

6 (13) июнь 2005

ГОРНЫЕ ВЕДОМОСТИ

ТЮМЕНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
И РАЗМЕЩЕНИЯ НЕСТРУКТУРНЫХ
ЛОВУШЕК В ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТЕЙ
ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПРОВИНЦИИ**

**КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ
ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ
И ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА
УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В ОТЛОЖЕНИЯХ
БАЖЕНОВСКОЙ И АБАЛАКСКОЙ СВИТ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ
УГЛЕВОДОРОДОВ
ПРИ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ**

*«Богатство неизвестно
есть залог величия державы»*
М.В. Ломоносов

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ И ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В ОТЛОЖЕНИЯХ БАЖЕНОВСКОЙ И АБАЛАКСКОЙ СВИТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Зубков М.Ю., Пормейстер Я.А.

ООО «ЗапСибГГЦ», г. Тюмень

ВВЕДЕНИЕ

В начале нефтепоисковых работ на территории Западной Сибири битуминозные отложения баженовской свиты были выделены в качестве наиболее вероятной нефтематеринской толщи [2, 7, 34]. Сделанное предположение о высоких нефтегенерационных свойствах баженовской свиты впоследствии было подтверждено большим количеством геохимических исследований, изложенных в публикациях [3, 8, 28, 31].

Однако в конце 60-х гг. прошлого тысячелетия в пределах Правдинского и Салымского месторождений в нескольких разведочных скважинах из интервала залегания баженовской свиты были получены притоки нефти, имевшие дебит от 3-5 до 300-350 м³/сут. через 2.5 мм штуцер. С этого момента баженовская свита стала считаться не только нефтематеринской, но и нефтеемещающей, то есть было высказано предположение, что в ней могут формироваться залежи углеводородов, а коллекторы, содержащие эти залежи, имеют вторичное происхождение. Продуктивный пласт получил индекс Ю₀.

Основное внимание авторов сосредоточилось на выяснении причин и условий возникновения в битуминозных отложениях пустотного пространства. К середине 80-х гг. прошлого тысячелетия

было опубликовано огромное количество работ, посвященных этой теме. Однако, опуская ряд оригинальных, но маловероятных, с точки зрения здравого смысла, представлений об образовании вторичной пустотности в битуминозных отложениях, можно выделить две основные точки зрения, объясняющие механизм формирования коллекторов в баженовской свите, предложенные различными авторами.

Первая точка зрения, была высказана Гурари Ф.Г. в конце 70-х гг. прошлого века [4, 5]. Она впоследствии была развита и дополнена другими исследователями (Нестеров И.И., Зарипов О.Г., Ушатинский И.Н., Юсупов К.С., Сонич В.П. и многие другие [11, 12, 14, 29, 30, 35]).

Образование вторичного коллектора, по мнению этих исследователей, происходит под действием глубинного тепла и увеличения пластовой температуры. По их версии, по мере погружения отложений баженовской свиты в ней начинаются процессы нефтегенерации, которые при достижении отложениями главной фазы нефтегенерации (ГФН) активизируются и вследствие увеличения объема исходного органического вещества (из-за превращения керогена в жидкие и газообразные продукты) происходит флюидоразрыв пород, вследствие чего формируется листоватый коллектор.

По мнению исследователей, придерживающихся этой точки зрения, существование АВПД в открытых в баженовской свите залежах (в первую очередь, в пределах Салымского месторождения) подтверждает предложенный ими механизм формирования коллектора. Таким образом, в работах перечисленных выше авторов одинаковым является объяснение механизма формирования коллектора — за счет природного флюидоразрыва, вызванного возрастанием давления генерируемыми свитой углеводородами. Необходимыми, по их мнению, условиями, являются наличие ослабленных полостей наслойения, закодированных еще в седиментогенезе (микрослоистые глины), и замкнутый характер системы, не позволяющий образующимся углеводородам свободно эмигрировать во внешние коллекторы.

Если в публикациях перечисленных выше авторов основное внимание уделялось трещинам гидроразрыва, то в работах, принадлежащих сотрудникам ВНИГРИ [10, 23, 24, 25], наряду с трещинами гидроразрыва большое значение придавалось поровому пространству. По их мнению, оно образуется за счет диа- и катагенетического преобразования как минеральной части пород (выщелачивание, замещение и др.), так и органического вещества за счет его термодеструкции. По их мнению, происходит разблокирование закрытых до этого момента пор, запечатанных смолистыми и асфальто-смолистыми компонентами. Этот процесс, по их мнению, происходит в интервале температур 105–120°C и сопровождается не только увеличением объема пор, но и обеспечивает их сообщаемость.

Несмотря на кажущуюся простоту и привлекательность предложенной авторами первой модели механизма формирования коллектора в отложениях баженовской свиты, он не объясняет большого количества установленных в процессе поисково-разведочных работ фактов.

Действительно, баженовская свита имеет региональное распространение (за исключением небольших участков, где она отсутствует или перемежается с отложениями ачимовских клиноформных отложений). Кроме того, она практически повсеместно (за исключением прибортовых участков) находится в зоне ГФН, поэтому, исходя из предложенной модели формирования вторичного коллектора, она должна быть повсеместно нефтегенерирующей, чего на самом деле не наблюдается. Более того, продуктивность скважин, вскрывших битуминозные отложения баженовской свиты даже в пределах одного месторождения, резко отличается, причем расстояние между этими скважинами может составлять лишь первые сотни метров [1, 9, 14, 18, 19, 22].

Анализ коллекторских свойств образцов керна баженовской свиты, отобранного из продуктивных скважин, показал, что их открытая пористость не превышает 10–12%, а проницаемость практически отсутствует и лишь в трещиноватых образцах иногда достигает 1–2 мД. Полученные результаты петрофизических исследований битуминозных отложений явно не соответствуют промысловым данным, в соответствии с которыми дебиты нефти из отложений баженовской свиты в ряде случаев достигают первых сотен тонн в сутки.

В начале 80-х гг. прошлого века Зубковым М.Ю. впервые была рассчитана величина вторичной пористости, которая могла бы возникнуть в битуминозных отложениях за счет превращения керогена баженовской свиты в битумоиды и неуглеводородные летучие [16]. Оказалось, что вторичная емкость могла бы достигать 15–20% и даже более, однако из-за непрочного минерального каркаса битуминозных отложений подавляющее большинство генерируемых ею компонентов было выжжено из нее вследствие уплотнения осадков (коэффициент эмиграции составляет 0.85–0.95). Поэтому в лучшем случае сохранилось не более 5–15% от возникшей за счет трансформации керогена в битумоиды вторичной пористости. Полученные им результаты свидетельствуют о том, что, несмотря на хорошую гидродинамическую изоляцию отложений баженовской свиты, особенно в западной половине плиты, генерируемые ею битумоиды энергично эмигрировали из нее.

Очевидно, что первая точка зрения относительно механизма формирования коллектора в отложениях баженовской свиты не объясняет все накопленные к настоящему времени геологопромысловые данные и противоречит результатам изучения фильтрационно-емкостных свойств образцов пород, отобранных из рассматриваемых отложений, поэтому ее вряд ли можно считать корректной.

Вторая точка зрения относительно механизма формирования вторичного коллектора в отложениях баженовской свиты была предложена примерно в то же время, что и первая, Мелик-Пашаевым В.С., Терещенко Ю.А., Микуленко К.И. и другими исследователями [26, 27, 39]. В соответствии с представлениями этих ученых лучше всего накопленные в процессе эксплуатации данные описываются, исходя из модели трещиноватого коллектора.

Ими высказывались различные предположения относительно причин возникновения трещин в битуминозных отложениях, главной среди которых, по мнению большинства, являются тектонические движения. Однако авторы, развивавшие эту модель механизма формирования вторичного коллектора в битуминозных отложениях баже-

новской свиты, не приводят в своих работах четких и однозначных критериев для выделения их в пределах тех или иных площадей или месторождений. Эти работы носили в основном декларативный характер.

Абалакская свита долгое время находилась в «тени» от своей более молодой и знаменитой соседки. Она, в отличие от баженовской, распространена лишь в западной части плиты и считалась флюидоупором. Впервые достоверные сведения о ее продуктивности появились в начале 80-х гг. прошлого века. Этому способствовали специальные геофизические исследования, в частности, высокоточная термометрия и дебитометрия, проведенные в нескольких скважинах, пробуренных в пределах Салымского месторождения, а затем Ем-Еговской площади. Эти исследования позволили достоверно установить, что высокодебитные притоки чаще всего были получены из довольно мощного карбонатного пласта (толщиной до 2.0-2.5 м), расположенного в кровельной части абалакской свиты.

Немного позже промышленная нефтеносность карбонатных пластов, входящих в состав абалакской свиты, была однозначно доказана в пределах Красноленинского нефтегазоносного района. Более того, местные геологи считают, что продуктивной в их районе является исключительно абалакская свита, а не баженовская, и присвоили вторичным коллекторам, формирующимся в карбонатных пластах, входящим в состав первой, индекс ЮК₁.

Таким образом, к середине 80-х и началу 90-х гг. прошлого века было установлено, что промышленные притоки и залежи нефти содержатся в обеих свитах, причем наиболее значительные притоки получены не из баженовской, а именно из абалакской свиты и чаще всего из ее кровельной части. Однозначно доказано, что притоки в абалакской свите получены из карбонатных пластов, в которых образовались вторичные коллекторы трещинно-кавернозного типа. Тип коллектора в баженовской свите до конца так и не был определен, хотя по аналогии с абалакской свитой можно допустить возможность формирования такого же типа коллектора, по крайней мере, в карбонатных пластах, присутствующих в составе баженовской свиты.

В течение последовавшего последнего десятилетия прошлого века наблюдалась стагнация геологоразведочных и научно-исследовательских работ, в том числе связанных с изучением баженовской и абалакской свит. Лишь в самом конце прошлого и нынешнем тысячелетиях вновь началось оживление исследовательских работ, связанных с оценкой перспектив нефтегазоносности этих свит [17-20, 22].

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И СТРОЕНИЕ БАЖЕНОВСКОЙ И АБАЛАКСКОЙ СВИТ

Изучение закономерностей изменения состава отложений баженовской свиты в пределах плиты проведено довольно фрагментарно, что объясняется, главным образом, низким процентным выносом керна из этих отложений. Кроме того, отложения имеют довольно схожий внешний вид — темно-серые, до черных, плотные, битуминозные и т.д. В них отсутствуют надежные реперы, по которым можно было бы их однозначно корелировать хотя бы в пределах одной площади или месторождения. Более того, исследователи, занимавшиеся изучением вещественного состава баженовской свиты, обращали внимание на резкую изменчивость ее состава даже при сопоставлении керна, отобранного из соседних скважин. Тем не менее, в ряде публикаций и фондовых работ делались попытки дробного расчленения битуминозных отложений. Разными исследователями в них выделяются от 2 до 8 пачек [33, 38, 42] и до 26 слоев [1].

Кроме того, предложено районирование этих отложений по типам разреза с выделением от 9 [42] до 24 районов [40].

Вещественный состав пород, слагающих абалакскую свиту, изучен еще хуже. Это объясняется тем, что долгое время свита считалась обычным глинистым флюидоупором, и лишь получение высокодебитных притоков нефти из интервала ее залегания (Ем-Еговская площадь) заставило геологов-нефтяников обратить внимание на состав этих отложений с целью выделения в них пород-коллекторов [17-20, 22, 37].

Наиболее детально и в большом объеме нами исследован керн, отобранный из баженовской и абалакской свит в пределах двух наиболее известных нефтегазоносных районов — Салымского и Красноленинского, где продуктивность рассматриваемых объектов доказана промышленной эксплуатацией, причем суммарная добыча нефти из обеих свит (в пределах этих районов) составила более 10 млн. т нефти.

Детальное изучение вещественного состава баженовской и абалакской свит с использованием комплекса физических и химических методов исследования позволило установить геохимические фации, в которых происходило накопление осадков обеих свит, а также выделить зоны, число которых в составе баженовской свиты может достигать четырех, а в абалакской — пяти (Рис.1), [19, 20].

