

ПРАВИТЕЛЬСТВО ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ
ДЕПАРТАМЕНТ ПО НЕФТИ, ГАЗУ И МИНЕРАЛЬНЫМ РЕСУРСАМ ХМАО – ЮГРЫ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ
«НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ ИМ. В.И. ШПИЛЬМАНА».

ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕФТЕГАЗОВОГО И РУДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

*Одиннадцатая
научно-практическая конференция*

Том 2

Под редакцией

КАРАСЕВА В.И. – кандидата экономических наук,

ШПИЛЬМАНА А.В. – кандидата геолого-минералогических наук,

ВОЛКОВА В.А. – кандидата геолого-минералогических наук

Ханты-Мансийск
Издательский Дом «ИздатНаукаСервис»
2008

ПРОГНОЗ ПРОДУКТИВНЫХ ЗОН В ОТЛОЖЕНИЯХ БАЖЕНОВСКОЙ И АБАЛАКСКОЙ СВИТ СРЕДНЕАЗЫМСКОГО ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА

М.Ю. Зубков, М.В. Каган, Р.Д. Вокин,
П.П. Берегивский (ООО «ЗапСибГЦ»),
Ф.Н. Семиктутов, В.Б. Скоробогатов
(НГДУ «РИТЭК Ханты-Мансийскнефтегаз»)

Прошло более тридцати лет с момента открытия углеводородной залежи в отложениях баженовской свиты на Салымском месторождении, однако до настоящего времени так и не выработано единое общепринятое представление о механизме формирования и типе коллектора в отложениях баженовской свиты, без чего невозможно осуществить подсчет запасов и создать корректную систему разработки рассматриваемых отложений [1, 3–6, 9–15, 18–21, 24–30, 32].

По мере накопления геолого-промысловой информации в процессе доразведки и разработки Салымского месторождения выяснилось, что наряду с баженовской свитой высокопродуктивные притоки получают и из отложений абалакской свиты, причем чаще всего из ее кровельной части [1, 9–14, 19, 25–28]. Более того, залежи нефти, обнаруженные в верхнеюрских осадках в пределах Красноречинского свода, по мнению местных геологов, содержатся в отложениях не баженовской, а именно абалакской свиты [9–11, 12, 19, 22–25].

Таким образом, на основе анализа геолого-геофизических и промысловых данных было доказано, что продуктивными являются обе свиты [1, 9–11, 22, 25–28]. Однако относительно механизма формирования коллектора в отложениях баженовской и абалакской свит до сих пор нет единого мнения.

В целом все существующие в настоящее время представления о способе формирования коллектора в рассматриваемых отложениях можно свести к двум основным способам.

Первый способ формирования коллектора относится собственно к отложениям баженовской свиты, так как, по мнению авторов, предложивших его, коллектор образуется за счет флюидоразрыва, вызываемого процессами генерации углеводородов из содержащегося в баженовской свите органического вещества (керогена) [3–6, 18, 21, 29, 30].

Второй способ – тектонический, а коллектор, образующийся в верхнеюрских отложениях, вследствие тектонических причин относится к трещинному типу. Он также первоначально был предложен только для отложений баженовской свиты [19, 20, 32], а позднее механизм формирования тектоногенной трещиноватости был распространен и на отложения абалакской свиты [9–15].

Несмотря на известную оригинальность первого способа формирования коллектора, он не был подтвержден фактическим материалом. Действительно, исходя из него, отложения баженовской свиты на большей части площади их распространения должны быть практически повсеместно продуктивными, так как находятся в главной фазе нефтегенерации, по крайней мере, в западной половине Западно-Сибирского нефте-

газоносного бассейна, где отложения свиты надежно изолированы от подстилающих и перекрывающих их пород-коллекторов [3–6]. Однако в действительности этого не наблюдается. Известно, что продуктивность верхнеюрских отложений весьма неоднородна и скважины, расположенные на расстоянии всего 200–300 м друг от друга, могут кратно отличаться по дебитам, либо рядом с продуктивной скважиной может оказаться «сухая» [1, 3–6, 9, 11, 19–21, 29, 32].

Вторая (тектоническая) модель формирования коллекторов в верхнеюрских отложениях первоначально в большей степени носила декларативный характер. В ней не рассматривались особенности состава пород и условия, необходимые для формирования трещинного коллектора [19, 20, 32]. Лишь значительно позднее в наших работах было показано, что трещинные коллекторы не могут формироваться во всей толще верхнеюрских осадков, а возникают лишь в совершенно определенных литологических типах пород, обладающих специфическими механическими свойствами, а именно — они должны быть достаточно прочными, чтобы противостоять литостатическому давлению и в то же время хрупкими, способными дробиться при приложении к ним тектонических напряжений. К таким типам пород относятся кремнистые и карбонатные разновидности, названные нами потенциально продуктивными пластами (ППП) [9–15].

Забегая вперед, отметим, что ППП карбонатного состава более перспективны, чем кремнистые, по той простой причине, что в первых возможно формирование гораздо более емких тектоногенно-гидротермальных коллекторов трещинно-кавернозного типа, а во-вторых — лишь трещинного типа. Отмеченный феномен объясняется тем, что карбонатные породы гораздо легче, чем кремнистые, растворяются кислыми гидротермальными флюидами, участвующими вместе с тектоническими силами в формировании вторичных коллекторов [10, 12, 15]. Поэтому в карбонатных пластах наряду с трещинами образуются и каверны, с которыми связана основная емкость образующихся коллекторов.

Таким образом, прогноз расположения зон, перспективных в отношении нефтегазоносности рассматриваемых верхнеюрских отложений, сводится к решению двух основных задач:

- во-первых, выделению в их составе ППП, определению их толщины и площадной распространенности;
- во-вторых, прогнозу расположения зон тектонического дробления, с которыми связано образование вторичных трещинных и трещинно-кавернозных коллекторов в ППП.

Первая задача решается с помощью данных ГИС, на основе которых проводится выделение и корреляция ППП в пределах лицензионного участка.

Для решения второй задачи используется метод тектонофизического моделирования на основе результатов сейсморазведки, позволяющий имитировать процесс трещинообразования в слоистых толщах и изучать характер распределения напряжений в них вследствие тектонических движений [9, 11, 12, 15, 16].

Выделение потенциально продуктивных пластов (ППП) в составе верхнеюрских отложений

ППП, входящие в состав баженовской и абалакской свит, весьма просто и однозначно выделяются с помощью стандартного комплекса ГИС. В качестве примера рассмотрим разрез, вскрытый скважиной 3000, на котором по комплексу радиоактивных методов ГИС выделяются ППП, представленные, главным образом, карбонатными пластами небольшой мощности (рис. 1).

