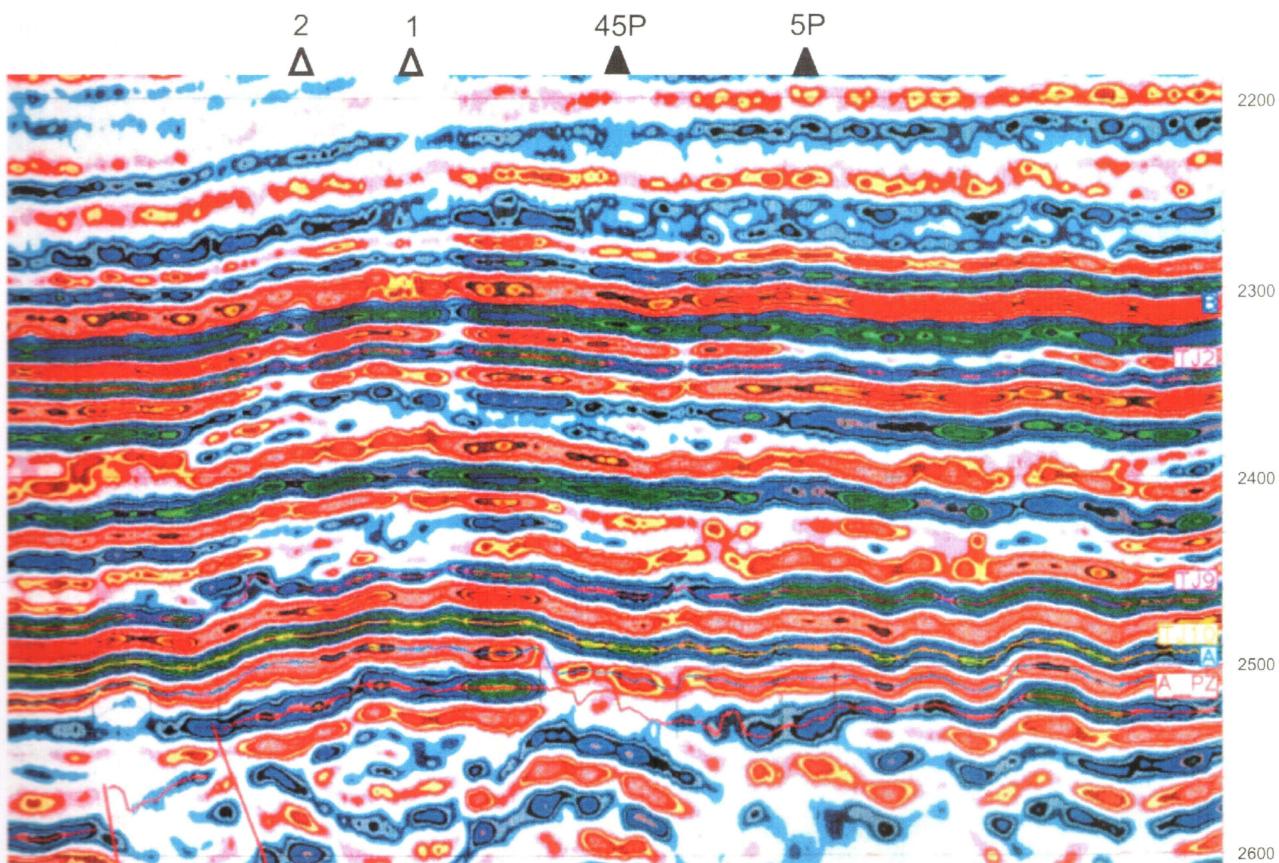


Рис. 12. Сейсмопрофиль, проходящий через пробуренные (5 Р, 45 Р) и проектные (1, 2) скважины, Ханты-Мансийская площадь

рудивного массива, внедрившегося в кровельную часть ДК, вследствие чего сформировались карбонатизированные долериты, вскрытые, например, скв. 8 П в пределах Северо-Варьеганского месторождения. Таким образом, наблюдается взаимное влияние интрузивного тела основного состава на вмещающие его породы (сидеритизация) и вмещающих пород на него (кальцитизация).

