

ПРАВИТЕЛЬСТВО ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА
КОМИТЕТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ПО ХМАО
КОМИТЕТ ПО НЕФТИ, ГАЗУ И МИНЕРАЛЬНЫМ РЕСУРСАМ ХМАО
ГУП ХМАО НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ ИМ. В.И. ШПИЛЬМАНА

ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ХМАО

*Пятая
научно-практическая конференция*

Том 1

Под редакцией
КАРАСЕВА В.И.,
АХПАТЕЛОВА Э.А.— кандидата технических наук,
ВОЛКОВА В.А.— кандидата геолого-минералогических наук

Ханты-Мансийск
Издательство «Путиведъ»
2002

ПРОГНОЗ ТРЕЩИННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ БАЖЕНОВСКОЙ И АБАЛАКСКОЙ СВИТ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

М.Ю. ЗУБКОВ, Я.А. ПОРМЕЙСТЕР
(ООО «Сибгеоцентр»),
П.М. БОНДАРЕНКО (ОИГГиМ СО РАН)

Прогноз углеводородных залежей в отложениях баженовской и абалакской свит должен основываться на адекватной геологической модели, описывающей механизм формирования коллекторов в этих отложениях. Существуют два основных представления о механизме формирования коллекторов в описываемых отложениях.

Первая точка зрения, объясняющая механизм формирования коллекторов в отложениях баженовской свиты, была высказана Ф.Г. Гуари в конце 70-х годов прошлого века [2]. По его мнению, по мере погружения отложений баженовской свиты и попадания в ГФН в ней начинается процесс нефтегенерации (образование жидких и газообразных углеводородов), вследствие чего объем системы увеличивается и происходит флюидоразрыв породы, ведущий к формированию листоватого вторичного коллектора. Этот механизм был впоследствии развит и дополнен другими исследователями: И.И. Нестеровым, О.Г. Зариповым, И.Н. Ушатинским, К.С. Юсуповым, В.П. Соничем и др. [1, 3, 4, 9, 12, 18, 19]. По мнению этих ученых, существование АВПД в отложениях баженовской свиты подтверждает предложенный ими механизм формирования коллектора в ней.

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

Действительно, баженовская свита имеет региональное распространение (за исключением небольших зон и участков, где она отсутствует или перемежается с отложениями ачимовских клиноформных отложений, называемых аномальными разрезами). Кроме того, она практически повсеместно (за исключением прибортовых участков) находится в ГФН, поэтому, исходя из предложенной модели, она должна быть повсеместно нефтеносной, чего в действительности не наблюдается. Более того, продуктивности скважин, вскрывших битуминозные отложения баженовской свиты даже в пределах одного месторождения или площади, резко отличаются друг от друга, причем расстояние между этими скважинами может составлять лишь первые сотни метров.

Анализ коллекторских свойств образцов керна, отобранного из отложений баженовской свиты в продуктивных скважинах, показал, что их открытая пористость не превышает 10–12%, а проницаемость в редких случаях достигает 1 мД. Полученные результаты петрофизических исследований явно не соответствуют промысловым данным, так как по испытаниям этого объекта из него получены притоки нефти, достигающие первых сотен тонн в сутки [1, 3, 6, 12, 16].

Таким образом, первая точка зрения на механизм формирования коллектора в отложениях баженовской свиты не объясняет всех накопленных к настоящему времени геолого-промышленных фактов относительно фильтрационно-емкостных и продуктивных свойств рассматриваемых отложений. Поэтому вряд ли ее можно признать корректной.

Вторая точка зрения относительно механизма формирования коллектора в отложениях баженовской свиты была предложена приблизительно в это же время В.С. Мелик-Пашаевым, Э.М. Халимовым, Ю.А. Терещенко, К.И. Микуленко и другими исследователями [10, 11, 20]. В соответствии с представлениями этих ученых лучше всего накопленные в процессе эксплуатации углеводородных залежей в баженовской свите геолого-промышленные данные описываются исходя из модели трещиноватого коллектора. Ими высказывались различные предположения относительно причин возникновения трещин в рассматриваемых отложениях, главной из которых, по мнению большинства, являются тектонические движения. Однако авторы, отстаивающие эту модель механизма формирования коллектора в баженовской свите, не приводят в своих работах четких и однозначных критериев для выделения их в пределах тех или иных площадей и месторождений. Эти работы имели в основном декларативный характер.