Осадки баженовской свиты в пределах Салымского района отлагались в условиях пиритовой геохимической фации, а нижняя их часть — в глауконитовой подфации (Рис.1 а). Отложения абалакской свиты накапливались в условиях хло-

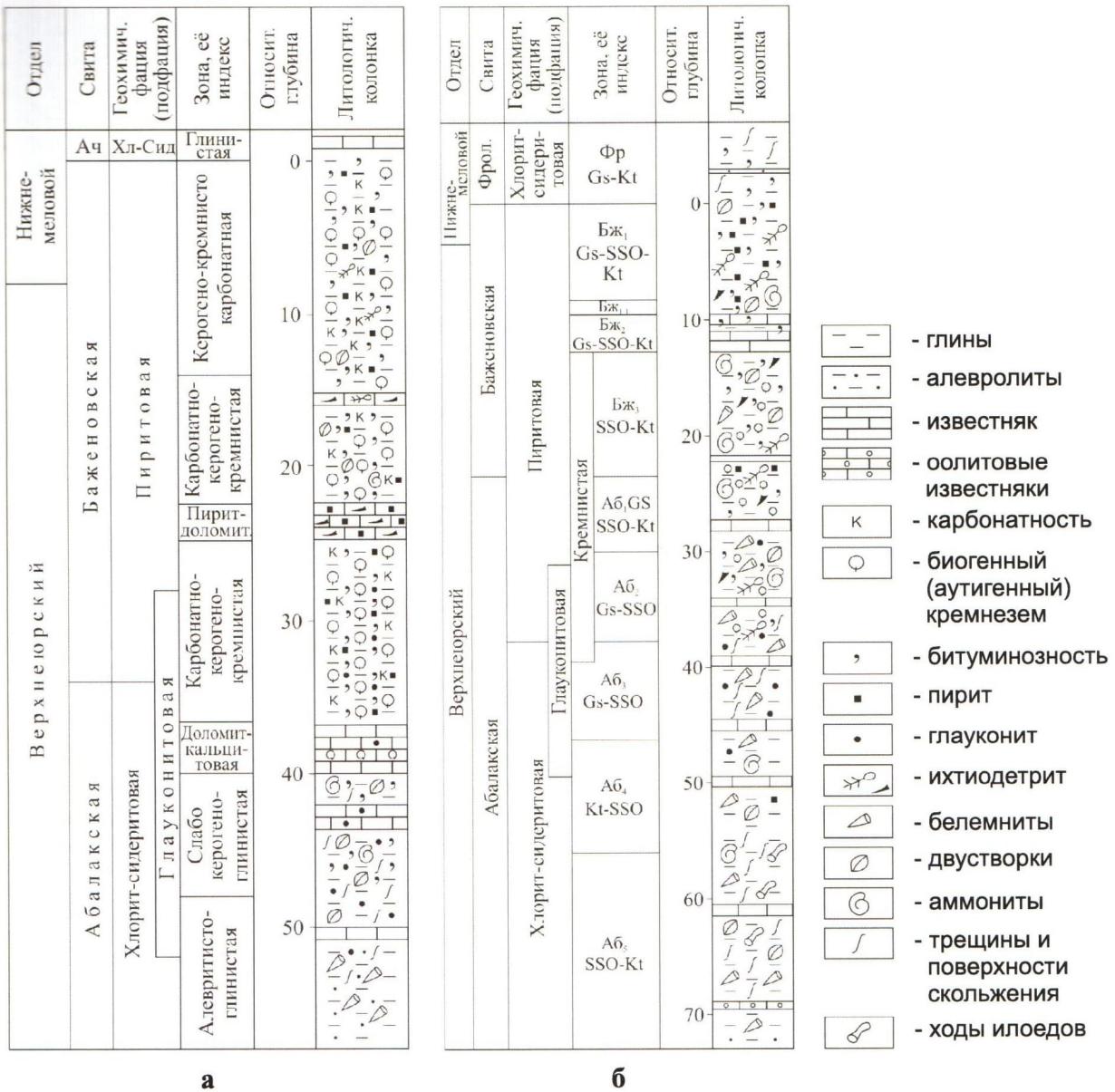


Рис. 1. Сводные литологические разрезы баженовской и абалакской свит Салымского (а) и Красноленинского (б) районов

рит-сидеритовой геохимической фации, а верхняя и центральная ее части — в глауконитовой подфации.

Отложение осадков баженовской свиты в пределах Красноленинского района также произошло в условиях пиритовой геохимической фации, ее нижней части — в условиях глауконитовой подфации (Рис. 1 б). Однако в отличие от Салымского района абалакская свита в пределах рассматриваемого района накапливалась как в пиритовой геохимической фации (верхняя ее часть), так и хлорит-сiderитовой (средняя и нижняя ее части). Осадки, слагающие ее среднюю часть, отлагались в условиях глауконитовой подфации (см. Рис. 1 б).

Зоны в баженовской и абалакской свитах в пределах Салымского месторождения выделены на

основе особенностей их вещественного состава, а Красноленинского — по преобладающим в их составе глинистым минералам (Рис. 1).

Главной особенностью вещественного состава баженовской и верхней части абалакской свит является преобладание в их составе биогенных и хемогенных аутигенных компонентов, главными из которых являются кремнезем, карбонатные минералы, кероген и пирит [19, 20]. По этой причине применяемый к отложениям баженовской свиты рассматриваемых районов термин «аргиллит» является неверным, так как глинистые минералы в рассматриваемых отложениях не являются главными породообразующими компонентами — их содержание редко достигает 15-20%. Наиболее обычная их концентрация — 5-10%. Аргиллиты в

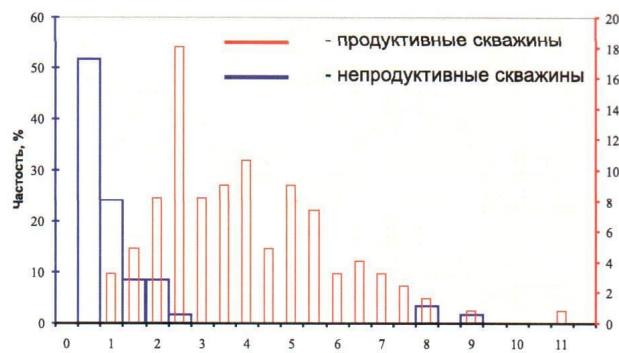
составе этих отложений появляются за пределами рассматриваемых районов и становятся обычными ближе к периферии плиты, где основными слагающими являются не биогенные и хемогенные осадки, а терригенные, приносимые с континента и представленные, главным образом, глинистым и в меньшей степени мелкоалевритистым материалом.

Состав абалакской свиты закономерно изменяется по направлению сверху вниз. В этом направлении в ней уменьшается доля биогенных и хемогенных аутигенных компонентов, и, напротив, увеличивается объем терригенного осадка, представленного, сначала глинистым, а ниже по разрезу — глинисто-алевритистым материалом (Рис.1). Сопоставляя содержание этого абзаца с предыдущим, можно отметить справедливость известного закона Вальтера, утверждающего, что подстилающие фации часто замещают по латерали перекрывающие их отложения.

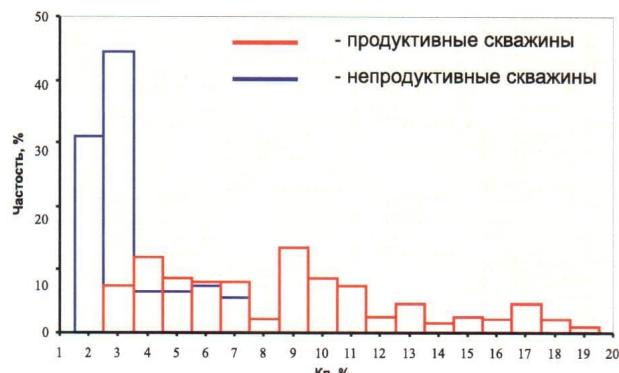
КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА И ТИПЫ КОЛЛЕКТОРОВ В БАЖЕНОВСКОЙ И АБАЛАКСКОЙ СВИТАХ

Анализ многочисленных результатов изучения коллекторских свойств образцов, отобранных из отложений баженовской и абалакской свит, показал, что подавляющее их большинство относится к матрице, а не к коллекторам. Действительно, их открытая пористость обычно составляет 0.5-8% (Салымское месторождение) и 1.4-18% (Красноленинское месторождение). Проницаемость рассматриваемых отложений обычно не превышает 0.01 мД и в исключительных случаях, когда в образцах наблюдаются трещины, может достигать 1-2 мД.

Следует, однако, обратить внимание на тот интересный факт, что даже матрица в составе продуктивных скважин имеет заметно более высокую открытую пористость по сравнению с таковой из непродуктивных скважин. Так, например, большинство образцов матрицы, отобранных из продуктивной скважины 554Э Салымского месторождения, имело открытую пористость 2-6%, а из непродуктивных скважин 98Р, 121Р и 126Р — 0.5-1.5% (Рис.2 а). В пределах Красноленинского района образцы матрицы, полученные из продуктивных скважин 1812, 1817, 1820 и 1824, имели открытую пористость 3-19%, а из непродуктивной скважины 12336 — всего 2-7% (Рис.2 б). Гораздо более высокие значения открытой пористости, определенные в образцах, отобранных в пределах Красноленинского района, чем у таковых, полученных из скважин, пробуренных на Салымском месторождении (причем как из продуктивных, так и «сухих»), объясняется тем, что рассматриваемые отложения на Салымском месторождении



а



б

Рис.2. Распределение значений открытой пористости в образцах, отобранных из баженовской свиты (из продуктивных и непродуктивных скважин) Салымского (а) и Красноленинского (б) районов

ни залегают значительно глубже, чем в пределах Красноленинского района (примерно на 0.5 км) и, соответственно, подверглись более значительному уплотнению под действием литостатического давления.

Более высокая открытая пористость, определенная в образцах баженовской и абалакской свит, из продуктивных скважин по сравнению с таковыми из непродуктивных скважин может быть объяснена, по крайней мере, двумя причинами. Во-первых, наличием в них субмикроскопической вторичной трещиноватости и, во-вторых, образованием вторичной пористости за счет интенсивного превращения керогена в жидкие углеводороды и гетеросоединения [15], о чем более подробно будет сказано ниже.

Таким образом, по результатам петрофизических исследований баженовская и абалакская свиты сложены породами, представляющими собой преимущественно матрицу. Однако что же тогда является коллектором в рассматриваемых отложениях, из которого получают притоки нефти, причем иногда высокодебитные?

Анализ кернового материала, поднятого из интервалов залегания баженовской и абалакской свит, показал, что наряду с монолитными образ-

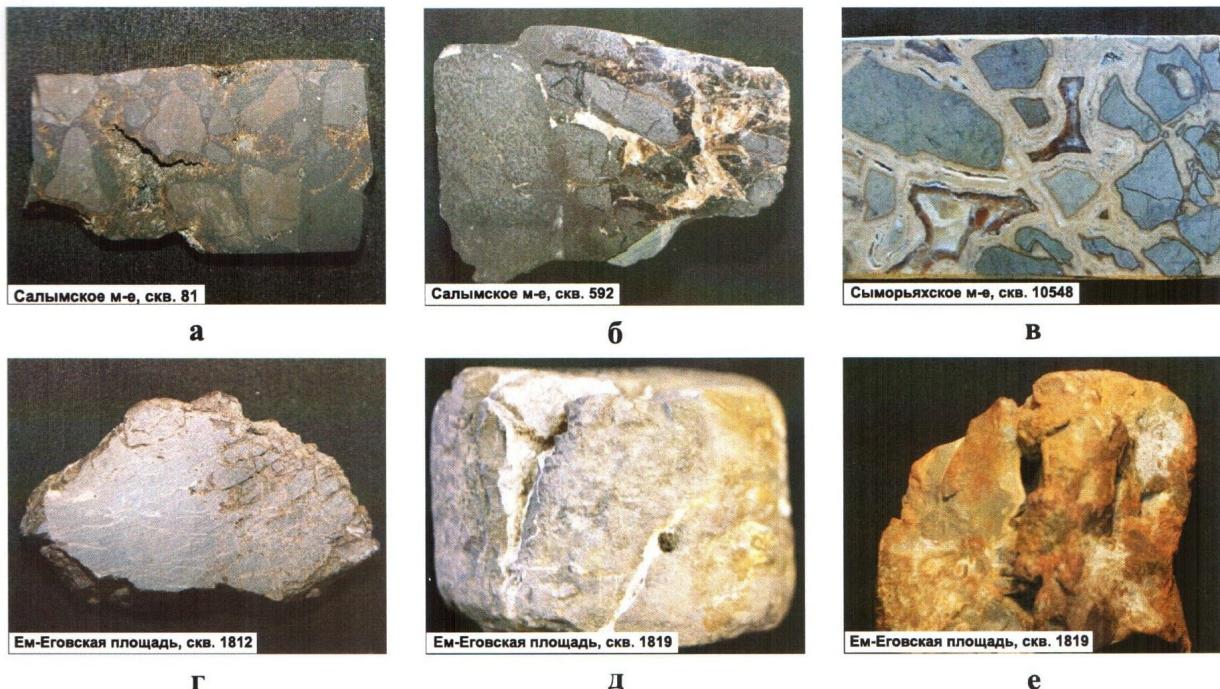


Рис.3. Типы вторичных коллекторов в образцах карбонатных пород, отобранных из абалакской свиты в пределах Салымского (а, б), Сыморьяхского (в) месторождений и Ем-Еговской площади (г-е)

цами, являющимися, как мы видели выше, непроницаемой матрицей, встречаются трещиноватые и трещинно-кавернозные образцы (имеющие обычно карбонатный состав), которые чаще всего встречаются в составе абалакской свиты (Рис.3).