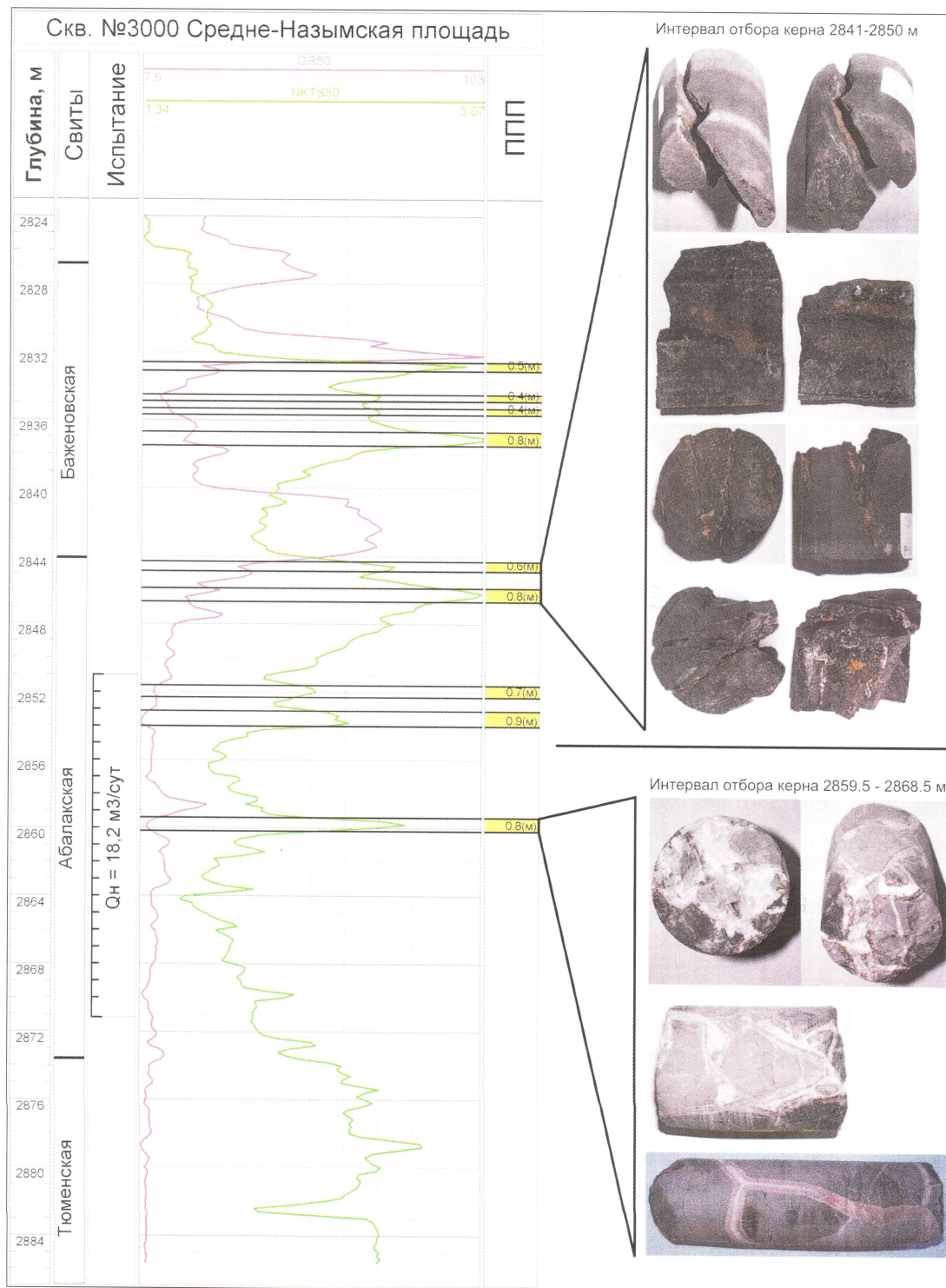


Рис. 1. Пример выделения потенциально продуктивных пластов на примере скважины № 3000 Средне-Назымского ЛУ

Таким же образом по данным ГИС в разрезах других скважин, пробуренных в пределах рассматриваемого лицензионного участка, в интервалах залегания баженовской и абалакской свит были выделены ППП (табл. 1). Причем для удобства корреляции отдельных ППП отложения баженовской и абалакской свит были условно разделены на три примерно одинаковые по мощности пачки ($Ю_0^1, Ю_0^2, Ю_0^3$ и $Ю_1^1, Ю_1^2, Ю_1^3$, соответственно).

Таблица 1

Количество и толщина потенциально продуктивных пластов (ППП), входящих в состав баженовской и абалакской свит и результаты их испытаний по данным бурения в пределах Средне-Назымской площади

№ шп	№ скв.	Баженовская свита						Абалакская свита						Суммарная толщина ППП в Ю ₀ и Ю ₁ , м	Дебит, м ³ /сут		
		Ю ₀ ¹		Ю ₀ ²		Ю ₀ ³		Ю ₁ ¹		Ю ₁ ²		Ю ₁ ³					
		Число ППП	Их суммарная толщина, м	Число ППП	Их суммарная толщина, м	Число ППП	Их суммарная толщина, м	Число ППП	Их суммарная толщина, м	Число ППП	Их суммарная толщина, м	Число ППП	Их суммарная толщина, м	Число ППП	Их суммарная толщина, м		
1	200	4	2	2	0,7	9	3,7	6	1,5	4	0,8	2	0,2		8,9	5,4	
2	201	2	0,9	3	3,7	3	3,4	3	1,9	1	0,5	0	0		12,2	0	
3	202	1	0,4	0	0	1	1	4	3,2	2	1,7	0	0		6,3	*	
4	203	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
5	207	2	1,3	2	2	5	1,6	4	2,4	1	1	0	0		8,3	*	
6	205	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
7	210	1	1	1	1,5	4	3,5	2	1,7	3	1,1	0	0		8,8	4,36	
8	214	5	3,7	4	3,4	3	2,3	1	0,5	1	0,8	0	0		10,7	0	
9	215	4	2,4	6	1,2	4	1,5	4	1,6	1	0,4	0	0		7,1	7,8	
10	216	2	0,9	6	2,4	4	1,9	2	1,6	0	0	0	0		6,8	4,9	
11	218	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
12	219	3	2,6	0	0	2	2,1	3	1,5	4	3,6	2	2,4		12,2	20,2	
13	220	3	1,2	5	2,9	4	2,9	1	1,1	0	0	0	0		8,1	9,2	
14	221	3	2,2	3	1,8	3	3,2	6	1,3	1	0,6	1	0,5		9,6	17,86	
15	222	1	1,5	2	2,5	3	4,3	1	1	2	2,5	0	0		11,8	0,5	
16	225	3	1,7	1	0,6	2	1,7	4	1,4	1	1	1	0,9		7,3	2,5	
17	227	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
18	228	1	0,5	3	1,7	3	1,8	4	3,5	0	0	0	0		7,5	*	
19	281	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
20	311	1	0,9	1	0,6	4	2,2	5	5,4	1	1,3	0	0		10,4	0,172	
21	401	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
22	5231	2	1,5	0	0	2	1,6	4	4,1	3	2,7	0	0		9,9	1,49	
23	21	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
24	3000	0	0	4	2,1	0	0	4	4,4	1	0,8	0	0		7,3	18,2	

Примечание * – нет данных.

Анализ числа ППП в составе этих пачек, а также их суммарной мощности показал, что в отложениях баженовской свиты число этих пластов в пачках изменяется от 0 до 5, а их суммарная мощность варьирует в пределах 0–4,3 м (см. табл. 1). Причем, наибольшая суммарная мощность ППП отмечается в самой нижней пачке ($Ю_0^3$).