По мере дальнейшего накопления геолого-промышленной информации при проведении поисково-разведочных работ, а затем и эксплуатации этого необычного объекта были установлены следующие важные для дальнейшего уточнения механизма формирования коллекторов в битуминозных отложениях факты:

1. В продуктивных скважинах нефтеотдающей является не вся толща баженовской свиты, а определенные интервалы, достаточно надежно и однозначно выделяемые по комплексу геофизических методов исследований скважин (ГИС), которые чаще всего имеют небольшую мощность (обычно не более 1 м, редко 2–3 м).
2. Часто высокодебитные притоки были получены из подошвенной части баженовской или верхней части абалакской свиты; этот интервал некоторыми исследователями называется переходным между упомянутыми свитами.
3. Притоки нефти также фиксируются и в интервале залегания абалакской свиты.
4. Прямые признаки нефтенасыщенности (включая люминесценцию в УФ свете) установлены в кремнистых, карбонатных и кремнисто-карбонатных литологических типах пород, входящих в состав баженовской и абалакской свит.
5. В кремнистых литотипах отмечаются субвертикальные тонкие трещины с очень небольшой раскрытистью, составляющей чаще всего десятые доли миллиметра (рис. 1а, б).
6. В карбонатных литотипах наблюдаются как трещины, так и каверны, причем раскрытие первых достигает нескольких миллиметров, а вторых — 1–2 см (рис. 1 в, г).
7. Коллекторскими свойствами охарактеризована лишь матрица, так как породы-коллекторы, входящие в состав обеих свит, разрушаются по присутствующим в них трещинам и кавернам, а на поверхность выносятся чаще всего в виде шлама; сохранившиеся образцы керна пород-коллекторов в процессе изготовления из них цилиндров также разрушаются.

Проведенные авторами дополнительные исследования вещественного состава и коллекторских свойств различных типов пород, входящих в состав баженовской и абалакской свит, а также геолого-промышленные и геофизические данные позволили установить, что продуктивными в пределах ХМАО являются

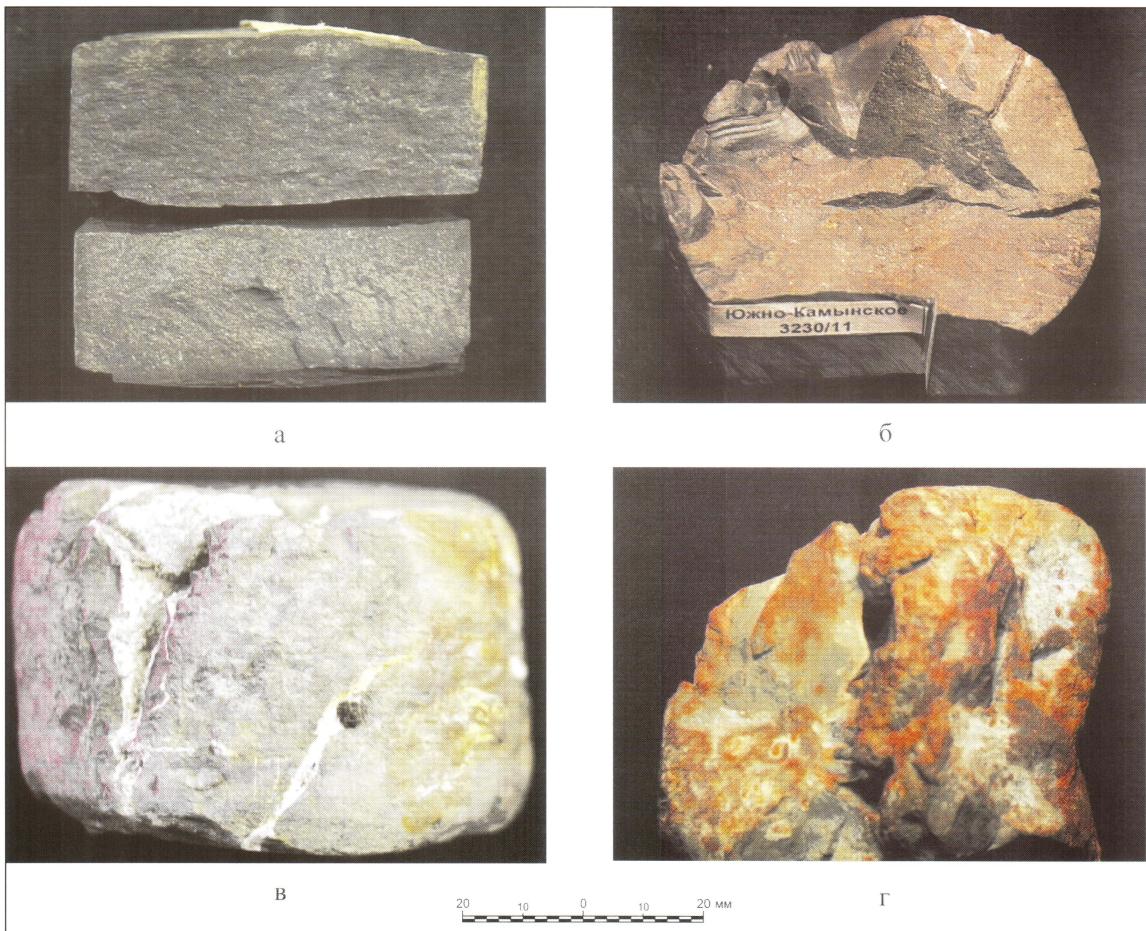


Рис. 1. Силикиты из баженовской свиты с субвертикальными трещинами, поверхность которых покрыта метаморфизованными битумоидами (а, б), трещинно-кавернозные карбонатные образцы, отобранные из абалакской свиты, представленные известняком (в) и анкеритом (г), отобранные на Салымском (а), Южно-Камынском (б) месторождениях, а также на Ем-Еговской площади (в, г)