В баженовской свите обычно встречаются трещиноватые образцы, имеющие кремнистый состав (Рис.4). Причем на поверхности этих трещин часто отмечаются многочисленные капельки или пленки нефтеподобных битумоидов, люминесцирующих в

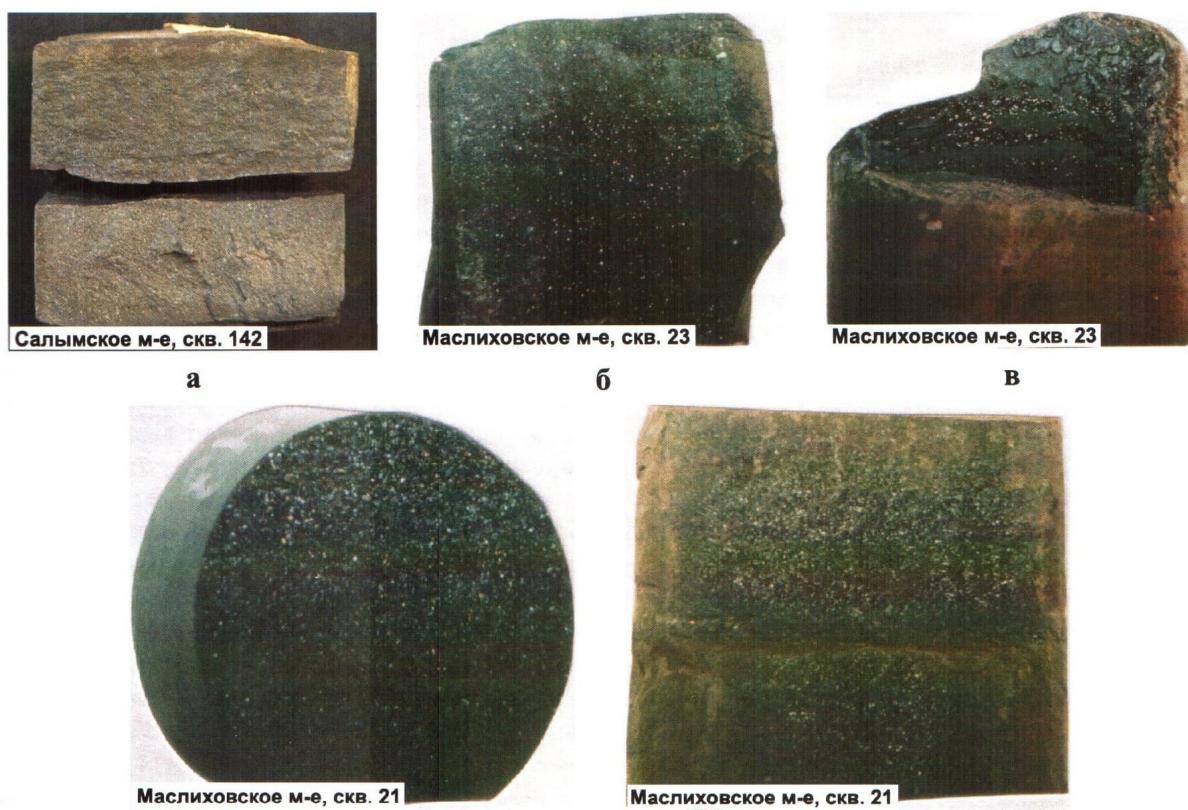


Рис.4. Общий вид вторичных трещинных коллекторов в кремнистых образцах (силицитах), отобранных из отложений баженовской свиты в пределах Салымского (а) и Маслиховского (б-д) месторождений



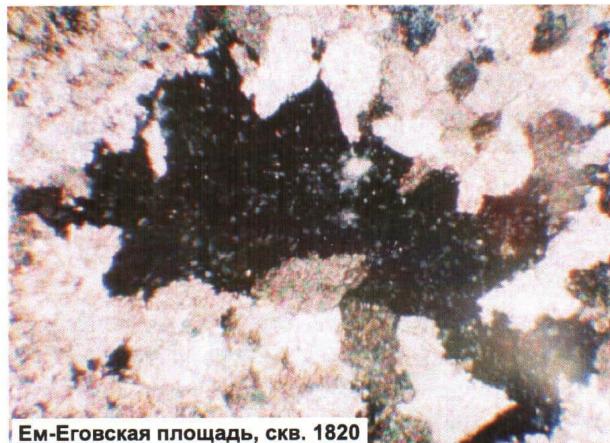
Маслиховское м-е, скв. 23

а



Маслиховское м-е, скв. 23

б



Ем-Еговская площадь, скв. 1820

в



Ем-Еговская площадь, скв. 1820

г

Рис. 5. Структура порового пространства вторичных коллекторов в карбонатных породах, отобранных из отложений баженовской свиты Маслиховского месторождения (а, б) и абалакской свиты Ем-Еговской площади (в, г); а-в — фотографии прозрачных петрографических шлифов, г — фотография, сделанная на сканирующем электронном микроскопе (СКАН)

ультрафиолетовом свете, а также новообразованные кристаллы кварца, карбонатов, сульфидов и других минералов.

В карбонатных образцах, в которых присутствуют трещины и каверны, часто отмечаются генерации бурого кальцита, цвет которого обусловлен присутствием в нем многочисленных микрокапельных включений нефти и битумоидов, захваченных кальцитом в процессе его роста (Рис.3).

Трещины и каверны наблюдаются в карбонатных образцах и на микроуровне. Они часто заполнены темно-бурым нефтеподобным битумоидом, а также вторичными минеральными ассоциациями, включающими кристаллы карбонатных минералов, кварца, барита, каолинита (диккита) и других минералов, о чем более подробно будет сказано ниже (Рис.5).

Таким образом, в отложениях баженовской и абалакской свит, кроме плотных непроницаемых пород (матрицы), встречаются трещиноватые разновидности, имеющие кремнистый состав (силициты) и трещинно-кавернозные, развитые в карбо-

натных прослоях. Именно эти два типа пород-коллекторов (трещинные и трещинно-кавернозные) содержат углеводородные залежи в отложениях баженовской и абалакской свит и из них получены притоки нефти, газа и конденсата. Следует подчеркнуть, что поскольку емкость трещинно-кавернозных коллекторов, образующихся в карбонатных разновидностях пород, гораздо выше, чем трещинных, формирующихся в кремнистых литологических типах, то основные запасы, содержащиеся в рассматриваемых отложениях, сосредоточены именно в карбонатных пластах, суммарное содержание или мощность которых обычно больше в абалакской свите, чем в баженовской.

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЛЕКТОРА В БАЖЕНОВСКОЙ И АБАЛАКСКОЙ СВИТАХ

Выше отмечалось, что существуют две основные точки зрения относительно механизма формирования коллектора в отложениях баженовской свиты: во-первых, вследствие процесса флю-

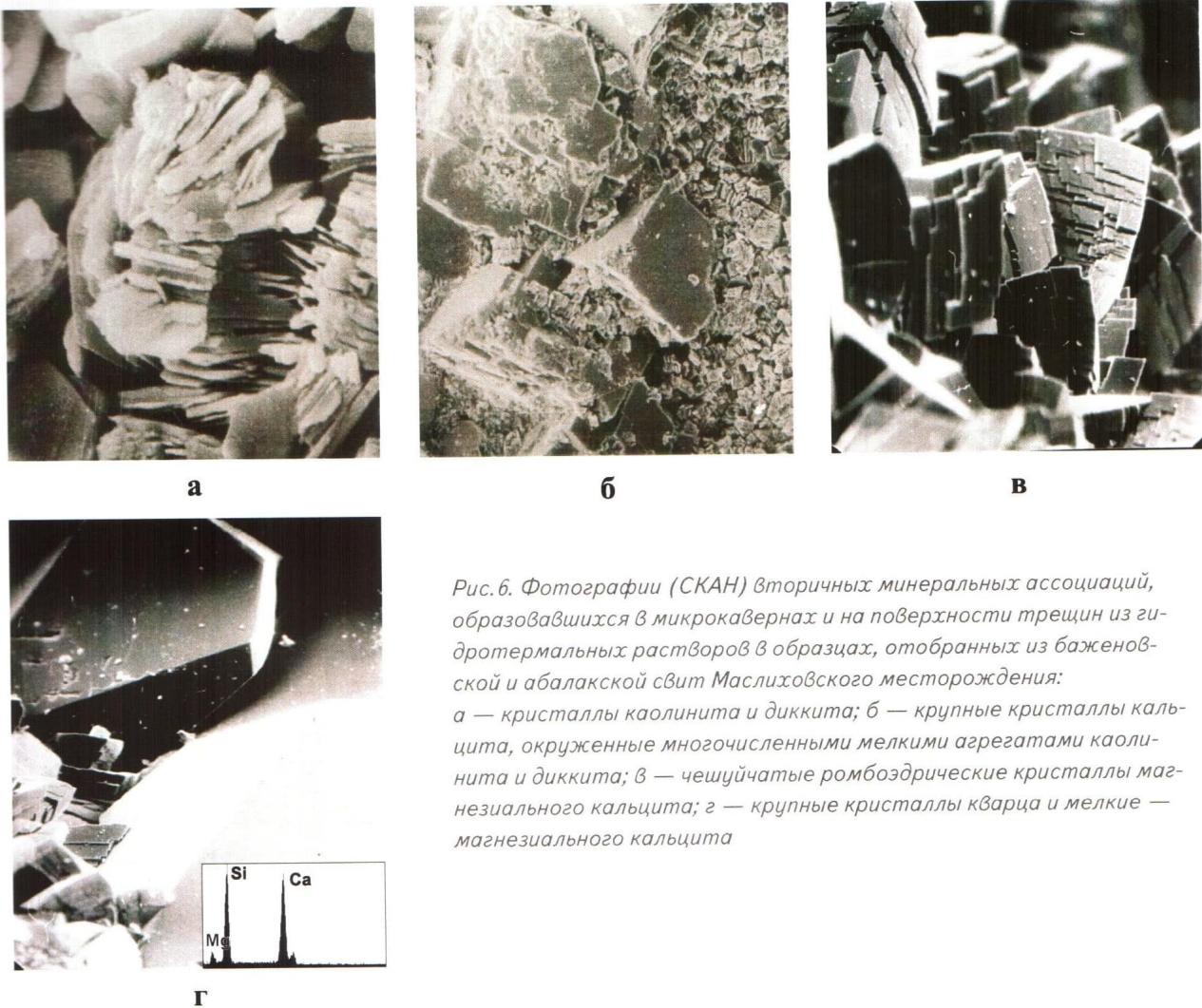


Рис. 6. Фотографии (СКАН) вторичных минеральных ассоциаций, образовавшихся в микрокавернах и на поверхности трещин из гидротермальных растворов в образцах, отобранных из баженовской и абалакской свит Маслиховского месторождения:
а — кристаллы каолинита и диккита; б — крупные кристаллы кальцита, окруженные многочисленными мелкими агрегатами каолинита и диккита; в — чешуйчатые ромбоздирические кристаллы магнезиального кальцита; г — крупные кристаллы кварца и мелкие — магнезиального кальцита

идоразрыва с образованием листоватого коллектора, имеющего глинистый состав, и, во-вторых, в результате тектонического дробления пород. Как было показано в предыдущем разделе, листоватого глинистого коллектора в составе рассматриваемых отложений встречено не было. Глины, тем более с высоким содержанием керогена, слишком пластичны, чтобы быть коллектором, способным сохранить возникающую в них вторичную емкость, о чем свидетельствуют результаты исследований, приведенные в работах [12, 16]. Накопленный фактический материал свидетельствует в пользу второй точки зрения, связывающей формирование вторичного коллектора в баженовской и абалакской свитах с тектоническим дроблением прочных, но хрупких разновидностей пород, представленных кремнистыми и карбонатными литологическими типами. Эти литологические типы пород мы называем потенциально продуктивными породами, а пласти, сложенные ими, — потенциально продуктивными пластами (ППП), так как именно в них возможно формирование вторичного трещинного и трещинно-кавернозного коллектора.

Детальный литолого-минералогический анализ трещинных и трещинно-кавернозных пород-коллекторов показал, что в трещинах и кавернах на их поверхности присутствуют многочисленные новообразованные, часто хорошо ограненные кристаллы разнообразных минералов, среди которых преобладают каолинит (диккит), кварц, барит, разнообразные карбонатные минералы, включая такие экзотические минералы, как барито-кальцит и даже бариевый полевой шпат или цельзиан (Рис. 6, 7).

Из верхнего трещинно-кавернозного пласта, входящего в состав абалакской свиты, вскрытого скв. 554Э, нами были отобраны мелкие кристаллы (размерами около 3-4 мм) светло-коричневого кварца, в котором присутствовали многочисленные включения нефти, конденсата и темно-бурого битума, захваченные кристаллами в процессе их роста из гидротермального раствора, окружавшего их. Определение температуры гомогенизации этих включений, проведенное Щепеткиным Ю.В., показало, что она составляет около 270°C, причем даже при этих довольно высоких температурах полной гомогенизации включений достичь не удалось —

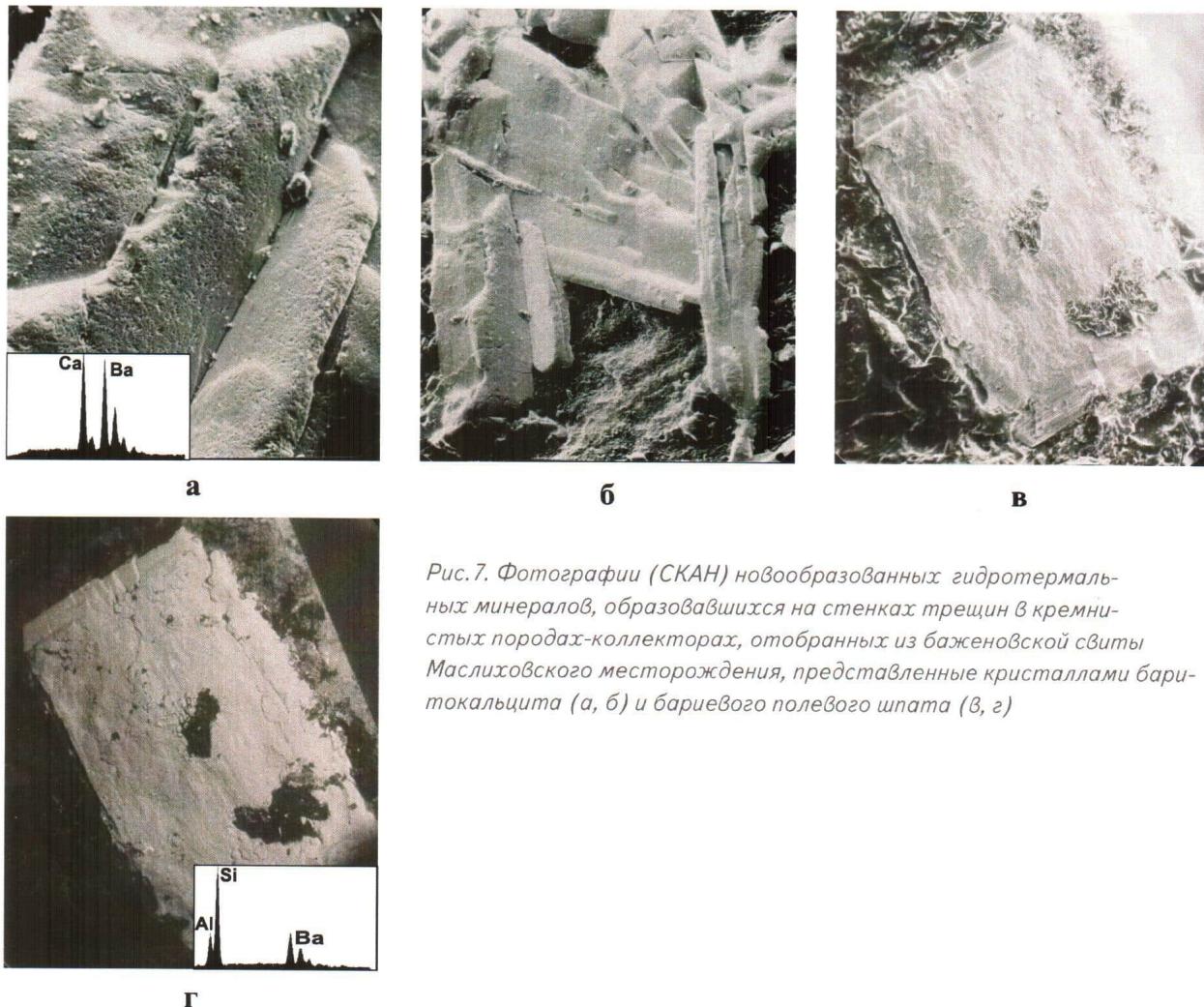


Рис. 7. Фотографии (СКАН) новообразованных гидротермальных минералов, образовавшихся на стенках трещин в кремнистых породах-коллекторах, отобранных из баженовской свиты Маслиховского месторождения, представленные кристаллами баритокальцита (а, б) и бариевого полевого шпата (в, г)