В составе абалакской свиты, наоборот, максимальное число и суммарная мощность ППП отмечаются в самой верхней пачке ($Ю_1^1$). В ней количество ППП достигает 6 пластов, а их суммарная толщина в среднем составляет 2–3 м (см. табл. 1). В средней пачке ($Ю_1^2$) количество ППП и их суммарная мощность уменьшаются в среднем до 1–2 пластов и 1,0–1,5 м, соответственно (см. табл. 1). Минимальное число ППП и их общая толщина отмечается в самой нижней пачке – 0–2 пласта и 0–2,1 м, соответственно (см. табл. 1).

Анализ степени коррелируемости выделенных в составе баженовской и абалакской свит ППП показал, что наиболее выдержанными по площади являются самые мощные карбонатные пласты, входящие в состав нижней пачки баженовской и верхней пачки абалакской свит. ППП, встречающиеся в других пачках, как правило, имеют небольшую мощность и часто быстро выклиниваются.

Тем не менее, следует обратить внимание на тот факт, что суммарная мощность всех ППП, входящих в состав как баженовской, так и абалакской свит, внушительная. Она изменяется в пределах 6,3–12,2 м, составляя в среднем около 8–10 м (см. табл. 1).

Прогнозирование продуктивных зон в верхнеюрских отложениях на основе комплексирования данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования

Мы убедились, что мощность ППП, присутствующих в составе баженовской и абалакской свит, весьма внушительная. Остается лишь научиться выделять участки, в пределах которых в них формируются вторичные коллекторы трещинного и трещинно-кавернозного типов. Для этого нами использован оригинальный способ комплексирования данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования [7–9, 15, 16, 24].

С этой целью нами были выбраны опорные сейсмодновременные разрезы, равномерно покрывающие площадь Средне-Назымского лицензионного участка, на основе которых было выполнено тектоноседиментационное моделирование.

Рассмотрим технологию проведения двухмерного тектонофизического моделирования на примере одного из опорных сейсмодновременных разрезов – М099242, на котором в кровельной части фундамента выбраны три антиклинальных блока, рост которых затем был имитирован в тектонофизических моделях (рис. 2). Для трехмерной модели в пределах рассматриваемого лицензионного участка были выбраны два соседних поднятия, морфология которых по кровле фундамента затем повторялась в трехмерной модели (рис. 3).

Тектонофизическое моделирование осуществлялось двумя методами: оптико-поляризационным (далее для краткости, называемым просто «оптическим») и тектоноседиментационным (также ниже называемым для краткости «седиментационным»). Поскольку оба метода неоднократно подробно описывались в ряде публикаций [7–9, 11, 15, 16, 27], то в настоящей работе мы напомним лишь самые важные, на наш взгляд, особенности и возможности этих методов моделирования.

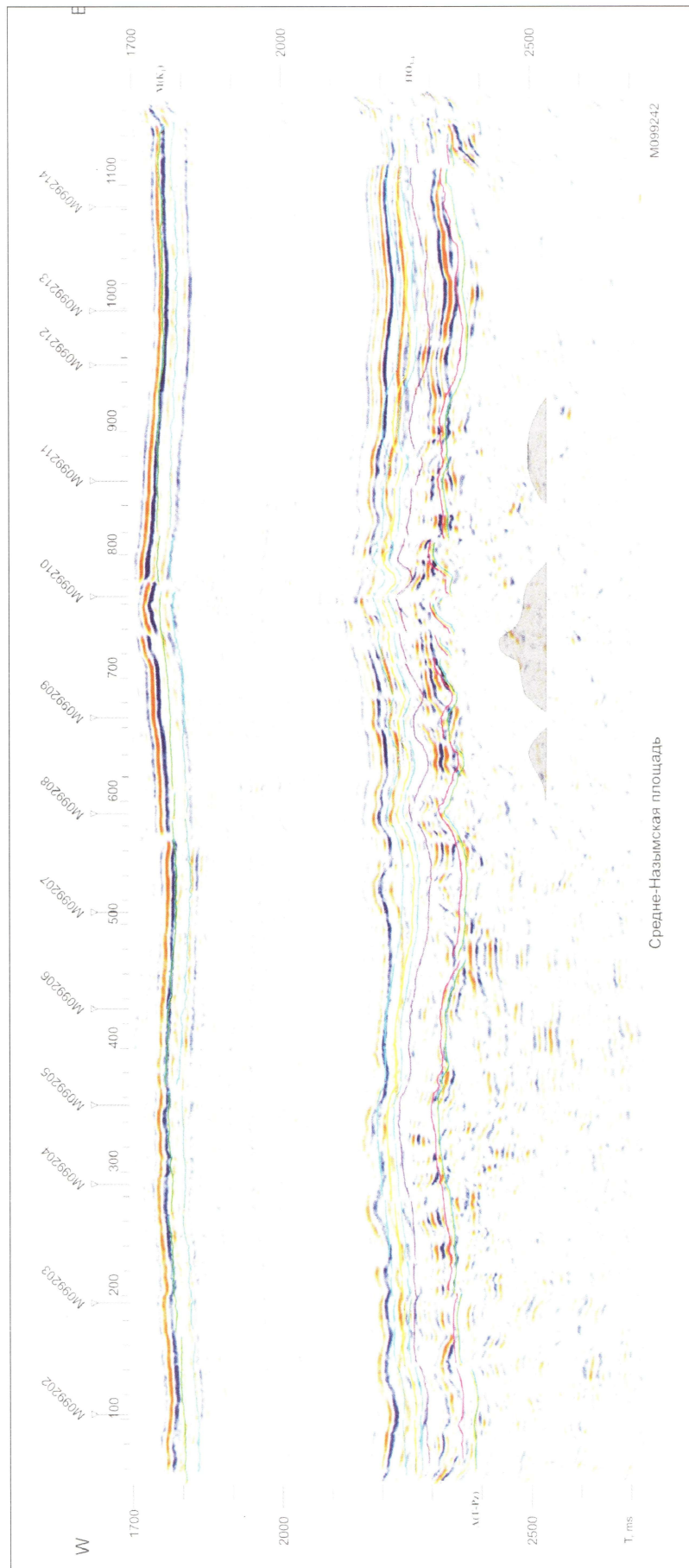


Рис. 2. Фрагмент сейсмического разреза M099242 Средне-Назымского лицензионного участка с выбранными блоками в фундаменте