отложения не только баженовской, но и абалакской свит (о чем упоминалось выше), которым присвоены индексы Ю_0 и Ю_1 , соответственно. Так как образование коллекторов в них имеет общую причину и схожий механизм, то при прогнозе места расположения углеводородных залежей в этих объектах их нужно рассматривать вместе.

Коллекторы, присутствующие в отложениях обеих свит, имеют вторичное происхождение, обусловленное тектоническими движениями, сопровождавшимися гидротермальной проработкой. В результате протекания этих процессов сформировались трещинные (в кремнистых литотипах) и трещинно-кавернозные (в карбонатных породах) типы коллекторов [6, 7, 13, 16].

Возникновение вторичных коллекторов, даже при условии протекания отмеченных выше процессов тектоногидротермального типа, возможно лишь в том случае, если в разрезе баженовской и абалакской свит присутствуют так называемые потенциально-продуктивные пласти (ППП), представленные упоминавшимися кремнистыми и карбонатными литотипами, которые способны превращаться во вторичные коллекторы. Напротив, если в разрезе свит в пределах рассматриваемой площади встречаются лишь глинистые литотипы, то вторичные коллекторы не образуются, даже если они были подвержены тектоническим деформациям [6, 7].

Выделение ППП в разрезах скважин, вскрывших отложения баженовской и абалакской свит, производится с помощью комплекса ГИС, включающего стандартный комплекс, БК и радиоактивные методы (рис. 2).

С помощью специальных методик оценивается также общая пористость ППП [13–15]. Судя по данным, полученным на основе интерпретации ГИС, общая пористость ППП может достигать 15–20%, причем отмечается закономерное увеличение значений общей пористости по направлению сверху вниз (рис. 2).

Исходя из предложенного (тектоногидротермального) механизма формирования вторичных коллекторов в отложениях баженовской и абалакской свит, прогноз зон распространения углеводородных залежей в них сводится к решению двух задач: во-первых, к выделению в разрезах свит по данным ГИС ППП, определению их толщины и построению карт или схем их площадного распространения и суммарной мощности (рис. 3а); во-вторых, к определению на площади прогнозных участков зон тектонического дробления (вторичной трещиноватости) с помощью оригинальной методики, основанной на комплексировании данных сейморазведки и тектонофизического моделирования [6, 7].

Возникновение углеводородных залежей в рассматриваемых отложениях возможно при условии их надежной гидродинамической изоляции сверху и снизу. Анализ изменения мощности флюидоупора, перекрывающего баженовскую и абалакскую свиту сверху, показал, что на большей территории Ханты-Мансийского автономного округа он имеет значительную толщину, часто превышающую 60–100 м. Исключения составляют зоны развития аномальных разрезов баженовской свиты, где ачимовские клиноформные отложения проникают в осадки баженовской свиты и еще более редкие и небольшие по площади участки, в пределах которых подачимовские глины размыты и песчано-алевритовые отложения ачимовской свиты непосредственно залегают на отложениях баженовской свиты [4–6].

Качество гидродинамической изоляции баженовской свиты снизу гораздо хуже, так как под ней почти на всей восточной половине рассматриваемой территории ХМАО широко распространен песчаный пласт Ю₁, а в юго-западной части в пределах Шаймского нефтегазоносного района — пласт П, являющийся литостратиграфическим аналогом пласта Ю₁ (рис. 3б). Очевидно, что в пределах