битумоид так и остался в виде отдельной фазы. Следовательно, палеотемпература, существовавшая в момент роста кристаллов кварца, была еще выше.

Интенсивное выщелачивание (формирование каверн), а также кристаллизация вторичных, иногда довольно редких минералов, также свидетельствует об участии в формировании вторичного коллектора, наряду с тектоническими силами, и гидротермальных флюидов.

Откуда берутся гидротермальные растворы или флюиды в рассматриваемых весьма слабо проникаемых отложениях? Основная часть воды и вещества, участвующего в образовании новых минералов, извлекается из окружающих пород под действием проникающих в толщу высокотемпературных глубинных флюидов, мобилизующих различные типы воды (преимущественно связанную воду), входящие в состав баженовской и абалакской свит и подстилающих их отложений тюменской свиты. Сами глубинные флюиды, скорее всего, состоят, главным образом, из воды, углекислоты, метана, водорода и ряда других соединений.

По мере остыивания толщи после тектоно-гидротермального воздействия мобилизованная из осад-

очной толщи вода постепенно возвращается в нее, занимая свое «первоначальное» место. Поэтому в залежах нефти, присутствующих в баженовской и абалакской свитах, вода практически отсутствует.

Что является причиной тектонического дробления пород баженовской и абалакской свит, а также сопровождающей их гидротермальной деятельности?

Скорее всего, причиной роста поднятий в осадочном чехле явилось воздымание глубинных батолитов в верхней мантии, над которыми, как мы увидим в следующем разделе, формируются зоны напряжений, вызывающих, в свою очередь, дробление пород и формирование проникаемых трещинных зон, ориентированных преимущественно вертикально вверх. Именно по ним устремляются вверх высокоэнталпийные глубинные эманации, вызывая формирование гидротермальных флюидов. Эти эманации и образующиеся гидротермы не только вызывают выщелачивание и кристаллизацию минералов, но и интенсивно воздействуют на кероген, содержащийся в осадочном чехле, интенсифицируя процессы нефте- и газогенерации. Выносимые с глубинными эманациями метан, водород и углеводородные соединения активно взаимодействуют с керогеном и образующимися из

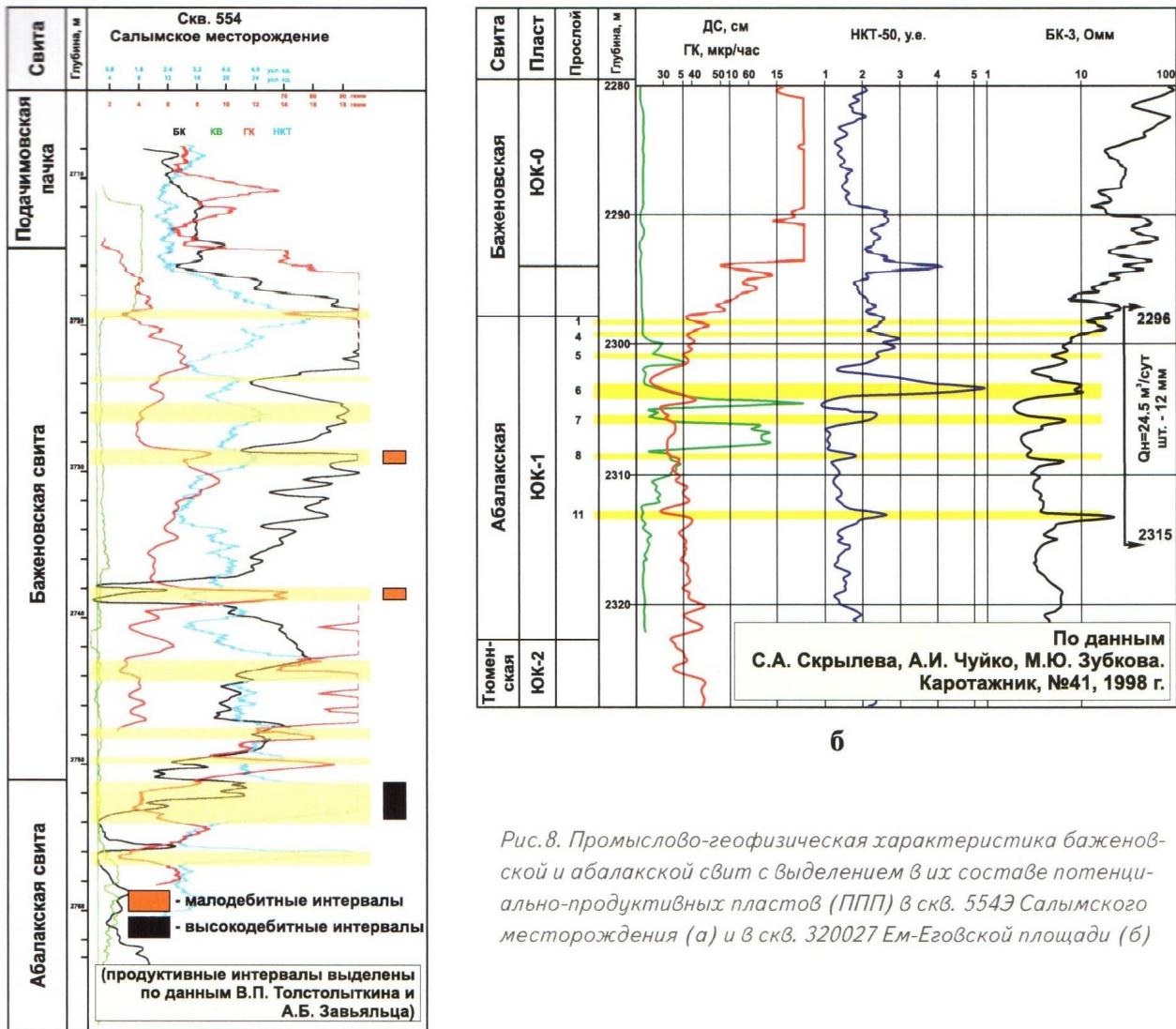
**б**

Рис. 8. Промыслово-геофизическая характеристика баженовской и абалакской свит с выделением в их составе потенциально-продуктивных пластов (ППП) в скв. 554 Э Салымского месторождения (а) и в скв. 320027 Ем-Еговской площади (б)

а

него углеводородами и гетеросоединениями, способствуя образованию большого количества легких углеводородов парафинового ряда и в целом увеличивают первоначальный нефтематеринский потенциал керогена, рассеянного в осадочном чехле и сконцентрированного в баженовской свите.

На поступление этих высокоэнталпийных флюидов по дислоцированным зонам, возникающим над поднятиями в фундаменте, указывают температурные аномалии или температурные инверсии, обнаруженные впервые на Салымском месторождении. Здесь в приподнятых участках в отложениях баженовской свиты отмечаются аномально высокие пластовые температуры, достигающие 120 и даже 130°C на глубинах около 2750 м. На склоне Лемпинского поднятия на глубине около 2900 м пластовая температура в баженовской свите резко уменьшается до 90–95°C, хотя в соответствии с существующими представлениями о геотермическом градиенте пластовая температура с глубиной должна бы была расти, а не уменьшаться. Анализ

степени катагенетической превращенности содержащегося в баженовской свите керогена и реализации его нефтематеринского потенциала в пределах Салымского месторождения показал, что в наиболее высокотемпературных (приподнятых) участках он почти полностью исчерпал свой нефтегенерационный потенциал и имеет высокую степень катагенетической превращенности, а в низкотемпературных (погруженных) зонах он слабо преобразован и имеет слабую степень катагенетической превращенности [15]. По этой причине в высокотемпературных участках содержание керогена в отложениях баженовской свиты не превышает 10–12%, а в низкотемпературных его концентрация достигает 20–22%.

Приуроченность вторичных трещинно-кавернозных и трещинных коллекторов к плотным типам пород, представленных, в первую очередь, карбонатами, подтверждается результатами геофизических исследований скважин, пробуренных в пределах Салымского и Красноленинского районов (Рис.8).

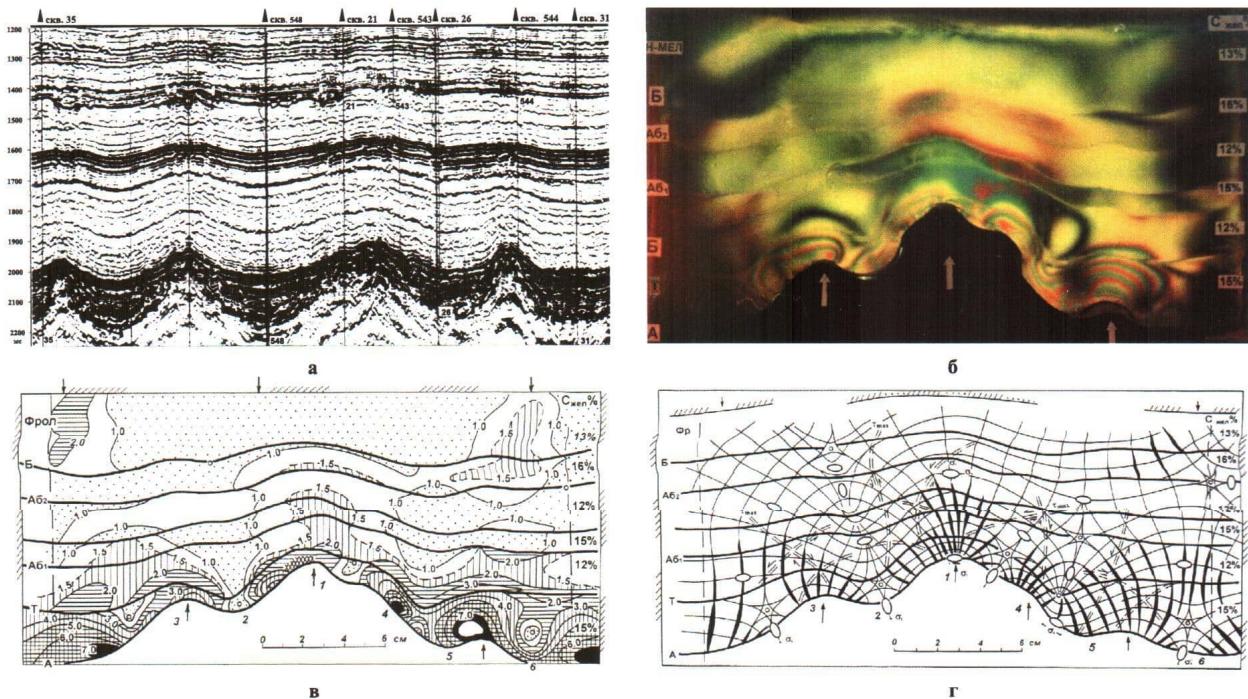


Рис. 9. Пример прогноза продуктивных (трещиноватых) зон на основе оптико-поляризационного моделирования:
а — эталонный сейсмопрофиль, выбранный для моделирования; б — фотография модели в напряженном состоянии; в — распределение уровней касательных напряжений в модели; г — ориентировка траекторий нормальных и касательных напряжений, а также прогноз ориентировки и плотности трещин

МЕТОДИКА ПРОГНОЗА ПРОДУКТИВНЫХ ЗОН В ОТЛОЖЕНИЯХ БАЖЕНОВСКОЙ И АБАЛАКСКОЙ СВИТ

Таким образом, установлено, что коллекторы, присутствующие в баженовской и абалакской свитах, имеют вторичное происхождение, образуются в кремнистых и карбонатных пластах (ППП), относятся к трещинному и трещинно-кавернозному типам и образуются вследствие тектонического дробления пород, сопровождающегося гидротермальной проработкой. Поэтому прогноз продуктивных зон в отложениях рассматриваемых свит должен включать несколько этапов.