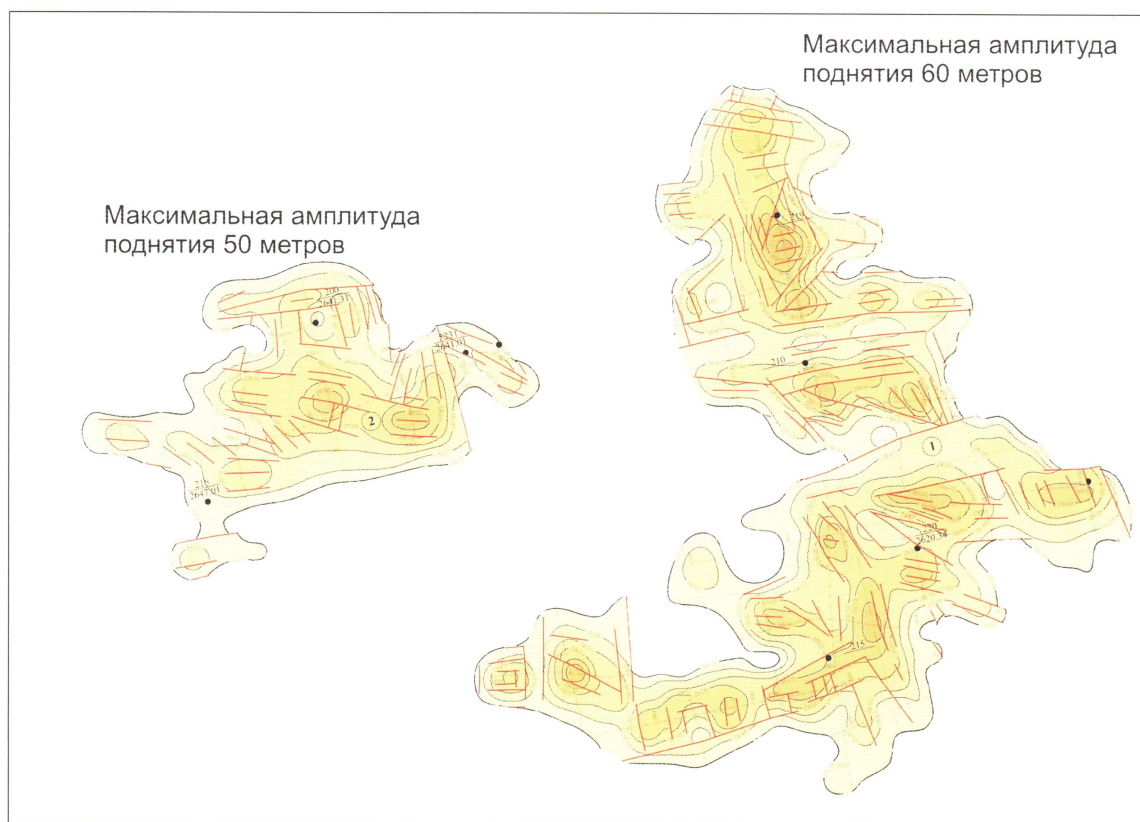


Рис. 3. Антиклинальные блоки, выбранные для трехмерной седиментационной модели Средне-Назымского лицензионного участка

Оптический метод исследования напряжений основан на явлении двулуче-преломления в прозрачных аморфных оптически активных материалах, подвергнутых деформации (в наших моделях использовался желатин). При этом изменение двойного лучепреломления в таких телах находится в прямой зависимости от величины напряжений, возникающих в деформируемом теле. Кроме того, этот метод обеспечивает относительно строгое соблюдение условий подобия для упругой области деформаций и правомерность сопоставления модели с реальным объектом в тех пределах, в каких отдельные геологические структуры в различных стадиях их развития можно считать односвязными телами. Тогда распределение напряжений в них не зависит от величины и физических свойств сравниваемых объектов, а достаточно строго определяется аналогией внешнего нагружения и геометрическим подобием структурных форм [2, 7, 23, 33, 34].

В качестве эквивалентного материала при оптическом моделировании использовались 13–18%-ные водно-глицериновые растворы желатина (упругохрупкие и упругие тела). Модели отливались в специальных боксах, помещались в нагружательную камеру и исследовались в простейших поляризационно-оптических системах с рабочим полем поляридов 300 мм (ПКС-500).

Построение траекторий нормальных и касательных напряжений производилось на основе съемки изохром и изоклин, возникающих в напряженной модели в результате двулучепреломления. Его величина, характеризующая разностью хода лучей «R», зависит от разности показателей преломления «n» и толщины модели «d»

$$R = (n_1 - n_3) d$$

и связывается с разностью главных нормальных напряжений σ_1 и σ_3 следующим уравнением:

$$R = B_6(\sigma_1 - \sigma_3) d,$$

что в итоге приводит к полному соответствию разности показателей преломления разности нормальных напряжений:

$$(n_1 - n_3) = B_6(b_1 - b_3),$$

где B_6 — коэффициент оптической активности материала по напряжению.

Таким образом, изохроматические полосы отвечают равным значениям разности показателей преломления ($n_1 - n_3$) и, соответственно, равным значениям разности главных нормальных напряжений σ_1 и σ_3 , что составляет половину максимального касательного напряжения $\{\tau_{\max} = 1/2(\sigma_1 - \sigma_3)\}$.

Картины изохром дают наглядное представление о характере распределения напряжений в модели, их относительной величине, отвечающей для касательных напряжений номеру полосы по всему полю, а также о размещении участков концентрации напряжений (по плотности полос) и положении изотропных точек и нулевых изохром, где $\sigma_1 = \sigma_3$, а $\tau_{\max} = 0$, разделяющих области сжатия и растяжения, имеющих субперпендикулярную ориентацию по разные стороны от изотропной точки (рис. 4).

Такие изотропные пункты расположены, например, в средней части слоя, отвечающего тюменской свите, между активными поднятиями (первым и вторым, а также вторым и третьим), обозначая изменение направления вертикального сжатия над впадинами на субгоризонтальное. Эти точки выражены участками наиболее низких или нулевых уровней касательных напряжений, где τ_{\max} близко или равно 0 (см. рис. 4). На графиках траекторий напряжений такие точки огибаются расходящимися (отрицательные точки) или сходящимися (положительные точки) траекториями.

На полученной оптической модели положение изоклин отмечается только при положении плоскости поляризации $0-90^\circ$ или 45° , с вертикальной ориентировкой или соответственно наклону одной из изоклин. При других параметрах изоклины занимают промежуточное положение, вращаясь вокруг подобных пунктов, обозначая направление нормальных напряжений по всему полю модели и являются местами переориентации напряжений, смены направлений сжатия или растяжения на противоположные.

Поскольку прогноз типа разрывного нарушения — отрыва или сдвига (скола) — связан с нахождением предельных значений разрушающих напряжений в моделируемых объектах, на диаграммах нами нанесены оба возможных их вида, образование которых зависит от конкретной геологической обстановки: при одностороннем сжатии прогнозируются сколы и отрывы, в зонах растяжения — отрывы, в зонах сдвигания — сколы и отрывы, что подтверждается возникновением последних в моделях по прогнозируемым направлениям, в частности в седиментационной модели, что мы увидим ниже.

Выбор критериев прогнозирования зон трещиноватости по относительной величине касательных напряжений, отвечающих параметрам изохроматических полос, зависит от их числа, степени концентрации, положения относительно линий приложения нагрузки на модель. Так, в основании испытанных нами моделей при непосредственном соприкосновении нижних слоев (условно тюменская свита) с поднимающимися блоками напряжения, определяемые по числу полос, достигают высоких и критических для данного материала значений (до 8–10 усл. единиц). В связи с этим на этих участках в моделях возникают реальные трещины. Выше по разрезу напряжения снижаются, что дает возможность прогнозировать участки возможного трещинообразования по параметрам изохром, начиная с 2-х условных единиц (условная единица означает номер изохромы или порядок интерференционного ее цвета).