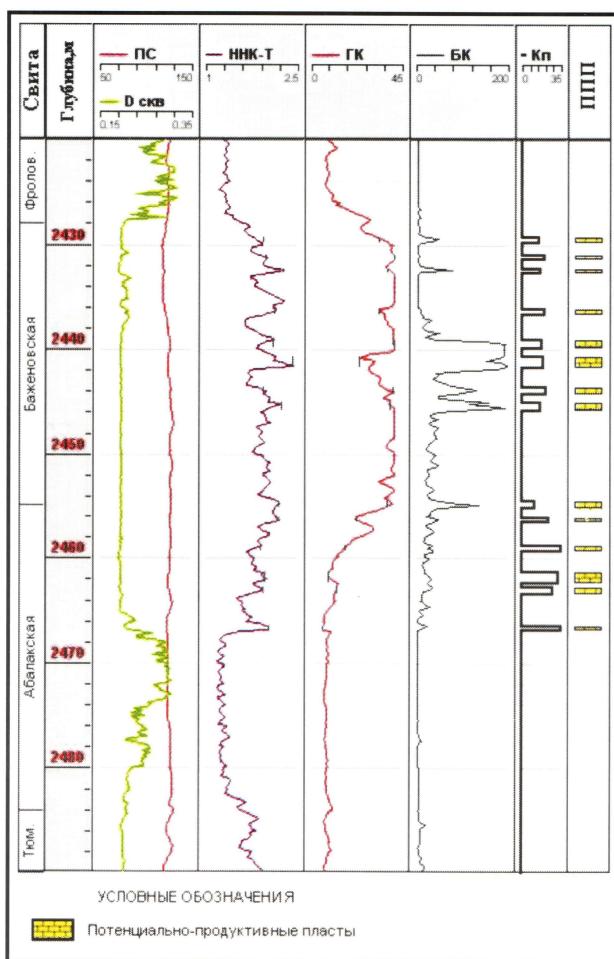


Рис. 2. Пример выделения потенциально-продуктивных пластов и оценки величины их общей пористости по данным ГИС (Пальяновская площадь, скв. 424)

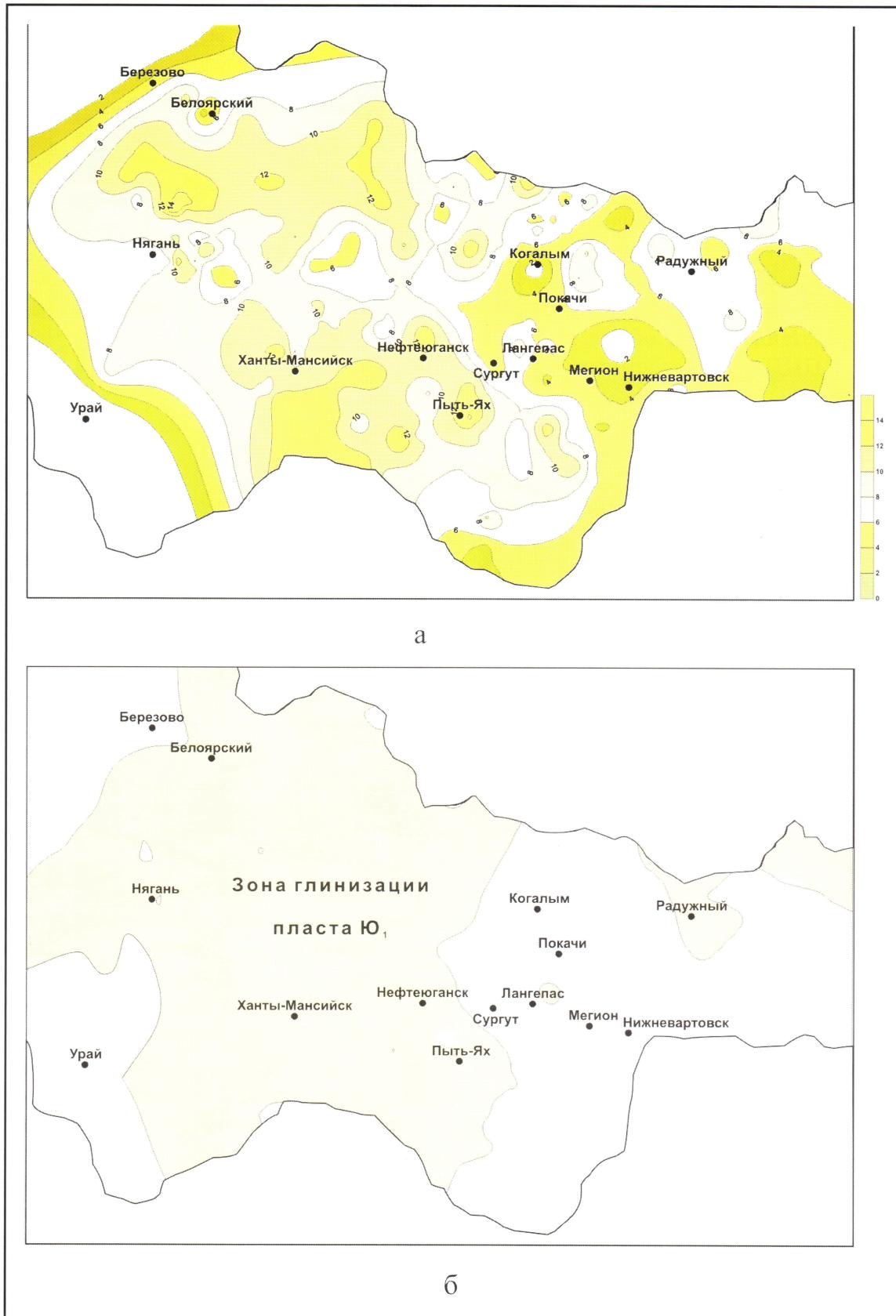


Рис. 3. Карта изопахит потенциально-продуктивных пластов (ППП) (а), карта распространения пласта Y_1 и его стратиграфических аналогов (б) в пределах Ханты-Мансийского автономного округа