Во-первых, необходимо убедиться в наличии в составе баженовской и абалакской свит кремнистых и карбонатных пластов (ППП), что несложно сделать на основе анализа плотностных геофизических методов (Рис.8). Затем строится карта распространения и суммарной мощности ППП. Чем больше их суммарная мощность и шире площадное распространение, тем лучше.

Во-вторых, следует выделить прогнозные зоны тектонического дробления, в пределах которых ППП окажутся раздробленными и в них образуется вторичный трещинно-кавернозный коллектор.

Для решения второй задачи используется оригинальная методика, разработанная авторами на основе комплексирования результатов сейсмо-

разведки и тектонофизического моделирования [17, 18, 22]. Суть этой методики заключается в том, что по данным сейморазведки проводится палеотектоническая реконструкция роста антиклинальных поднятий, присутствующих на рассматриваемой площади. Затем в соответствии с проведенной реконструкцией осуществляется моделирование роста поднятий на основе нескольких (эталонных) сейсмопрофилей, для чего используется два метода тектонофизического моделирования — оптико-поляризационный и тектоно-седиментационный, основы которых были заложены в середине 50-х гг. прошлого тысячелетия Гзовским М.В. и его коллегами. Рассматриваемая методика детально описана в нескольких публикациях, поэтому здесь мы дадим лишь краткое ее описание на примере одной из площадей Красноленинского района.

С помощью оптико-поляризационных моделей, построенных на основе эталонных сейсмопрофилей, прогнозируется распределение касательных и нормальных напряжений в осадочном чехле, а также определяется их уровень или величина, на основе чего дается заключение об ориентации и прогнозной плотности трещин тектонического происхождения (Рис.9).

Тектоно-седиментационные модели, построенные на основе тех же эталонных сейсмовременных разрезов, не позволяют определять распределение напряжений в осадках, однако дают возможность проанализировать механизм формирования

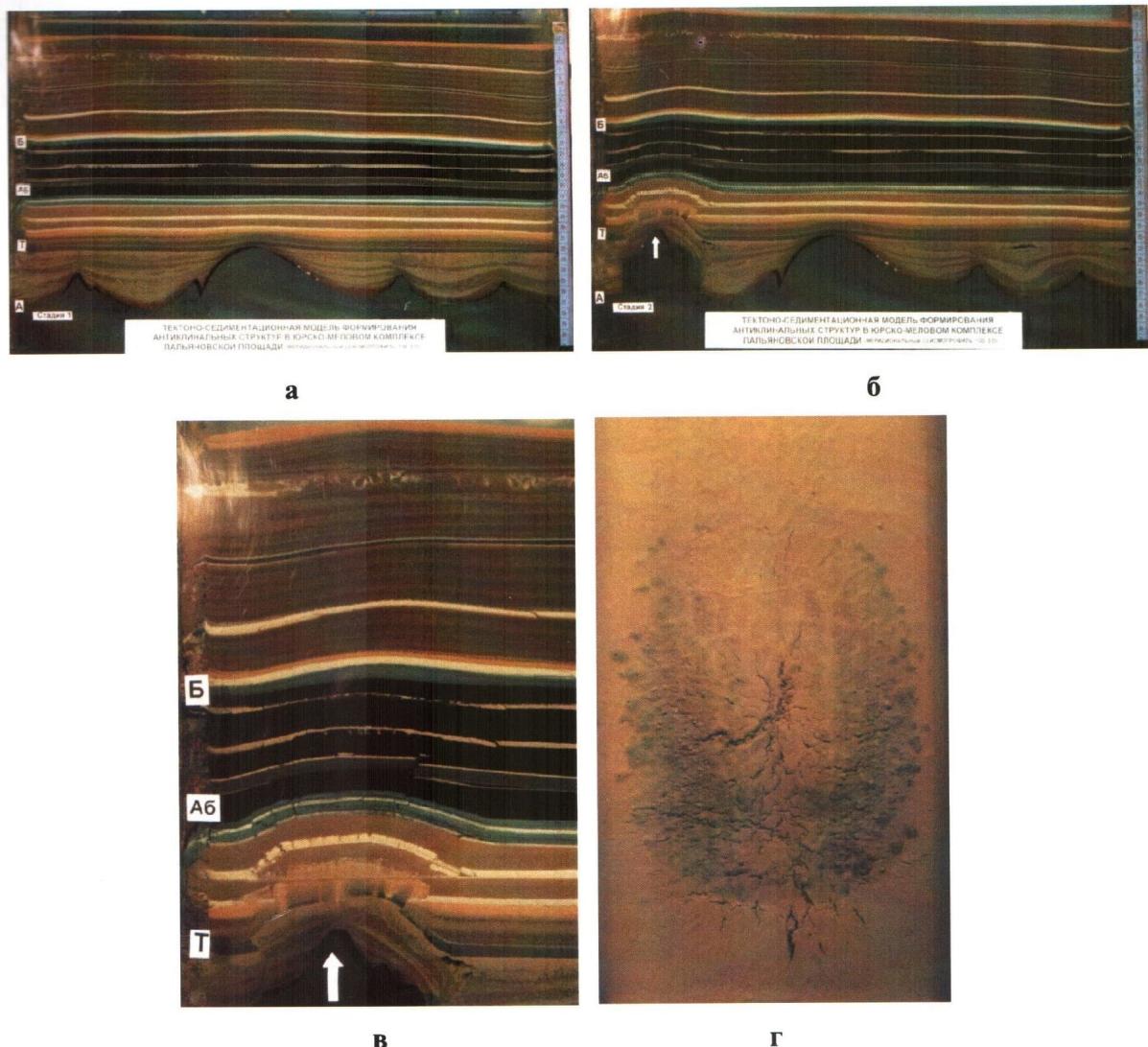


Рис. 10. Пример изучения механизма формирования трещин в осадках под действием растущих поднятий в тектоно-седиментационной модели:

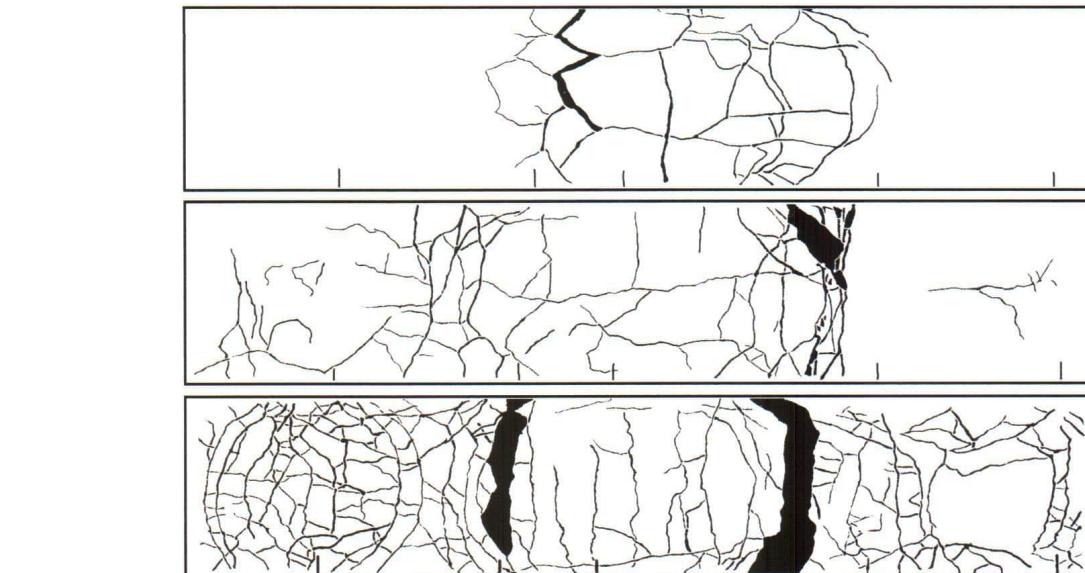
а — модель до начала роста поднятий; б — после воздымания первого поднятия; в — увеличенный фрагмент предыдущего снимка; г — зона трещиноватости, возникшая на поверхности модели после роста первого поднятия

трещин, а также закономерности перемещения и перераспределения осадочного материала вследствие роста поднятий (Рис.10). Интересно, что если поднятие имеет достаточно большую амплитуду, то над ним на поверхности модели также формируется трещиноватая зона дробления (Рис.10 г). После окончания проведения тектоно-седиментационного моделирования модели послойно разбирались с целью изучения зон трещиноватости, возникавших в компетентных (прочных) слоях, и устанавливались зависимости линейной плотности трещин, трещинной пористости, радиуса зоны максимальной трещиноватости от амплитуды поднятий (Рис.11 а-в). На основе полученных зависимостей и результатов анализа сейсмовременных разрезов строилась структурно-прогнозная схема размещения трещинных коллекторов в баженовской и абалакской свитах, на которой выделялись

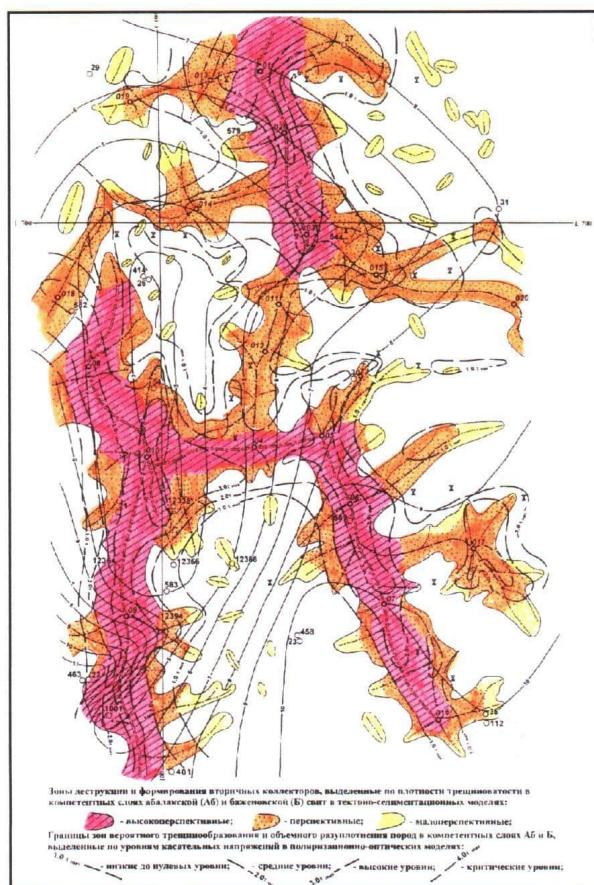
прогнозные зоны различных категорий перспективности (Рис.11 г). По этой методике построены прогнозные карты перспектив нефтегазоносности баженовской и абалакской свит по 16 месторождениям и площадям различных районов Западной Сибири. Анализ степени достоверности подготовленных прогнозов составил от 67 до 100%, что зависит, главным образом, от качества исходных сейсмогеологических материалов.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ БАЖЕНОВСКОЙ И АБАЛАКСКОЙ СВИТ

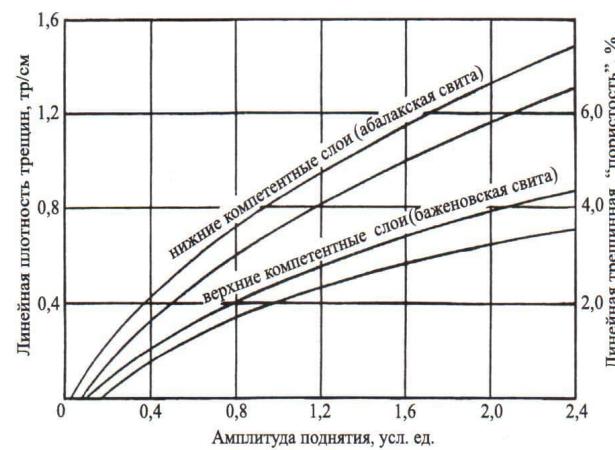
Оценке региональных перспектив нефтегазоносности отложений баженовской свиты в пределах Западно-Сибирской синеклизы посвящено довольно много публикаций [5, 6, 12, 14, 16, 17, 22,



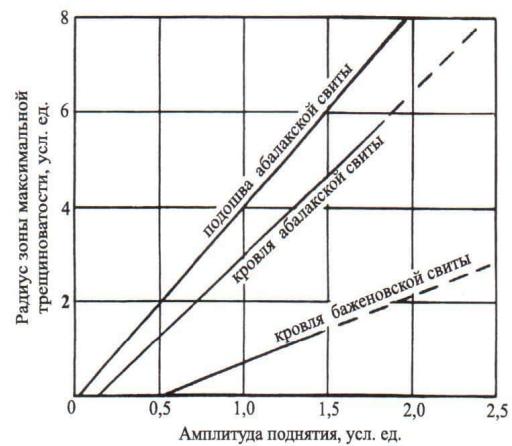
а



г



б



в

Рис. 11. Методика прогноза продуктивных зон в отложениях баженовской и абалакской свит:
а — распределение трещинных дислокаций в компетентных слоях, расположенных на разной глубине в седиментационной модели; **б** — зависимость между амплитудой поднятия и линейной плотности трещин, а также трещинной «пористостью»; **в** — связь амплитуды поднятия и радиуса зоны трещиноватости, возникающей над ним после завершения его роста; **г** — структурно-прогнозная схема размещения трещинных коллекто́ров в ППП, входящих в состав отложений баженовской и абалакской свит по [18]

23, 30, 36]. Региональные перспективы нефтегазоносности абалакской свиты освещены лишь в двух публикациях [17, 22].