Интенсивный вынос карбонатного материала из кремнистых известняков, а также образование каолинита и диккита в порах гидротермальных силицитов и псевдокварцитов (рис. 3, 4) свидетельствует о том, что гидротермальные флюиды были кислыми и имели низкую величину pH [6-8, 12, 13].

Вторичные коллекторы в кислых эфузивах, встреченные в пределах Даниловского и Северо-Даниловского месторождений, могли образоваться как в палеозое в результате поствулканической гидротермальной деятельности и благодаря небольшим глубинам их залегания сохранились до настоящего времени, так и в результате

более поздней, например, палеогеновой активизации недр, вызвавшей проникновение молодых интрузий в пределах Арантурского куполовидного поднятия.*¹) В последнем случае, как и в ранее рассмотренном механизме формирования вторичных коллекторов в кремнистых известняках, допускается участие в их образовании гидротермальных флюидов, отделяющихся от молодых интрузий и мобилизованных из окружающих их пород вследствие интенсивного прогрева последних теми же интрузиями. Повышенный (по сравнению, например, с Широтным Приобьем) геотермический градиент, отмечаемый в пределах Шаймского района может косвенно свидетельствовать о сравнительно молодом возрасте тектономагматической активизации, происходившей в этом районе.

С целью изучения механизма формирования вторичных коллекторов гидротермального происхождения в Институте минералогии СО РАН были проведены эксперименты с различными типами пород, на которые воздействовали гидротермы, имевшие различный состав и температуру

*¹Прим. ред. Явление, более, чем сомнительное.

при давлении 70 МПа [13]. В результате проведенных экспериментов было установлено, что кислые (с различной концентрацией HCl) и углекислотные гидротермальные растворы вызывают выщелачивание исходных пород и в наибольшей степени кремнистых известняков. В результате воздействия гидротерм на глинисто-кремнистые известняки, отобранные из скв. №8 П Северо-Варьеганского месторождения, в них возникли многочисленные поры и микрокаверны, а сами известняки или вернее то, что от них осталось, приобрело ажурную микропористую текстуру (рис. 7).

При гидротермальной обработке углистых глин нижнеюрского возраста, отобранных из скважин того же месторождения, наблюдалось образование многочисленных капелек метаморфизованных битумоидов, а также вязких УВ, рас текшихся по поверхности образцов. Кроме того, отмечались многочисленные трещинки флюидоразрывов, возникшие вследствие генерации рассеянным в глинах углистым материалом, битумоидов и УВ [13]. Иными словами, гидротермальное воздействие на породы, обогащенные органическим (углистым) материалом активизирует процессы нефтегенерации, чем способствует формированию залежей УВ [13].

Резюмируя вышесказанное, механизм формирования вторичных коллекторов в кровельной части ДК можно представить следующим образом. Над поднимающимися из мантии интрузиями в окружающих их породах возникают напряжения, которые разряжаются в виде зон дробления, по которым вверх устремляются гидротермальные флюиды, отделяющиеся от интрузий и мобилизующиеся из окружающих пород вследствие их интенсивного прогрева интрузивными телами. Гидротермы или высокотемпературные флюиды имеют кислый состав за счет присутствующих в их составе кислот, включая углекислоту, и по этой причине активно растворяют встречающиеся на их пути породы (в первую очередь карбонатного состава). В результате этого в окружающих интрузивах породах формируются вторичные коллекторы сложного трещинно-кавернозно-порового типа, в которых основная емкость связана с парами и кавернами, а проницаемость обусловлена, главным образом, трещинами [6-12].