На рассматриваемой нами оптической модели выделяется несколько участков с высокими и повышенными напряжениями, приуроченными, главным образом, к

прикупольным участкам воздымающихся антиклинальных блоков (рис. 4а). В межблочном пространстве, напротив, отмечаются невысокие уровни касательных напряжений. В межблочном же пространстве, в средней части слоя, имитирующего отложения тюменской свиты, сформировались две изотропные точки, о чем уже говорилось выше.

Еще две изотропные точки возникли в подошве самого нижнего слоя, обозначая переход от зон сжатия, расположенных над этими точками, к зонам растяжения, сформировавшихся под ними (см. рис. 4).

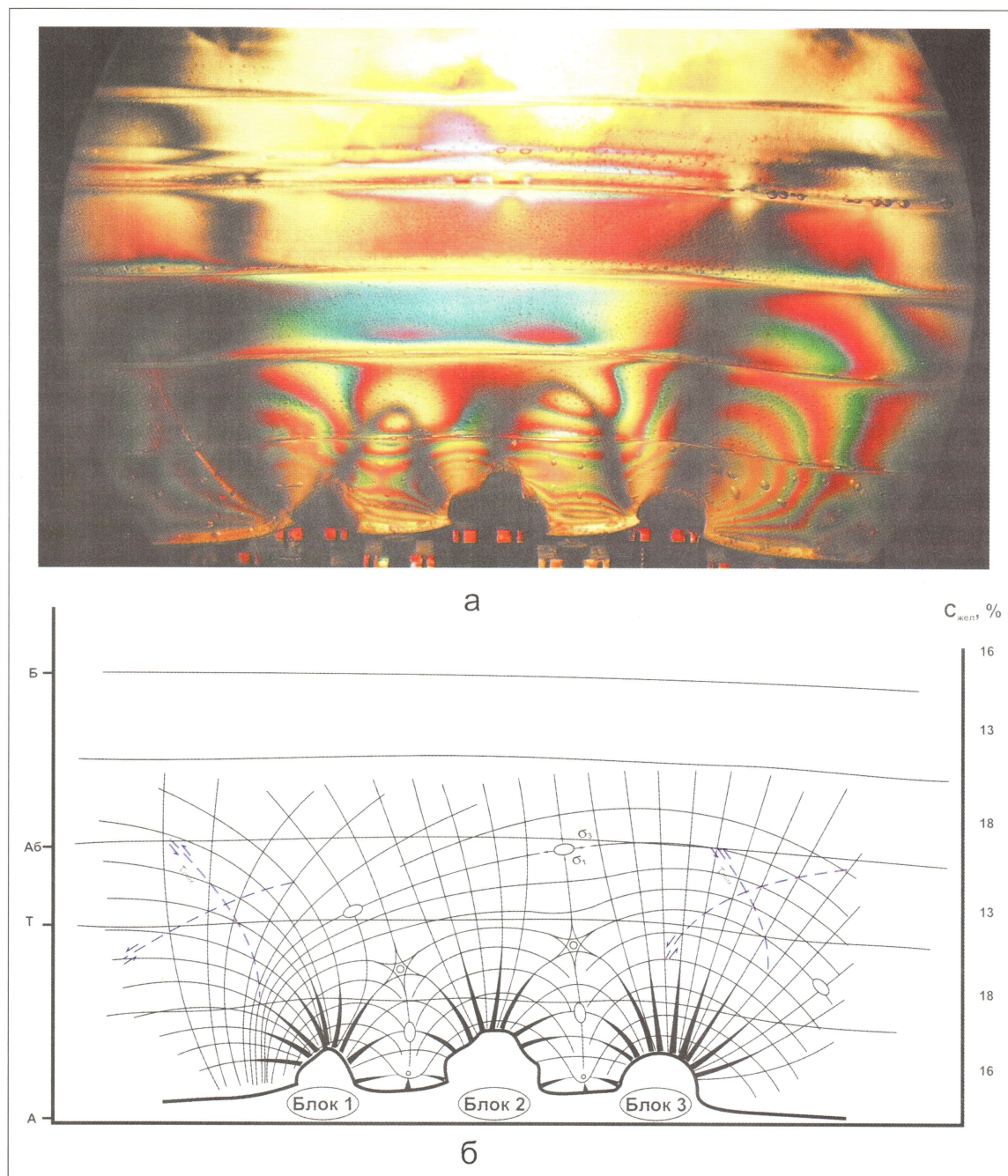


Рис. 4. Isochromaticкая картина распределения напряжений в оптической модели (а), а также ориентация нормальных (σ_1 и σ_3) и касательных (τ_{max}) напряжений и положение изотропных точек в разноплотностных слоях (графическая интерпретация фотоизохроматической картины), по сейсмопрофилю М099242 Средне-Назымского лицензионного участка (б)

Наряду с оценкой характера напряжений, возникших в слоистой модели, чрезвычайно важным является прогноз ориентировки трещин, возникающих в напряженных зонах вследствие роста антиклинальных блоков. Исходя из положения изоклин, присутствующих в оптической модели, можно заключить, что в отложениях баженовской и абалакской свит трещины отрыва будут иметь субвертикальную ориентацию (рис. 4б).

Не следует также забывать тот тривиальный факт, отраженный в оптической модели, что по направлению снизу вверх величина напряжений, вызванных ростом антиклинальных блоков, уменьшается, и на уровне подошвы фроловской свиты они уже едва достигают критических значений, необходимых для формирования тектоногенных трещин (см. рис. 4а).

Седиментационный метод, в отличие от оптического, не позволяет изучить характер распределения напряжений в модели осадочной толщи и осуществить прогноз ориентировки тектоногенных трещин. Однако он позволяет проследить механизм формирования трещин в ППП, представляющих собой разновидность компетентных слоев, а также закономерности перемещения осадков вследствие роста антиклинальных блоков [7, 8, 11, 12, 15, 16].

Двухмерное моделирование производилось в камерах с линейными размерами 50×30×10 см, а трехмерное моделирование в камере, имеющей размеры 60×40×40 см. В нижней части камер располагались подвижные блоки, с помощью которых имитировался рост поднятий заданной формы.

После подготовки моделей они заливались водой, после чего в камерах начиналось осаждение слоев в заданной последовательности. Для моделирования использовались следующие материалы: глины, алевролиты, пески. Слои, сложенные цементом, моделировали известковистые песчаники, а также собственно карбонатные прослои, представляющие собой не что иное, как ППП. Кроме того, компетентные слои служили своеобразными индикаторами величин напряжений, возникавших в осадочной толще вследствие роста блоков, так как они имели приблизительно одинаковую толщину и, соответственно, прочность.

Рост трех антиклинальных блоков в рассматриваемой двухмерной модели вызвал формирование над ними поднятий в осадках и субвертикальных трещин в компетентных слоях (имитирующих ППП), входящих в их состав (рис. 5). Причем, как прогнозировалось выше по результатам оптического моделирования, максимальная плотность трещин наблюдается в ППП непосредственно над самими поднятиями, а в межблочном пространстве трещины полностью отсутствуют (см. рис. 5б).