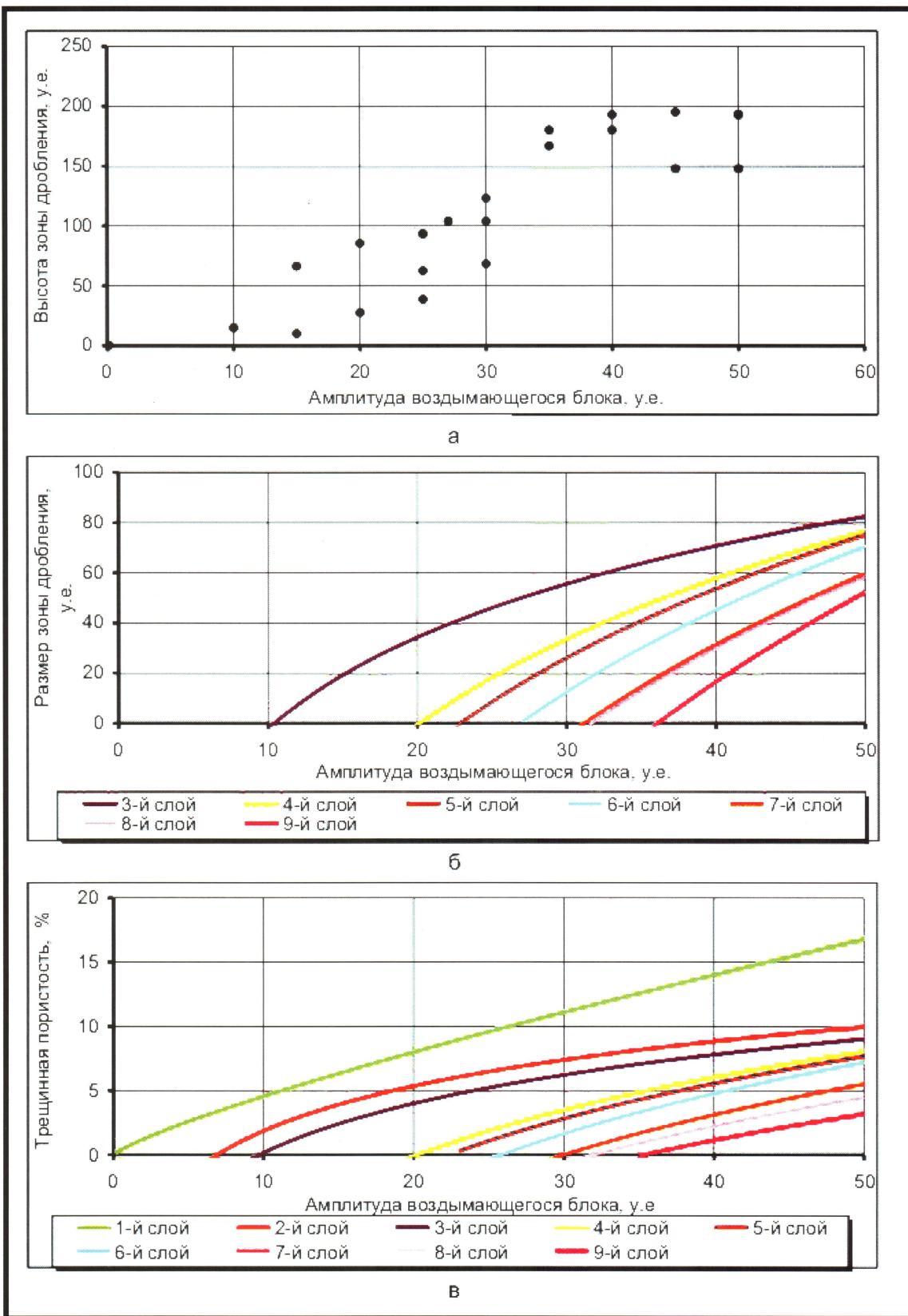
развития пластов Ю₁ и П генерируемая баженовской свитой и ее литолого-стратиграфическими аналогами нефть беспрепятственно эмигрирует. В них и в свитах: баженовской, абалакской или на востоке георгиевской и частично вассюганской залежей не возникнет [4–6]. По этому критерию перспективной для поисков в отложениях баженовской и абалакской свит является западная половина ХМАО за исключением крайних частей — северо-западной и юго-западной (см. рис. 3б).