Наиболее благоприятной ситуацией является такая, когда палеозойские породы перекрыты углисто-глинистой покрышкой - в этом случае формирование вторичного коллектора, генерация битумоидов и образование углеводородной залежи или месторождения происходит почти одновременно. Кроме того, углисто-глинистая покрышка в силу своей высокой пластичности, сохраняющейся даже на больших глубинах, является надежным флюидоупором, препятствующим эмиграции УВ в

вышележащие отложения. Именно такая ситуация наблюдается в разрезах, вскрытых продуктивными скважинами 3520 Убинского месторождения, 134 Р Урьевского, 2 П, 5 П, 6П, 10 П, 12 П, 16 П, 17 П Северо-Варьеганского месторождения и скв. 5 Р Ханты-Мансийской площади [6-12].

ИСТОЧНИКИ УГЛЕВОДОРОДОВ ВО ВТОРИЧНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ КРОВЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ДК

Относительно происхождения УВ, заполняющих породы-коллекторы в ДК, существует несколько точек зрения. Согласно одной из них залежи УВ в породах ДК возникли за счет «своей» палеозойской нефти, чему имеются геохимические подтверждения, которые приводятся в работе [4]. В соответствии с другой, — нефти, заполняющие коллекторы ДК, эмигрировали из перекрывающих их юрских отложений и, соответственно, являются юрскими [10, 11, 15].

Анализ нефтегенерационных свойств и степени катагенеза рассеянного органического вещества, входящего в состав палеозойских пород, проведенный в различных организациях, свидетельствует о том, что они, как правило, имеют очень низкий остаточный генерационный потенциал и, соответственно, высокую степень катагенеза, что делает маловероятным продуцирование палеозойскими толщами «своей» нефти в постлетриасовое время. Скорее всего, палеозойские отложения давно реализовали свой нефтегенерационный потенциал и как источник УВ в подавляющем большинстве случаев вряд ли представляют интерес.

Сопоставление УВ состава нефти, добытой из верхнеюрских песчаников Убинского месторождения со спирто-бензольными экстрактами, полученными из верхнеюрских песчаников и трещинно-кавернозных кварц-серicitовых сланцев кровельной части ДК, вскрытых скв. 3520 показало, что все они имеют практически идентичный состав и, следовательно, один источник — юрские углисто-глинистые отложения (рис. 8).

Сравнение УВ состава нефти, добытой из кровельной части ДК (из гидротермальных силицитов) со спирто-бензольными экстрактами, полученными из тех же пород, а также нижнеюрских песчаников, глинистых углей нижнеюрского возраста и неизмененных (не подвергшихся гидротермальной обработке) черных кремнистых известняков нижнекарбонового возраста, вскрытых в пределах Северо-Варьеганского месторождения, показало, что их состав практически одинаков, за исключением экстракта, полученного из неизмененных кремнистых известняков (рис. 9). Нефти и экстракти, полученные из нижнеюрских пород и вторичных коллекторов (гидротермаль-