По направлению снизу вверх наблюдается уменьшение плотности или числа трещин, причем выше всего зона дробления поднимается над самым высокоамплитудным (средним) блоком, единичные трещины над которым фиксируются в ППП, входящих в состав осадков, имитирующих нижнюю часть отложений баженовской свиты. В том же направлении (снизу вверх) наблюдается постепенное уменьшение амплитуд антиклинальных поднятий и, напротив, рост их латеральных размеров (см. рис. 5б).

С целью изучения закономерностей распределения трещин в компетентных пластах по направлению снизу вверх, после окончания экспериментов двухмерные седиментационные модели послойно разбирались, причем сами компетентные слои тщательно препарировались (рис. 6). Анализ полученных результатов показал, что наиболее плотная сеть тектоногенных трещин сформировалась над средним самым высокоамплитудным поднятием. Как уже отмечалось, сформировавшаяся над ним в компетентных пластах трещинная зона поднимается выше всех, надежно фиксируясь в 12-м компетентном слое, в то время как над соседними более мелкими поднятиями трещины пропадают уже в 6-м (над левым самым маленьким блоком), а затем в 10-м — над правым чуть более крупном, чем левое, поднятием (см. рис. 6).

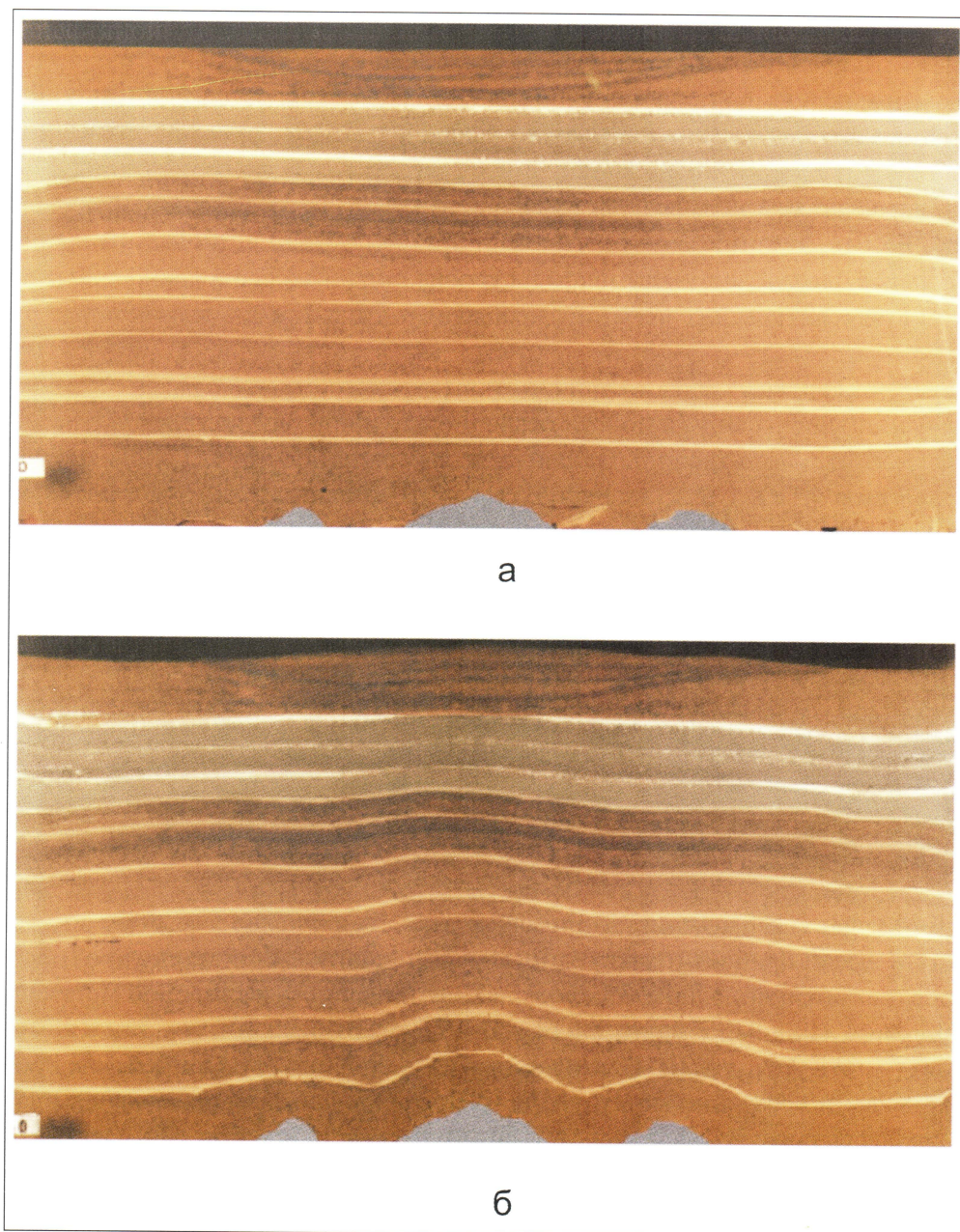


Рис. 5. Тектоноседиментационная модель, построенная по фрагменту сейсмопрофиля М099242 Средне-Назымского лицензионного участка: а – до начала роста поднятий; б – после роста поднятий на 30 мм

Интересно, что возникшие над тремя антиклинальными блоками в компетентных слоях трещины почти соединяются друг с другом. Однако наиболее уверенно выделяется единая гидродинамически связанная зона, сформировавшаяся лишь в 8-м компетентном слое между трещинами, возникшими над центральным и правым антиклинальными блоками (см. рис. 6).

В отличие от двухмерных седиментационных моделей, трехмерные модели не позволяют наблюдать процессы образования трещин в компетентных слоях в процессе роста антиклинальных блоков. Поэтому закономерности распределения трещин в этих моделях можно исследовать лишь после завершения эксперимента путем их послойной разборки. Пример такой послойной разборки трехмерной модели представлен на рис. 7.