При оценке региональных перспектив нефтегазоносности баженовской свиты исследователями предлагались различные наборы критериев. Исходя из представлений о ведущей роли гидроизрыва в формировании вторичного коллектора в битуминозных отложениях, а также используя результаты испытания баженовской свиты, большинством исследователей в качестве основных принимались следующие критерии:

1. Содержание органического вещества не менее 6-8%.
2. Пластовая температура в кровле баженовской свиты не ниже 95-100°C.
3. Толщина подстилающего и перекрывающего свиты флюидоупора не менее 10 м.
4. Толщина свиты не менее 20-25 м.
5. Величина кажущегося удельного сопротивления не менее 150-200 ом·м.
6. Значения естественной радиоактивности 40 мкр/ч и более.

Поскольку нами установлено, что механизм формирования вторичного коллектора в баженовской и абалакской свитах иной и обусловлен тектоническим дроблением с наложенной гидротермальной проработкой определенных типов пород, то в соответствии с ним набор критериев будет заметно отличаться от приведенного выше, причем он будет справедлив для обеих свит:

1. Пластовая температура в кровле баженовской свиты не ниже 95-100°C.
2. Толщина подстилающего и перекрывающего свиту флюидоупора не менее 10 м.
3. Наличие потенциально продуктивных пластов (ППП) в составе свит.

4. Наличие зон тектонического дробления.

Как видим, из предыдущего набора критериев в предлагаемом нами перечне сохранились лишь первые два и добавились два новых.

Повышенные значения пластовой температуры и особенно температурные аномалии в кровле баженовской свиты позволяют выделять участки, в пределах которых происходило поступление глубинных флюидов сравнительно недавно, в масштабе геологического времени. Действительно, теплофизические расчеты показывают, что для возникновения температурных аномалий, как, например, в пределах Салымского, Красноленинского и Шаймского районов, необходимо привлекать конвективный способ тепло- и массопереноса.

Надежные (достаточно мощные) флюидоупоры должны способствовать сохранению углеводородных залежей в баженовской и абалакской свитах. Их присутствие объясняет также наличие АВПД в залежах, открытых в описываемых отложениях.

Наличие ППП в составе рассматриваемых отложений также является обязательным условием, так как в глинистых литологических типах или таковых с достаточно высоким содержанием глинистого и органического материала вторичные коллекторы не образуются из-за их пластичности. В зонах дробления в этих породах возникают многочисленные поверхности и «зеркала» скольжения, однако зияющих трещин и тем более каверн не образуется.

Вся эффективная емкость в рассматриваемых отложениях, как было показано выше, является вторичной. Исходные кремнистые и карбонатные породы ею не обладали, поэтому необходимо воздействие на них тектонических сил, способных сформировать в них вторичную трещинную и трещинно-кавернозную емкость. Исходя из этого, выделение зон тектонического дробления также является обязательным условием.

Прогноз региональных перспектив баженовской и абалакской свит с использованием приведенных выше критериев осуществлен в пределах Ханты-Мансийского автономного округа по заказу его центра рационального недропользования.

Анализ распределения современных температур по кровле баженовской свиты показал, что все наиболее крупные температурные аномалии распространены в западной части Западно-Сибирской геосинеклизы (Рис.12), причем самые значительные из них отмечаются в пределах Салымского и Красноленинского районов (Рис.12). Это самые перспективные районы по данному критерию.

Баженовская, а тем более абалакская свиты имеют надежную покрышку почти на всей территории геосинеклизы, мощность которой составляет от 20-30 до 100 и более метров. Однако в восточной ее половине отмечаются довольно обширные участки, в пределах которых развиты так называемые аномальные разрезы баженовской свиты, где ачимовские клиноформы, имеющие песчано-алевритовый состав, внедряются в отложения баженовской свиты (Рис.13-15). В пределах этих площадей, по крайней мере, баженовская свита бесперспективна, так как образовавшиеся в ней углеводороды, скорее всего, сконцентрируются в песчано-алевритовых осадках ачимовской толщи, представляющих собой обычный гранулярный коллектор. В этой же части геосинеклизы отмечаются также мелкие локальные участки, в пределах которых баженовская свита частично размыта и на ней залегают песчано-алевритовые отложения (центральная и северная части Сургутского свода, северная половина Нижневартовского свода, центральная часть Александровского и Каймысовского свода). Эти участки также являются бесперспективными по этому признаку.

Снизу баженовская свита изолирована гораздо хуже, чем сверху. Особенно это справедливо для

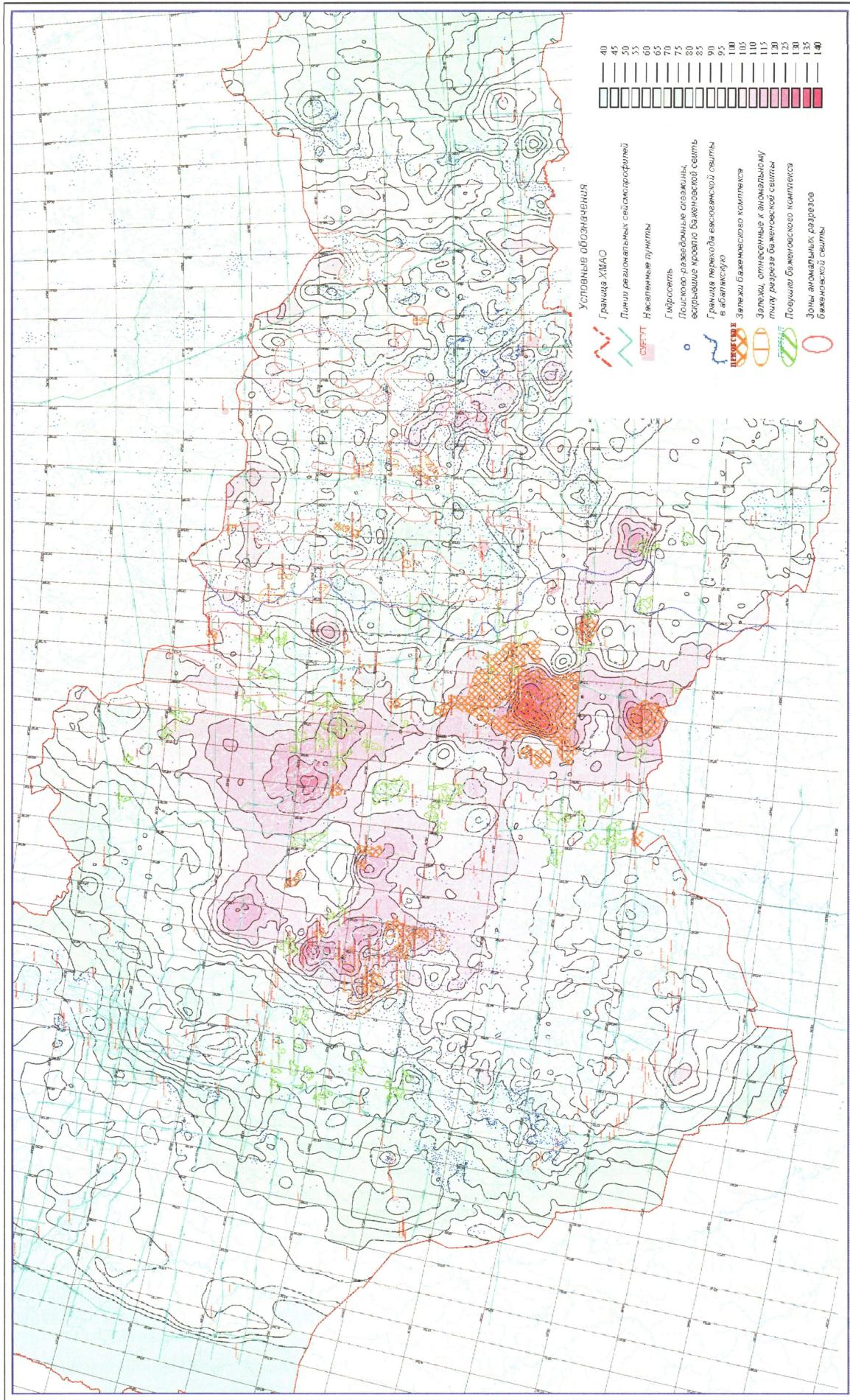


Рис. 12. Карта современных пластовых температур в кровле баженовской свиты (по А.Р. Курчикобу) в пределах Ханты-Мансийского автономного округа

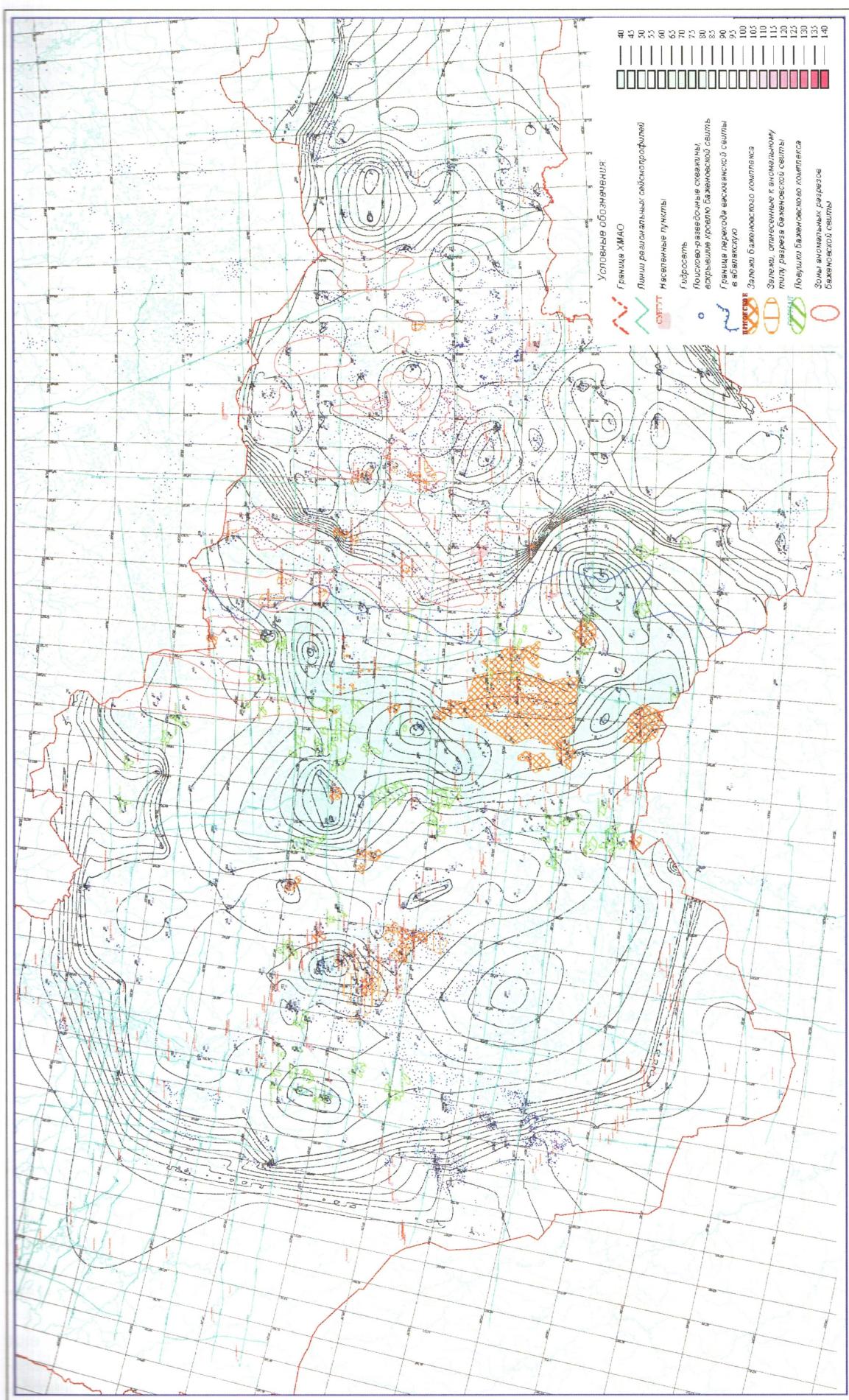


Рис. 13. Карта мощности флюидоупоров, подстилающих баженовскую свиту в пределах Ханты-Мансийского автономного округа

восточной половины плиты, где отложения абалакской свиты замещаются васюганскими песчаниками (пласт Ю_1). В этой части геосинеклизы толщина флюидоупора (которым здесь является георгиевская свита) меньше 10 м (Рис.13). Отмечаются лишь два довольно крупных локальных участка, в пределах которых обсуждаемый параметр имеет значение выше критического. Они расположены в северо-восточной части рассматриваемой территории (Рис.13).

Известен ряд площадей, в пределах которых баженовская свита непосредственно залегает на васюганских песчаниках. Наиболее крупные из них по площади расположены в южной и юго-восточной части рассматриваемой территории (Верхнедемьянский мегавал, Каймысовский свод с прилегающими районами и юго-восточная часть Нижневартовского свода, центральная часть Александровского мегавала и далее на восток до Пыль-Караминского мегавала, см. рис.13).

Таким образом, в соответствии с рассматриваемым критерием вся западная половина территории ХМАО является перспективной, а восточная, наоборот, бесперспективна за исключением двух участков, о которых было сказано выше.

Используя тот же критерий (мощность подстилающего баженовскую свиту флюидоупора), легко найти крайнюю западную границу, до которой распространяются перспективные по этому критерию земли. Крайняя западная граница простирается от Шаимского нефтегазоносного района в северо-западном направлении (к западу от Воньеганской и Норпингской площадей) и далее в северо-восточном направлении (западнее г. Белоярский, см. рис.13).

Сопоставляя западную и восточную границы распространения перспективных площадей, выделенных по критической мощности подстилающего баженовскую свиту флюидоупора, с величиной современной пластовой температуры в ее кровле, можно отметить, что на востоке она примерно совпадает с изотермами 90-95°C, а на западе — с изотермами 70-80°C (Рис.12, 13).