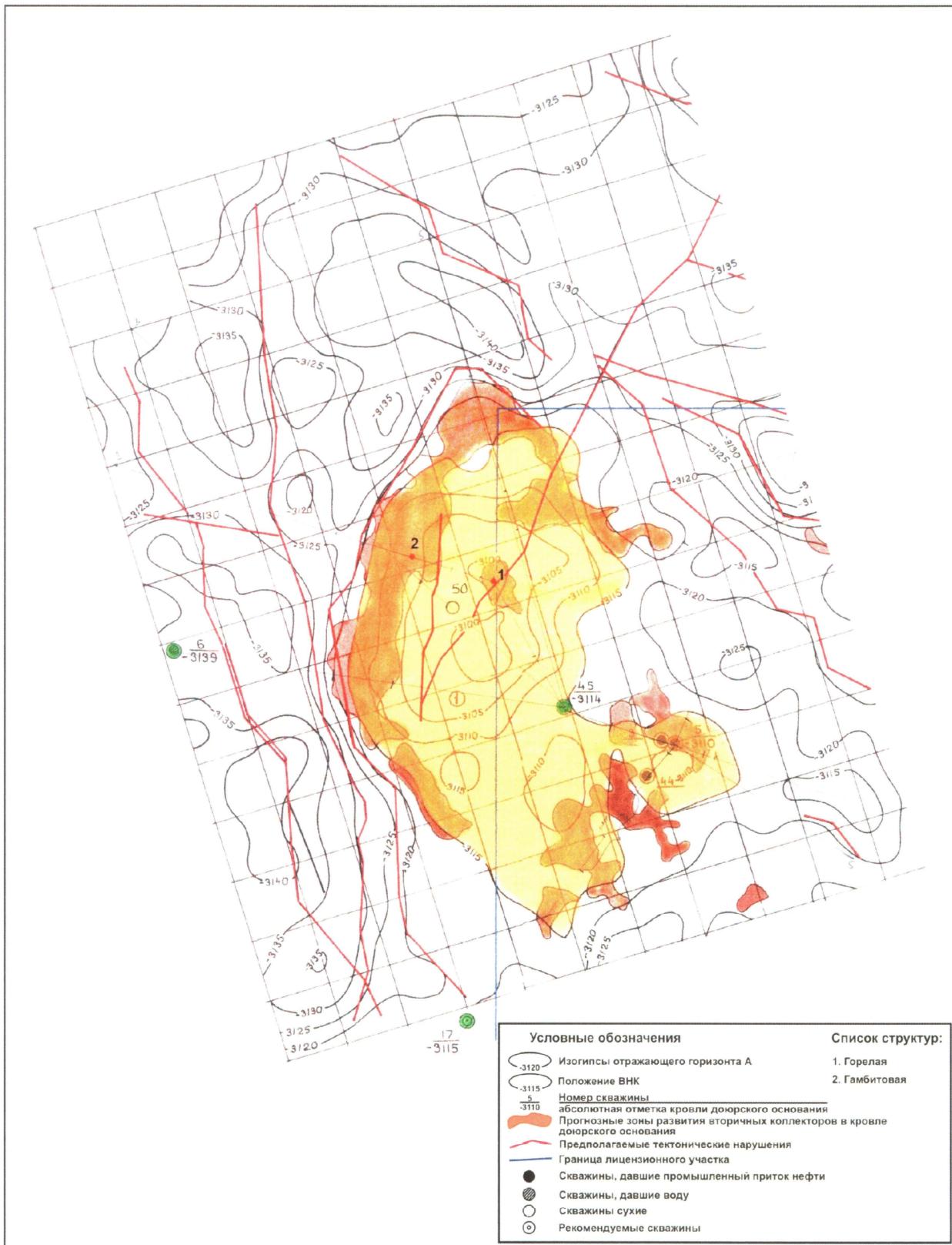


Рис. 13. Структурная карта по горизонту А с выделенными прогнозными участками развития вторичных коллекторов в пределах Ханты-Мансийской площади (по данным ОАО "ХМГ")

ных силицитов) имеют один источник — нижнеюрское органическое вещество, сконцентрированное, например, в углистых глинах, перекрывающих палеозойское основание. Это обычные «континентальные» парафинистые нефти, состоящие практически из одних алканов, имеющие высокое значение пристан-фитанового отношения, достигающего 10-14 (рис. 9).

Напротив, экстракт, полученный из неизмененных кремнистых известняков представляет собой пример типичной «морской» нефти с явным преобладанием в ее составе нафтеново-ароматических углеводородов и низкой величиной пристан-фитанового отношения (рис. 9).

Таким образом, полученные нами данные позволяют утверждать, что нефти, содержащиеся во вторичных коллекторах кровельной части ДК ЗСС, возникли за счет юрского органического вещества и являются «юрскими», а не «палеозойскими».