Следует обратить внимание на тот факт, что зоны развития аномальных разрезов и размыва подачимовских глин также расположены в восточной половине рассматриваемой территории, поэтому не вносят изменений в границы выделенной зоны надежной гидродинамической изоляции отложений баженовской и абалакской свит.

Для того, чтобы осуществить прогноз зон дробления в пределах выделенной на рис. 3б территории, необходимо на основе результатов тектонофизического моделирования найти зависимости между амплитудой воздымающихся блоков, с одной стороны, и высотой зоны дробления, ее размерами в плане и трещинной пористостью,— с другой (рис. 4). Амплитуду блока легко определить по данным сейсморазведки, используя сейсмовременные разрезы и структурные карты по отражающему горизонту А, а также с некоторыми допущениями — по горизонту Б.

Анализ полученной на основе тектонофизического моделирования зависимости между амплитудой блоков и высотой возникающих над ними зон дробления показал, что она имеет довольно сложный вид. Зона дробления, формирующаяся вследствие роста малоамплитудных поднятий, имеет небольшую высоту. То есть, она распространяется на небольшое расстояние от купола растущего поднятия (см. рис. 4а). Над среднеамплитудными поднятиями зона тектоногенной вторичной трещиноватости поднимается заметно выше в осадки и, наконец, над высокоамплитудными поднятиями зависимость вновь становится более пологой (см. рис. 4а). Выполаживание обсуждаемой зависимости в области высокоамплитудных поднятий, вероятно, связано с тем, что крупные блоки в отличие от поднятий средней величины имеют более пологие очертания, а следовательно, над ними возникает не такая сильная концентрация напряжений. Поэтому высота зоны дробления, формирование которой обусловлено этими напряжениями, имеет не столь большую величину, как для среднеамплитудных блоков.

Размеры зон дробления, возникающих над растущими блоками, также связаны с величиной амплитуды этих блоков, причем в зависимости от расстояния, на котором находится ППП от вершины блока, величина зоны дробления также изменяется. Так, в слоях, расположенных в непосредственной близости от вершины блока (например, слой 3), отмечаются наиболее значительные по размерам в плане зоны дробления, возникшие в них (рис. 4б). При одной и той же амплитуде блока слои (моделирующие ППП), расположенные выше, например, в средней части разреза (слои 4–6) имеют почти в два раза меньшие размеры зон дробления. Наконец, минимальные по размерам зоны дробления возникают в самых верхних слоях (слои 7–9). Следует обратить внимание на тот факт, что для каждого слоя существует некоторая критическая величина амплитуды поднятия, начиная с которой в том или ином слое фиксируется появление зоны дробления. Например, для третьего слоя критической является амплитуда блока, равная 10 и более, для четвертого — 20, для пятого — 23 и так далее (см. рис. 4б). Иначе, рост блоков, имеющих амплитуду меньше критической для рассматриваемого слоя, не вызовет формирования зон дробления в нем.



Величина трещинной пористости в ППП также зависит от амплитуды роста блока. По данным тектонофизического моделирования, наиболее высокая вторичная трещинная емкость возникает в самых нижних слоях и может достигать 10–17%, а при более значительной амплитуде блока, вероятно, и более высоких значений трещинной пористости (рис. 4в). Напротив, минимальная по величине вторичная трещинная пористость возникает в самых верхних слоях моделирующих ППП на значительном удалении от вершины воздымавшегося блока. Величина этой трещинной пористости даже над высокоамплитудными блоками в верхних слоях не превышает 4–5% (см. рис. 4в).

Так же, как и зоны дробления, трещинная вторичная пористость начинает формироваться в каждом из вышележащих слоев, моделирующих ППП, лишь при достижении блоком определенной (критической) для каждого слоя амплитуды (см. рис. 4в). В противном случае, если блок имеет недостаточно большую амплитуду, вторичная (тектоногенная) трещинная пористость не возникает.

Нами обращалось внимание на закономерное увеличение величины общей пористости ППП, определенной в них по данным ГИС на основе специально разработанных методик [13–15] по направлению к фундаменту (см. рис. 2). Этот феномен объясняется описанной ранее зависимостью вторичной трещинной пористости от положения слоев, моделирующих ППП в разрезе, а именно, заметным уменьшением ее величины по направлению вверх от вершины росшего блока (см. рис. 4 в).