Если использовать в качестве граничных значений предложенные выше величины современных температур в кровле баженовской свиты, то площадь перспективных земель, расположенных на западном борту геосинеклизы, заметно уменьшится (Рис.12, 13).

Анализ полученного распределения суммарной толщины ППП в составе баженовской свиты по площади ХМАО показал, что этот параметр изменяется от 0 до 8 м. Участки с максимальными мощностями ППП в баженовской свите встречены в юго-восточной части рассматриваемой территории в районе Мултановского и Айкурунского месторождений, а также к востоку от них (Рис.14). В северной

части ХМАО повышенные суммарные мощности ППП встречены в районе Западно-Батлорской площади и к югу от нее. На юге также выделяется довольно крупная по размерам площадь, в пределах которой высока суммарная мощность ППП в составе баженовской свиты — это территория, простирающаяся от Приобского месторождения на севере до Чапровского — на юге (Рис.14). Наконец, довольно крупная площадь с большой суммарной мощностью ППП выделяется в пределах Красноленинского свода.

В целом наблюдается следующая закономерность в изменении суммарной мощности ППП, входящих в состав баженовской свиты по площади. В направлении к западному и восточному бортам плиты происходит постепенное уменьшение суммарной мощности ППП от 3-4 до 1 м и менее (Рис.14).

Как уже отмечалось выше, в восточной половине рассматриваемой территории развиты песчано-алевритовые отложения пласта Ю_1 , входящего в состав васюганской свиты. Абалакская свита в этой части плиты отсутствует, хотя мало мощный карбонатный пласт или несколько тонких карбонатных пропластков (толщиной 10-20 см), входящих в состав георгиевской свиты, обычно встречаются. Причем в них зачастую отмечаются трещины и каверны явно вторичного происхождения, иногда с признаками присутствия в них нефти. Однако из-за их небольшой мощности и практически полного отсутствия гидродинамической изоляции от пласта Ю_1 , как самостоятельный объект этот карбонатный пласт или пропластки не представляют практического интереса. Действительно, суммарная мощность ППП в составе георгиевской, васюганской и научакской свит (в тех случаях, когда наблюдается частичная или полная глинизация верхнеюрских песчаных пластов) обычно не превышает 1.5-2.0 м (Рис.15).

Поэтому практический интерес с точки зрения оценки перспектив нефтегазоносности абалакской свиты представляет только западная половина рассматриваемой территории, где средние значения суммарной мощности ППП, входящих в состав абалакской свиты, составляют 4-5 м, достигая на небольших участках 8-10 и даже 12 м (Рис.15).

В качестве границы по величине критической мощности флюидоупора и собственно развития абалакской свиты можно принять зону глинизации пласта Ю_1 , проходящую по западному борту Сургутского свода, которая практически совпадает с мощностью нижнего флюидоупора, составляющей около 10 м (Рис.13 и 15).

Сверху абалакская свита изолирована еще лучше, чем баженовская, так как последняя является дополнительным флюидоупором к ачимов-

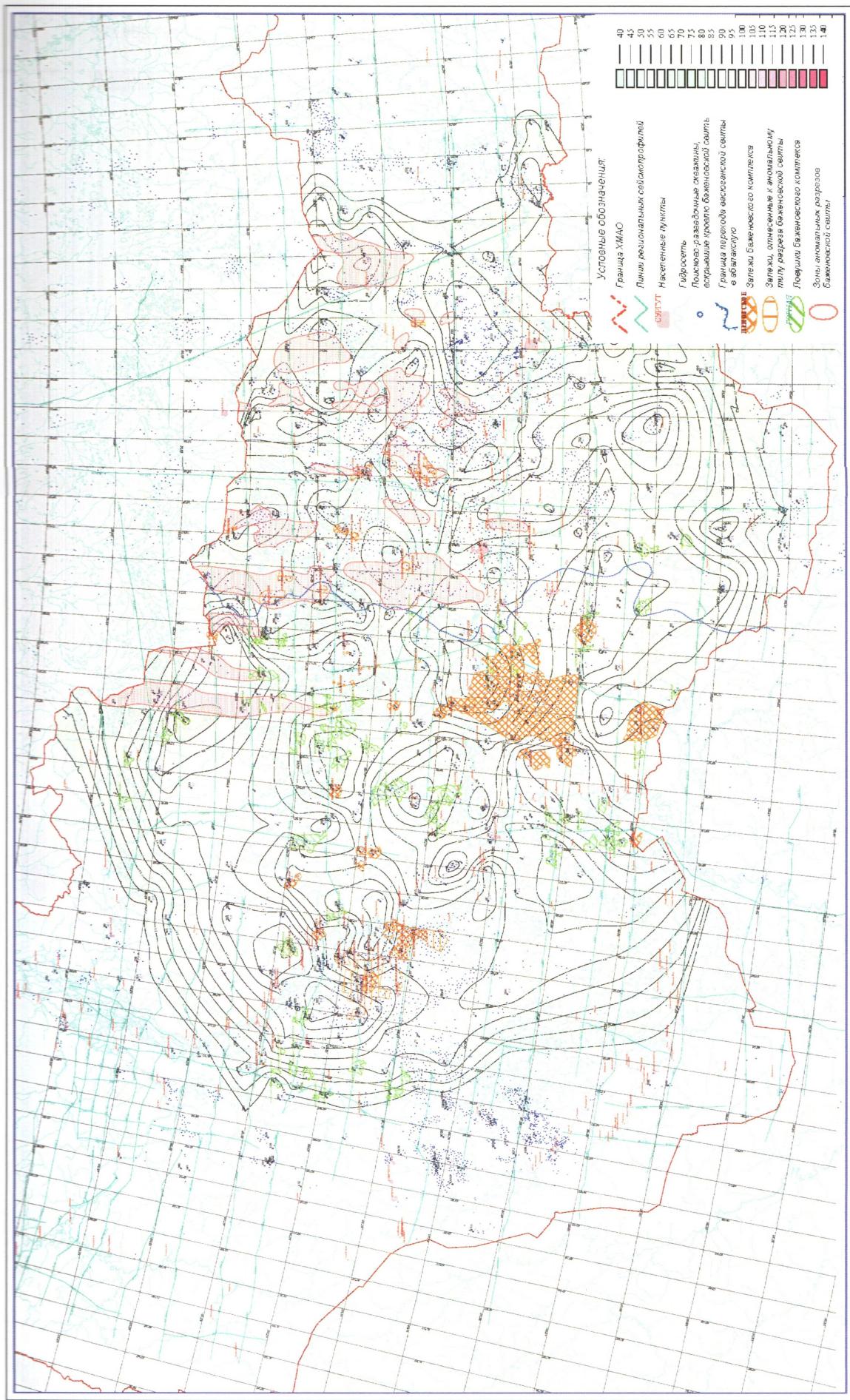


Рис. 14. Карта суммарных мощностей потенциально продуктивных пластов ($\Pi\pi\Pi$) в составе баженовской свиты в пределах Ханты-Мансийского автономного округа

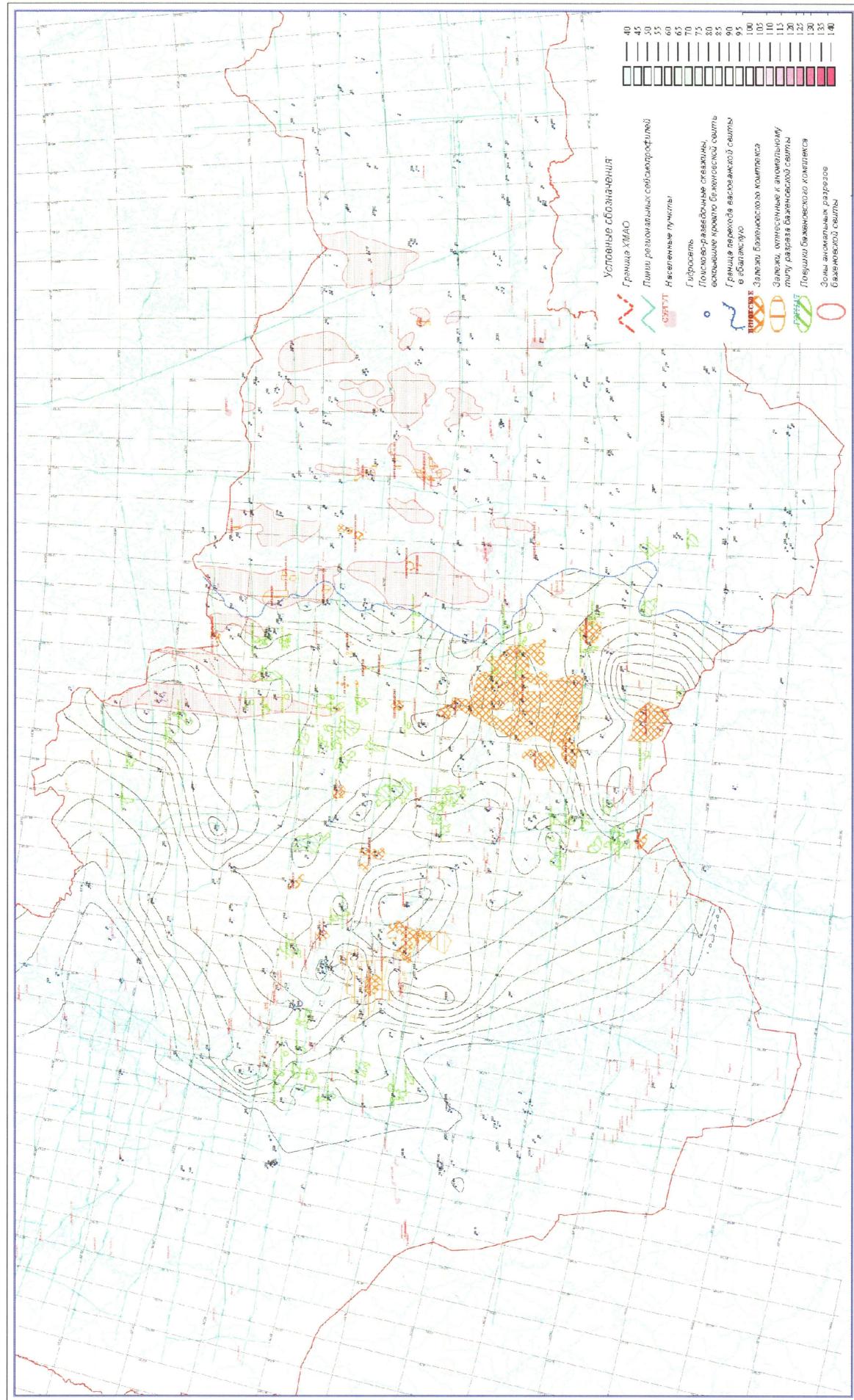


Рис. 15. Карта суммарных мощностей потенциально продуктивных пластов (ППП) в составе абалакской свиты в пределах Ханты-Мансийского автономного округа

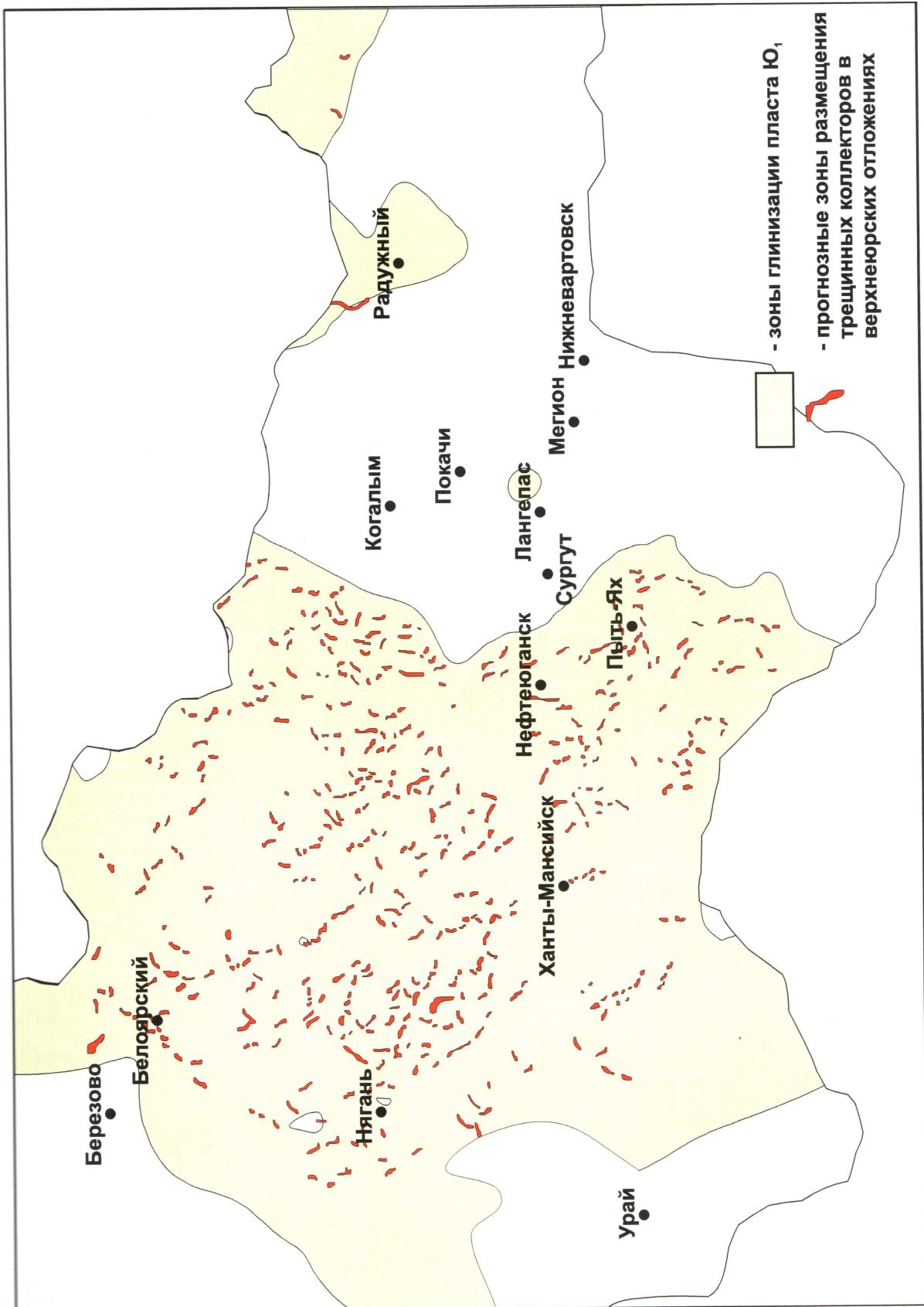


Рис. 16. Прогнозная карта-схема размещения трещинных коллекторов тектонно-гидротермального происхождения в отложениях баженовской и абалакской свит в пределах Ханты-Мансийского автономного округа

ским и фроловским глинам, отделяющим ее от неокомских песчаников и алевролитов.