ПРОГНОЗ ЗОН РАЗВИТИЯ ВТОРИЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В КРОВЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ДК

Накопленная информация о составе и петрофизических свойствах вторичных коллекторов, присутствующих в составе кровельной части ДК позволяет обосновать способ прогнозирования участков их развития по данным дистанционных методов, грави- и магниторазведки, а также сейсморазведки, являющейся наиболее информативной из всех дистанционных геофизических методов [6, 10, 12, 16].

Анализ петрофизических свойств вторичных пород-коллекторов, образовавшихся в кровельной части ДК ЗСС показал, что они заметно отличаются величиной плотности и пористости от исходных (неизмененных) пород. По этой причине и их акустические свойства также значительно отличаются от таковых у исходных пород. Этот факт очень важен, так как повышение пористости и, соответственно, снижение плотности вторичных коллекторов, вызывает, во-первых, возникновение отрицательной гравитационной аномалии и, во-вторых, уменьшение скорости прохождения в них сейсмических волн и, следовательно, ведет к увеличению «временной» мощности интервала залегания таких пород по сравнению с неизмененными породами.

Действительно, сопоставление скорости распространения продольных волн в гидротермальных силициатах по сравнению с исходными кремнистыми известняками, вскрытыми в пределах Северо-Варьеганского месторождения, показало, что в первых она в 1.3-1.5 раз меньше, чем во вторых [6]. Поэтому «временная» мощность гидротермальных силицидов окажется больше такой, чем у неизмененных кремнистых известняков примерно в 1.3-1.5 раз, соответственно.

Следовательно, на сейсмовременных разрезах зоны развития гидротермальных силицидов должны выделяться в виде своеобразных «карманов», представляющих собой участки, в пределах которых отмечается увеличение «временной» мощности в кровельной части ДК между отражающими горизонтами А и К1 в 1.3-1.5 раз по сравнению с местами залегания неизмененных пород (рис. 10) [6, 16]. Дополнительное сейсмическое отражение, присутствующее на сейсмовременном разрезе в участке, вскрытом скв. 2П, соответствует границе газоконденсат-вода (рис. 10). Используя выявленную зависимость «временной» мощности от состава и коллекторских свойств пород кровельной части ДК, по данным сейсморазведки построена прогнозная карта развития гидротермальных силицидов в пределах Северо-Варьеганского месторождения (рис. 11). На рисунке показано расположение водонефтяного контакта, установленного по результатам геолого-геофизических исследований скв. 2П, 10 П и 12 П в предположении, что он единый в пределах всего месторождения (рис. 11).

На основе выявленной связи «временной» мощности от коллекторских свойств пород ДК проведен анализ сейсмических данных, полученных в границах Ханты-Мансийской площади. Здесь наблюдается та же связь — зоны развития вторичных коллекторов, названных нами псевдокварцитами [12], приурочены к участкам с увеличенной «временной» мощностью (между сейсмоотражающим горизонтом А РZ и ближайшим к нему следующим отражением, сформировавшимся в палеозойских породах), как, например, в месте расположения скв. 5 Р (рис. 12).

На основе того же признака (увеличенной «временной» мощности в местах развития вторичных коллекторов) по данным ОАО «ХМГ» построена схема расположения прогнозных участков развития псевдокварцитов в кровельной части ДК Ханты-Мансийской площади (рис. 13). На ней же вынесено положение ВНК, установленное геологической службой Назымской НГРЭ по результатам исследования скв. №5 Р [12].

Таким образом, на основе результатов сейсморазведочных работ возможно осуществлять прогноз размещения зон развития вторичных коллекторов в кровельной части ДК ЗСС при условии, что они имеют достаточно большую мощность, соизмеримую с длиной сейсмической волны. В противном случае такие участки могут быть пропущены по объективным причинам. Встреченные нами в разрезах различных скважин зоны развития вторичных коллекторов (Убинское, Северо-Варьеганское месторождения и Ханты-Мансийская площадь) имеют мощность от 30 до 120 м, поэтому они надежно выделяются на основе данных сейсморазведки.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ КРОВЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ДК ЗСС

На основе изложенных выше результатов исследования пород ДК предлагаются следующие критерии для оценки перспектив нефтегазоносности кровельной части ДК.