Завершая рассмотрение полученных на основе тектонофизического моделирования зависимостей, подчеркнем, что они являются обобщающими и приближенными. Они лишь помогают разобраться в основных закономерностях формирования зон дробления в зависимости от амплитуды и размеров блоков, воздымавшихся из фундамента, а потому их нельзя напрямую использовать для количественного прогноза величины вторичной трещинной емкости в ППП. Однако с помощью этих зависимостей можно на качественном уровне на основе результатов сейсморазведки выделить прогнозные участки развития вторичных трещинных коллекторов в отложениях баженовской и абалакской свит. Так как детально обработать весь имеющийся сейсмический материал по ХМАО в рамках настоящей работы не представляется возможным, то для построения прогнозной карты-схемы распространения углеводородных залежей в трещинных коллекторах баженовской и абалакской свит можно использовать карту морфологии верхнеюрских отложений (по горизонту Б), построенную А.Г. Кузнецовым и В.И. Пятковым [8]. На ее основе выделены положительные структурные формы (поднятия) в фундаменте, «просвечивающие» через осадочный чехол, над которыми должны концентрироваться напряжения в осадочном чехле, включая отложения баженовской и абалакской свит, и формироваться вторичные трещинные коллекторы (рис. 5).

Полученные данные свидетельствуют о том, что углеводородные залежи в баженовской и абалакской свитах имеют очень маленькие размеры и в большинстве случаев продолговатую форму. Основная их часть сконцентрирована в пределах выделенной западной половины ХМАО на территории Юганского, Сургутского и Красноленинского районов. Выделяется также довольно перспективная зона с мелкими многочисленными прогнозируемыми залежами в рассматриваемых отложениях на севере и северо-западе рассматриваемой территории ХМАО (см. рис. 5). В северо-восточной части (Варьеганский район) и еще восточнее прогнозируется всего три небольших участка, в пределах которых возможно существование углеводородных залежей в баженовской и абалакской свитах (или их литолого-стратиграфических аналогах).

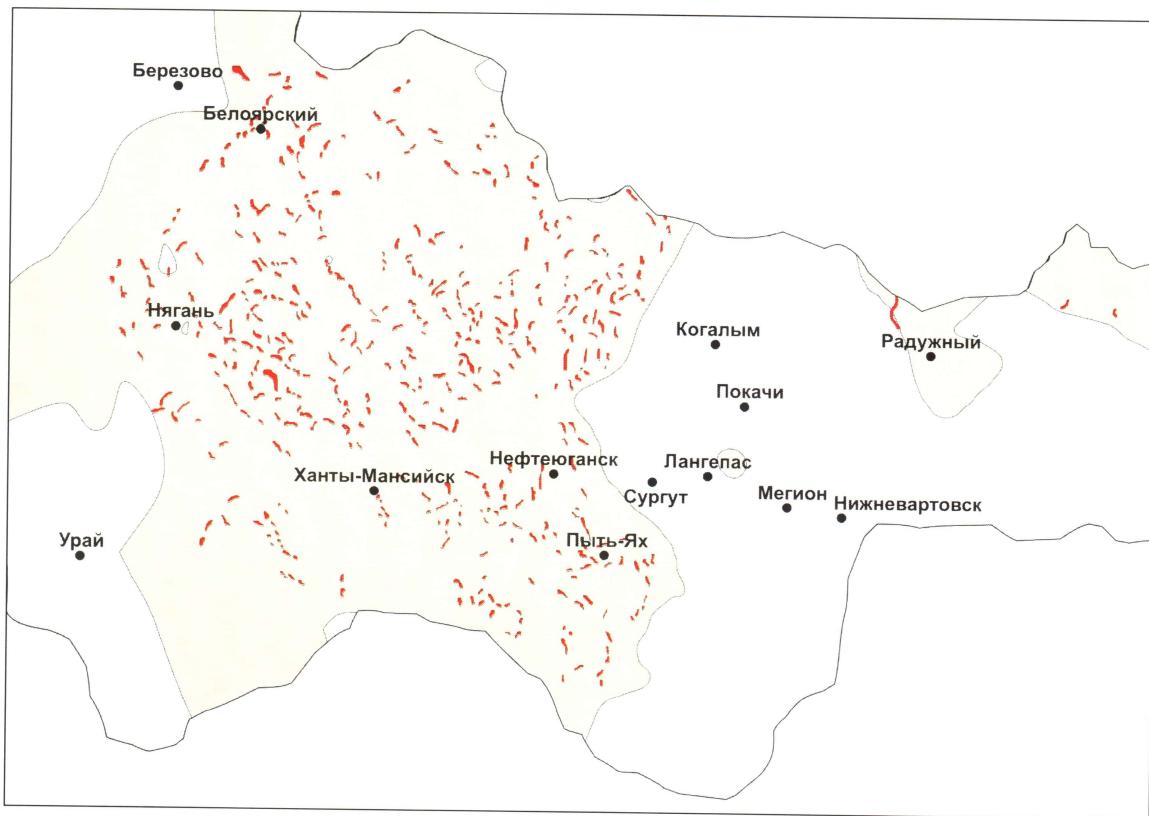


Рис. 5. Прогнозная карта-схема размещения вторичных трещинных коллекторов тектоногидротермального происхождения и связанных с ними углеводородных залежей в баженовской и абалакской свитах в пределах Ханты-Мансийского автономного округа