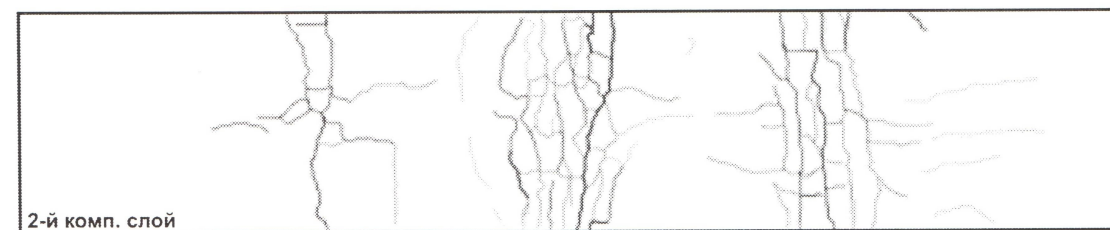
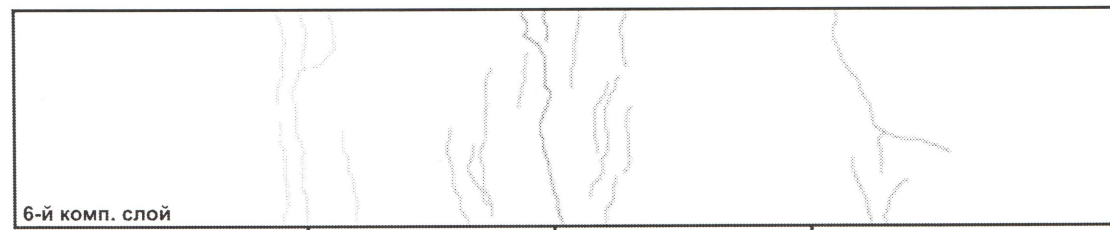
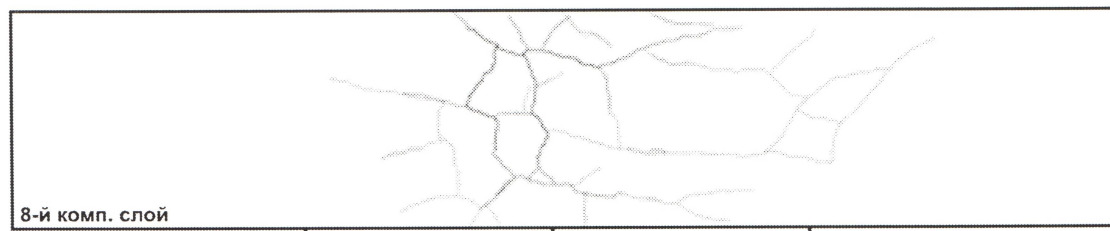
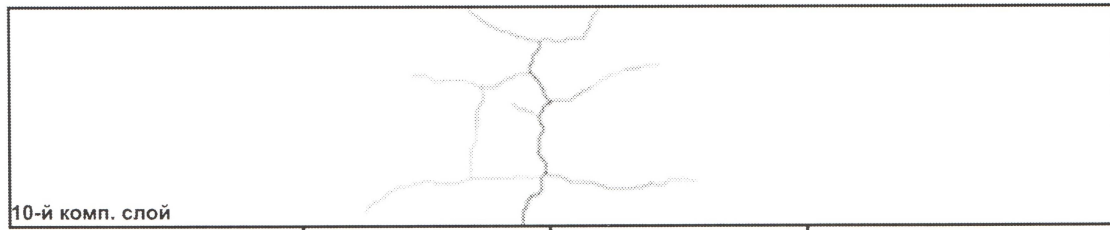
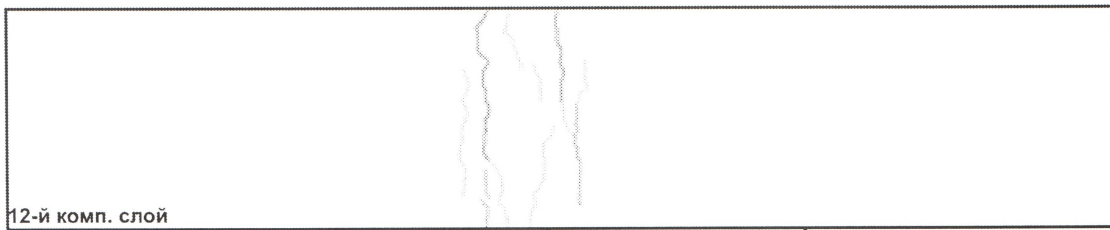


Рис. 6. Развитие зон трещиноватости в компетентных слоях по мере удаления от воздымающихся блоков; разборка тектоноседиментационной модели по сейсмопрофилю М099242 Средне-Назымского лицензионного участка (штрихами обозначены вершины блоков)

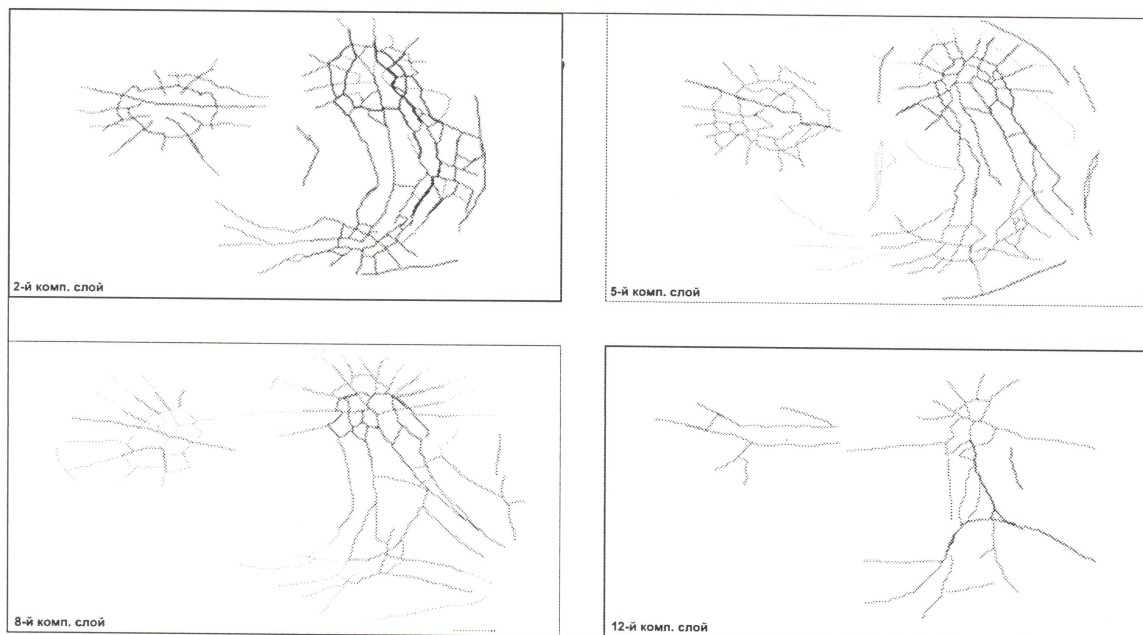


Рис. 7. Развитие зон трещиноватости по мере удаления от воздымающихся блоков; разборка трехмерной тектоноседиментационной модели Средне-Назымского лицензионного участка

В общих чертах в трехмерной седиментационной модели наблюдаются те же закономерности, что были отмечены выше для двухмерных моделей, а именно — отмечается постепенное уменьшение плотности трещин, сформировавшихся над антиклинальными блоками в компетентных пластах по направлению снизу вверх (см. рис. 7). Однако более четко наблюдается по направлению снизу вверх сначала закономерное увеличение латеральных размеров зон дробления, возникших над антиклинальными блоками (например, при переходе от 2-го компетентного слоя к 6-му), а затем вновь, уменьшение их площади (например, при переходе от 6-го к 8-му и далее 12-му компетентным слоям).

На основе использования результатов седиментационного моделирования получена связь трещинной пористости, возникающей в компетентных пластах в зависимости от их расстояния от вершины антиклинальных блоков фундамента, имеющих различную амплитуду и размеры (рис. 8). Кроме того, установлена зависимость между латеральными размерами возникающих в компетентных слоях зон тектоногенной трещиноватости и их расстоянием до вершины тех же антиклинальных блоков, также имеющих различную амплитуду и размеры (рис. 9).