1. Отрицательные грави- и магнитные аномалии в верхней части фундамента.
2. Положительные термоаномалии.
3. Увеличение "временной" мощности между сейсмоотражающими горизонтами в кровельной части фундамента.
4. Аномалии пластовых давлений.
5. Гидрохимические аномалии.
6. Участки развития пород определенного состава: метапесчаники, различные разновидности кремнистых сланцев, известняки, кремнистые известняки, интрузивные и эфузивные породы кислого состава и близкие к ним разновидности (грано-диориты, сиениты и т.п.).
7. Наличие надежного флюидоупора, представленного глинистыми, а лучше углисто-глинистыми породами.
8. Зоны тектонического дробления с наложенной гидротермальной проработкой.
9. Прямые признаки нефтегазоносности при опробовании скважин, вскрывших кровельную часть ДК.
10. При установлении гидродинамической связи УВ залежей в кровельной части ДК с перекрывающими или примыкающими к ним продуктивными пластами юрского возраста (как, например, на месторождениях Шаймского района), перспективными могут считаться интервалы залегания пород ДК, расположенные выше их общего ВНК.

Приведенный выше перечень критерий, которые могут быть использованы для оценки перспектив нефтегазоносности кровельной части ДК того или иного района ЗСС является формальным и включает в себя максимально возможное их количество. На самом деле полнота их использования зависит от степени разведанности и изученности ДК различными геолого-геофизическими методами.

Так на самых предварительных стадиях, когда имеются лишь результаты дистанционных методов исследования ДК можно сделать лишь самые предварительные оценки, выделив, например, положительные термоаномалии, отрицательные грави- и магнитные аномалии в кровле ДК и если есть данные сейсморазведки, то наметив в пределах выделенных аномалий участки с увеличенной "временной" мощностью.

Если пробурены единичные поисково-разведочные скважины на ДК в интересующем нас районе, проведено их опробование, отобран и исследован керн, то можно использовать следующие критерии (№№ 4-10).

Следует обратить особое внимание на критерий № 7, в соответствии с которым необходимо присутствие зоны тектонического дробления, в пределах которой породы должны были претерпеть гидротермальное воздействие. Под действием гидротерм наряду с трещинами в породах ДК должна сформироваться еще и порово-кавернозная емкость (вследствие выщелачивания гидротермами неустойчивых минералов), а кроме того, интенсифицироваться процессы нефтегенерации в перекрывающих породах фундамента юрских углисто-глинистых отложений, являющихся нефтематеринскими, то есть продуцирующими УВ, которые затем, в свою очередь, насыщают вторичные породы-коллекторы, сформировавшиеся в ДК.

Зоны тектонического дробления и гидротермальной проработки могут быть по косвенным признакам установлены с использованием результатов сейсморазведочных работ, а также если имеется керн, то на основе его исследования по характерным внешним признакам и специфическим минеральным ассоциациям [16].