Выводы

1. В отложениях баженовской и абалакской свит углеводородные залежи связаны с вторичными трещинными и трещинно-кавернозными коллекторами тектоногидротермального происхождения.
2. Вторичные трещинные коллекторы возникают в кремнистых и карбонатных литологических типах пород, суммарная мощность которых в пределах ХМАО варьирует от 2–4 м до 10–12 м, редко до 14 м, то есть по толщине сравнимых с обычными гранулярными коллекторами того же возраста (песчано-алевритовый пласт Ю₁ и/или П).
3. Отложения баженовской свиты имеют надежную верхнюю глинистую покрышку, препятствующую эмиграции генерируемой ею нефти вверх, и гораздо менее надежный нижний флюидоупор, что объясняется присутствием под нею регионально выдержанного пласта Ю₁, в который осуществляется практически беспрепятственная эмиграция нефти из нее.
4. По критерию гидродинамической изоляции, перспективной для поисков углеводородных залежей в баженовской и абалакской свитах является западная часть ХМАО, в границах которой выделяются многочисленные мелкие, как правило, имеющие продолговатую форму прогнозные участки развития вторичных трещинных коллекторов, содержащих в себе углеводородные залежи в интервале залегания баженовской и абалакской свит.
5. Так как прогнозируемые трещинные коллекторы, содержащие углеводородные залежи, должны иметь довольно высокую проницаемость и сравнительно

невысокие запасы, то их рекомендуется разрабатывать небольшим количеством скважин, дренирующих залежь, на упругом режиме. Исходя из отмеченных особенностей этих залежей, затраты, понесенные нефтяными компаниями, на бурение эксплуатационных скважин при условии удачного (рационального) их расположения, быстро окупятся и начнут приносить прибыль.

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. Гуарри Ф.Г., Гуарри И.Ф. Формирование залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты Западной Сибири. / Геология нефти и газа.— 1974.— № 5.— С. 36—40.
3. Гуарри Ф.Г. Региональный прогноз промышленных скоплений углеводородов в доманикатах. / Геология нефти и газа.— 1984.— № 2.— С. 1—5.
4. 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.
5. Зубков М.Ю. Критерии оценки региональных перспектив нефтеносности баженовской свиты. / Нефтяное хозяйство.— 1989.— № 5.— С. 26—30.
6. 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.
7. 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.
8. Кузнецов А.Г., Пятков В.И. Тектонические элементы поверхности доюрского основания Шаймского нефтегазоносного района. // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО.— Ханты-Мансийск.— 2001.— С. 154—161.
9. Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири. // Под ред. Т.В. Дорофеевой.— Л.: Недра.— 1983.— 132 с.
10. 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.
11. Микуленко К.И. Перспективы нефтегазоносности отложений баженовской свиты центральных и южных районов Западно-Сибирской плиты. / Тр. СНИИГГиМС.— Вып. 194.— Новосибирск.— 1974.— С. 37—41.
12. Нестеров И.И. Новый тип коллектора нефти и газа. / Геология нефти и газа.— 1979.— № 10.— С. 26—29.
13. Определение емкостных свойств и выделение нефтеотдающих интервалов в отложениях баженовской и абалакской свит Пальяновского и других месторождений Красноленинского района. // Зубков. М.Ю., Сослан М.И. -Эколого-инженерный центр.— Тюмень.— 1995.— 80 с.
14. Пояснительная записка к алгоритмам определения подсчетных параметров сложнопостроенных коллекторов абалакской свиты Красноленинского месторождения. // Отв. исп. Костерина В.А.— Институт геофизики.— М.— 2000.— 35 с.
15. Пояснительная записка к алгоритмам определения пористости пород баженовской свиты Красноленинского месторождения. // Отв. исп. Костерина В.А.— Институт геофизики.— М.— 2000.— 20 с.
16. Скрылев С.А., Зубков М.Ю., Гузеев 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.
17. Скрылев С.А., Чуйко А.И., Зубков М.Ю. Опыт и проблемы применения геофизических методов при изучении залежей нефти в абалакской свите Красноленинского месторождения. // Научно-технический вестник «Каротажник».— Тверь.: ГЕРС.— 1997.— Вып.41.— С. 49—58.
18. Скоробогатов В.А., Краснов С.Г. Некоторые критерии перспектив нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири. / Геология нефти и газа.— 1984.— № 3.— С. 15—19.
19. Ушатинский И.Н. Литология и перспективы нефтеносности юрско-неокомских битуминозных отложений Западной Сибири. / Советская геология.— 1981.— № 2.— С. 11—22.
20. Халимов Э.М., Мелик-Пашаев В.С. О поисках промышленных скоплений нефти в баженовской свите. / Геология нефти и газа.— 1980.— № 6.— С. 1—10.