Таким образом, анализ оценки перспектив нефтегазоносности баженовской и абалакской свит, выполненный на основе использования второго и отчасти третьего критериев, показал, что восточная половина рассматриваемой территории является бесперспективной для поисков в ней залежей углеводородов в этих свитах (Рис.13, 15).

На основании первых трех критериев осуществлено выделение наиболее перспективных площадей в пределах рассматриваемой территории, оценена средняя суммарная мощность ППП в составе как баженовской, так и абалакской свит, а также их стратиграфических аналогов. Остается лишь в соответствии с последним (четвертым) критерием выделить зоны дробления, в пределах которых возможно формирование углеводородных залежей в ППП, входящих в состав обеих свит.

Поскольку в пределах всей рассматриваемой территории ХМАО невозможно провести в соответствии с рассмотренной выше методикой (комплексирования результатов сейсморазведки и тектонофизического моделирования) прогноз развития зон вторичной трещиноватости, то следует применить упрощенный подход, а именно: использовать площади локальных поднятий, считая в соответствии с принятым выше допущением, что как раз над ними формируются зоны дробления (Рис.16). Поэтому в пределах всей перспективной территории по полученным данным о расположении локальных положительных структур выделяются наиболее перспективные участки или предполагаемые зоны тектонического дробления, с которыми могут быть связаны залежи углеводородов в баженовской и абалакской свитах (Рис.16).

ВЫВОДЫ

1. Коллекторами в отложениях баженовской и абалакской свит являются трещиноватые и тре-

щинно-кавернозные разновидности кремнистых и карбонатных пород.

2. Коллекторы, возникающие в кремнистых и карбонатных породах, имеют вторичное происхождение и образуются в результате тектонического дробления, сопровождающегося гидротермальной проработкой.

3. Породы кремнистого и карбонатного состава, в которых благодаря особенностям их физико-химических свойств (прочные, но хрупкие и сравнительно легко растворимые) возникают вторичные коллекторы трещинного и трещинно-кавернозного типа, получили наименование потенциально продуктивных пород, а сложенные ими пласти — потенциально продуктивных пластов (ППП).

4. С целью регионального прогноза нефтегазоносности отложений баженовской и абалакской свит предлагается использовать следующие критерии:

- современная пластовая температура в кровле баженовской свиты не менее 95-100°C;
- толщина подстилающего и перекрывающего свиты флюидоупора не менее 10 м;
- присутствие потенциально-продуктивных пластов (ППП) в составе свит;
- наличие зон тектонического дробления.

5. Локальный прогноз нефтегазоносности отложений баженовской и абалакской свит осуществляется в пределах выделенных ранее при региональном прогнозе перспективных участков путем комплексирования геолого-промышленных и геофизических данных, включающих каротаж для выделения ППП, а также материалы сейсморазведочных работ, на основе которых выполняется тектонофизическое моделирование, позволяющее спрогнозировать расположение зон тектонического дробления и выбрать места для разведочных и/или эксплуатационных скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белкин В.И., Ефремов Е.П., Каптелинин Н.Д. Модель коллекторов нефти баженовской свиты Салымского месторождения // Нефтяное хозяйство. 1983. № 10. С. 27-31.
2. Гуары Ф.Г., Казаринов В.П., Миронов Ю.К. и др. Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности — новая нефтяная база СССР. Новосибирск: Изд. СО АН СССР, 1963. 200 с.
3. Конторович А.Э., Полякова И.П., Стасова О.Ф. Геохимия мезойских отложений нефтегазоносных отложений Сибири // Труды СНИИГиМС. Новосибирск, 1971. Вып. 118. 83 с.
4. Гуары Ф.Г., Гуары И.Ф. Формирование залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты Западной Сибири // Геология нефти и газа. 1974. № 5. С. 36-40.
5. Гуары Ф.Г. Об условиях накопления и нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири // Труды СНИИГиМС. Новосибирск, 1979. Вып. 271. С. 153-160.
6. Гуары Ф.Г. Региональный прогноз промышленных скоплений углеводородов в доманикатах // Геология нефти и газа. 1984. № 2. С. 1-5.
7. Гуары Ф.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности Обь-Иртышского междуречья // Труды СНИИГиМС. М., 1959. Вып. 3. 172 с.
8. Гуары Ф.Г., Запивалов Н.П., Нестеров И.И. Характеристика нефтегазосодержащих толщ // Геология СССР. М.: Недра, 1964. Т. XIV. Ч. II. С. 87-148.
9. Добрынин В.М., Мартынов В.Г. Коллектор нефти в нефтерматинских глинистых толщах // Геология нефти и газа. 1979. № 7. С. 36-43.
10. Дорофеева Т.В., Лебедев Б.А., Петрова Т.В. Особенности формирования коллекторских свойств баженовской свиты Салымского месторождения // Геология нефти и газа. 1979. № 9. С. 20-23.
11. Елисеев В.Г., Нестеров И.И. Перспективы нефтеносности глинистых отложений баженовской свиты // Труды ЗапСибНИГИ. Тюмень, 1978. Вып. 130. С. 155-157.
12. Ефремов Е.П., Зубков М.Ю., Боркун Ф.Я. и др. Методика оценки перспектив нефтегазоносности баженовских отложений Западной Сибири. Энергия и механизм первичной миграции углеводородов. М.: Наука, 1988. С. 152-161.
13. Зарипов О.Г., Ушатинский И.Н. Особенности формирования, строения и состава битуминозных отложений баженовской свиты в связи с их нефтеносностью // Труды ЗапСибНИГИ. Тюмень, 1976. Вып. 113. С. 53-71.
14. Зарипов О.Г., Сонич В.П., Зубков М.Ю. Региональная перспективность отложений баженовской свиты Западной Сибири // Исследования в области геологии и разработки нефтяных месторождений Западной Сибири. Тюмень, 1982. С. 132-144. (Тр. / СибНИИНП).
15. Зубков М.Ю., Зубарева Н.М., Сайфуллина А.Х. Органическое вещество баженовской свиты // Геология нефти и газа. 1988. № 5. С. 19-25.
16. Зубков М.Ю. Критерии оценки региональных перспектив нефтеносности баженовской свиты // Нефтяное хозяйство. 1989. № 5. С. 26-30.
17. Зубков М.Ю., Скрылев С.А., Бондаренко П.М. и др. Методы оценки перспектив нефтегазоносности баженовской и абалакской свит Западной Сибири // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Ханты-Мансийск, 1999. С. 206-222.
18. Зубков М.Ю., Бондаренко П.М., Трухан Я.А. и др. Прогноз углеводородных залежей в трещинных коллекторах баженовской и абалакской свит Восточно-Пальянской площади на основе результатов сейсморазведки и тектонофизического моделирования // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Ханты-Мансийск, 2000. С. 174-187.
19. Зубков М.Ю. Литолого-петрофизическая характеристика отложений баженовской и абалакской свит центральной части Красноленинского свода (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 1999. Т.40. № 12. С. 1821-1836.
20. Зубков М.Ю. Анализ распределения K, U, Th и В в верхнеюрских отложениях центральной части Красноленинского свода (Западная Сибирь) с целью их стратификации, корреляции и выделения в них потенциально продуктивных пластов // Геохимия. 2001. № 1. С. 51-70.
21. Зубков М.Ю., Прямоносова И.А. Нефте- и газогенерационный потенциалы баженовской свиты // Геохимия. 1988. № 3. С. 386-392.
22. Зубков М.Ю., Пормейстер Я.А., Бондаренко П.М. Прогноз трещинных коллекторов в отложениях баженовской и абалакской свит на основе результатов тектонофизического моделирования // Пятая научно-практическая конференция «Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО». Ханты-Мансийск, 2002. Т. 1. С. 244-253.
23. Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири / Под ред. Т.В. Дорофеевой. Л.: Недра, 1983. 132 с.
24. Краснов С.Г., Беликова А.Г., Галишев И.Р. Условия формирования автохтонных нефтяных залежей баженовской свиты Западной Сибири // Геология и геофизика. 1981. № 10. С. 3-10.
25. Краснов С.Г., Дорофеева Т.В., Лебедев Б.А. Геологические условия нефтеносности и природа емкости коллекторов баженовской свиты Западной Сибири // Условия нефтегазоносности и особенности формирования месторождений нефти и газа на Западно-Сибирской плате. Л.: Недра, 1980. С. 115-127.
26. Мелик-Пашаев В.С., Степанов А.И., Терещенко Ю.А. О природе аномально-высоких пластовых давлений в юрских отложениях Салымского месторождения // Геология нефти и газа. 1979. № 7. С. 25-28.
27. Микуленко К.И. Перспективы нефтегазоносности отложений баженовской свиты центральных и южных районов Западно-Сибирской плиты // Труды СНИИГиМС. Вып. 194. Новосибирск, 1974. С. 37-41.
28. Неручев С.Г., Рогозина Е.А., Зеличенко И.А. и др. Геохимические особенности процессов нефте- и газообразования в отложениях баженовской свиты Западно-Сибирской низменности // Известия АН СССР. Сер. геол. 1980. № 2. С. 5-16.
29. Нестеров И.И. Новый тип коллектора нефти и газа. Геология нефти и газа. 1979. № 10. С. 26-29.
30. Нестеров И.И. Нефтеносность битуминозных глин баженовской свиты Западной Сибири // Советская геология. 1980. № 11. С. 3-10.
31. Конторович А.Э., Бабина Н.К., Богородская Л.П. и др. Нефтепроизводящие толщи и условия образования нефти в мезойских отложениях Западно-Сибирской низменности // Труды СНИИГиМС. Новосибирск, 1967. Вып. 50. С. 223.
32. Новиков Г.Р., Салманов Ф.К., Тян А.В. Перспективы открытия крупных залежей нефти в трещиноватых аргиллитах баженовской свиты // Нефть и газ Тюмень. Тюмень, 1979. Вып. 1. С. 1-3.
33. Панченко Л.Т., Береснев Н.Ф. О некоторых особенностях геологического строения баженовской свиты Салымского нефтеносного района // Проблемы нефти и газа Тюмень. Тюмень, 1973. Вып. 16. С. 1-4.
34. Свериков Г.П. Нефтегазоносность западной части Западно-Сибирской низменности // Геология и нефтегазоносность запада Западно-Сибирской низменности. 1959. С. 312-354. (Тр. / ВНИГРИ. Вып. 114.)
35. Свищев М.Ф., Садыков М.М., Каптелинин Н.Д. и др. Гидродинамические особенности продуктивных пластов баженовской свиты Салымского нефтяного месторождения // Труды Гипротюменнефтегаза. Тюмень, 1973. Вып. 35. С. 239-252.
36. Скоробогатов В.А., Краснов С.Г. Некоторые критерии перспектив нефтегазоносности баженовской свиты Западной Сибири // Геология нефти и газа. 1984. № 3. С. 15-19.
37. Скрылев С.А., Зубков М.Ю., Гузев В.В. Выделение высокопродуктивных зон на основе математического и тектонофизического моделирования с целью более эффективного вовлечения в разработку залежей нефти в абалакской свите // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Ханты-Мансийск, 2000. С. 445-453.
38. Таруц Г.М., Гайдебурова Е.А. Строение нефтеносных отложений баженовской свиты Западно-Сибирской плиты в связи с особенностями тектоники верхнеюрского бассейна осадконакопления // Цикличность осадконакопления нефтегазоносных бассейнов и закономерности размещения залежей. Новосибирск, 1978. С. 80-99.
39. Терещенко Ю.А. Резкая аномалия пластовых давлений на Салымском месторождении в Западной Сибири и ее возможная природа // МОИП. Отд. геол. 1972. Вып. 47. № 5. С. 219-222.
40. Ушатинский И.Н. Литология и перспективы нефтеносности юрско-неокомских битуминозных отложений Западной Сибири // Советская геология. 1981. № 2. С. 11-22.
41. Халимов Э.М., Мелик-Пашаев В.С. О поисках промышленных скоплений нефти в баженовской свите // Геология нефти и газа. 1980. № 6. С. 1-10.
42. Ясович Г.С., Поплавская М.Д. К стратиграфии битуминозных отложений верхней юры и неокома Западно-Сибирской равнины // Труды ЗапСибНИГИ. Тюмень, 1975. Вып. 102. С. 28-57.