Более достоверные данные могут быть получены при использовании оригинальной методики прогнозирования этих зон на основе комплексирования данных сейсморазведки и результатов тектонофизического моделирования, разработанной М.Ю. Зубковым и П.М. Бондаренко и изложенной в ряде публикаций.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бененсон В.А. Геолого-геофизические особенности доверхне-палеозойских отложений Западно-Сибирской плиты в связи с их нефтегазоносностью. Геология нефти и газа, № 12, 1989, С. 6-10.
2. Бочкарев В.С. Структурно-формационные зоны доюрского основания Западно-Сибирской платформы и их нефтегазоносность. Осадочные формации и их нефтегазоносность. М. 1978, С. 36-37.
3. Бочкарев В.С., Брехунцов А.М., Дещеня Н.П. Палеозой и триас Западной Сибири. Геология и геофизика. 2003, № 1-2, с. 120-143.
4. Вышемирский В.С., Доильцин Е.Ф., Перцева А.П. и др. Палеозойские нефти в Западной Сибири. Нефтегазовая геология и геофизика. 1973, № 1, с. 33-35.
5. Журавлев Е.Г., Лапинская Т.А. Кора выветривания фундамента и ее влияние на формирование перспективных горизонтов Западной Сибири. Тр. МИНХиГП, вып. 112, М., Недра, 1976, 170 с.
6. Зубков М.Ю. Гидротермальные силициты – перспективный нефтегазопоисковый объект доюрского фундамента Западно-Сибирской плиты. Сборник научных трудов СНИИГиМС «Геология и нефтегазоносность нижних горизонтов чехла Западно-Сибирской плиты». Новосибирск, 1990, С. 87-101.
7. Зубков М.Ю., Васильев О.Е. Перспективы нефтегазоносности доюрского комплекса Шаймского района. В кн.: Геология и нефтегазоносность триас-среднеюрских отложений Западной Сибири. СНИИГиМС, Новосибирск, 1991, с. 124-137.
8. Зубков М.Ю., Федорова Т.А. Гидротермальные вторичные коллекторы в черных сланцах. Геология нефти и газа. 1989, № 6, С. 26-30.
9. Зубков М.Ю., Ситдиков А.Ш. Вторичные коллекторы в доюрском комплексе Урьевского месторождения. Геология нефти и газа. 1994, № 4, с. 5-9.
10. Зубков М.Ю., Печеркин М.Ф., Шелепов В.В. Критерии оценки перспектив промышленной нефтегазоносности кровельной части доюрского комплекса Западно-Сибирской плиты. Материалы научно-практической конференции геологов, посвященной памяти В.У. Литvakova «Опыт повышения эффективности разработки нефтяных месторождений Западной Сибири». Тюмень, 1999, С. 122-140.
11. Зубков М.Ю., Шелепов В.В., Печеркин М.Ф. и др. Перспективы промышленной нефтегазоносности кровельной части доюрского комплекса Шаймского района. В кн.: Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. (Вторая научно-практическая конференция). Х-Мансийск, 1999, с. 173-185.
12. Зубков М.Ю., Скоробогатов В.Б., Рудин В.П., Боровых М.Л. Выделение продуктивных объектов в кровельной части палеозойского основания Ханты-Мансийской площади (Западная Сибирь). Тезисы докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию со дня рождения И.М. Губкина «Нефтегазоносность фундамента осадочных бассейнов». Москва, 2001, С. 223-224.
13. Зубков М.Ю., Шведенков Г.Ю. Экспериментальное моделирование процесса формирования вторичных коллекторов под действие гидротермальных флюидов различного состава. Сборник «Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО» (Пятая научно-практическая конференция) в двух томах, том I. Ханты-Мансийск, 2002, С. 323-332.
14. Куликов П.К. Фундамент Западно-Сибирской плиты в Шаймско-Красноленинском районе. Сов. Геология. № 6, 1968.
15. Лопатин Н.В., Емец Т.П., Симоненкова О.Н. и др. Об источнике нефти, обнаруженных в коре выветривания и кровле палеозойского фундамента на площадях среднего приобья. Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 1997, № 7, с. 7-22.
16. Патент на изобретение № 2085975 «Способ прогнозирования зон развития вторичных коллекторов в фундаменте». Авт.: Зубков М.Ю. Приоритет от 12.06.1994 г.
17. Погорелов Б.С. Геология и нефтегазоносность доюрских образований запада Западной Сибири. Наука. М., 1977, 85 с.
18. Сурков В.С., Жеро О.Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. Недра. М., 1981, 143 с.