Построение прогнозной карты-схемы с участками развития трещинных и трещинно-кавернозных коллекторов в верхнеюрских отложениях

На основе полученных по результатам тектонофизического моделирования зависимостей величины трещинной пористости и площади зон трещиноватости, возникающих в компетентных слоях или ППП, от амплитуды и размеров антиклинальных блоков и расстояния до их вершины и последующей обработки на основе этих зависимостей имевшихся в нашем распоряжении сейсмодновременных разрезов построена прогнозная карта-схема распространения трещинных и/или трещинно-кавернозных коллекторов в баженовской и абалакской свитах (рис. 10).

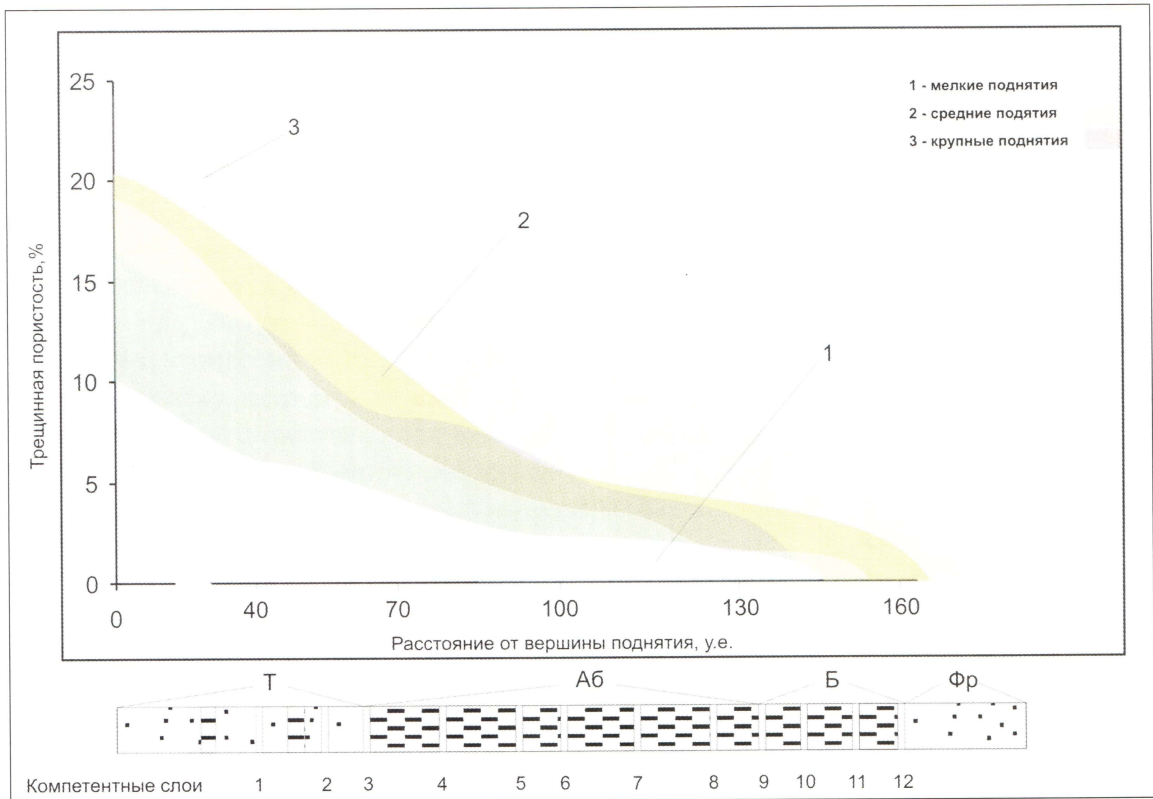


Рис. 8. Основные типы зон трещиноватости, формирующиеся по высоте осадочной толщи над антиклинальными блоками, установленные по результатам разборки двухмерных тектоно-седиментационных моделей по Средне-Назымскому лицензионному участку

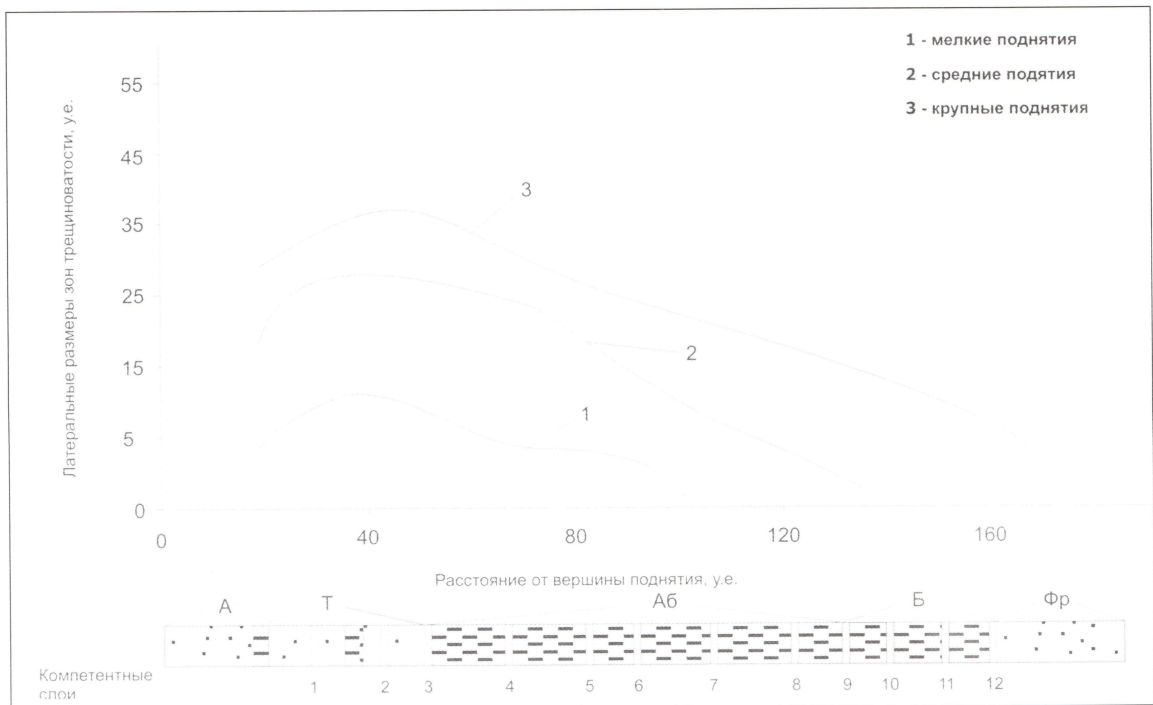


Рис. 9. Изменения латеральных размеров трещинных зон, возникающих над антиклинальными блоками, в зависимости от расстояния до их вершины, определенные по результатам разборки двухмерных тектоноседиментационных моделей Средне-Назымского лицензионного участка

На представленной карте-схеме, кроме прогнозных участков, нанесены изопахиты суммарной мощности ППП, присутствующих в разрезах скважин, вскрывших верхнеюрские отложения. На карте видно, что суммарная мощность ППП обычно варьирует в пределах 8–10 м (см. рис. 10).

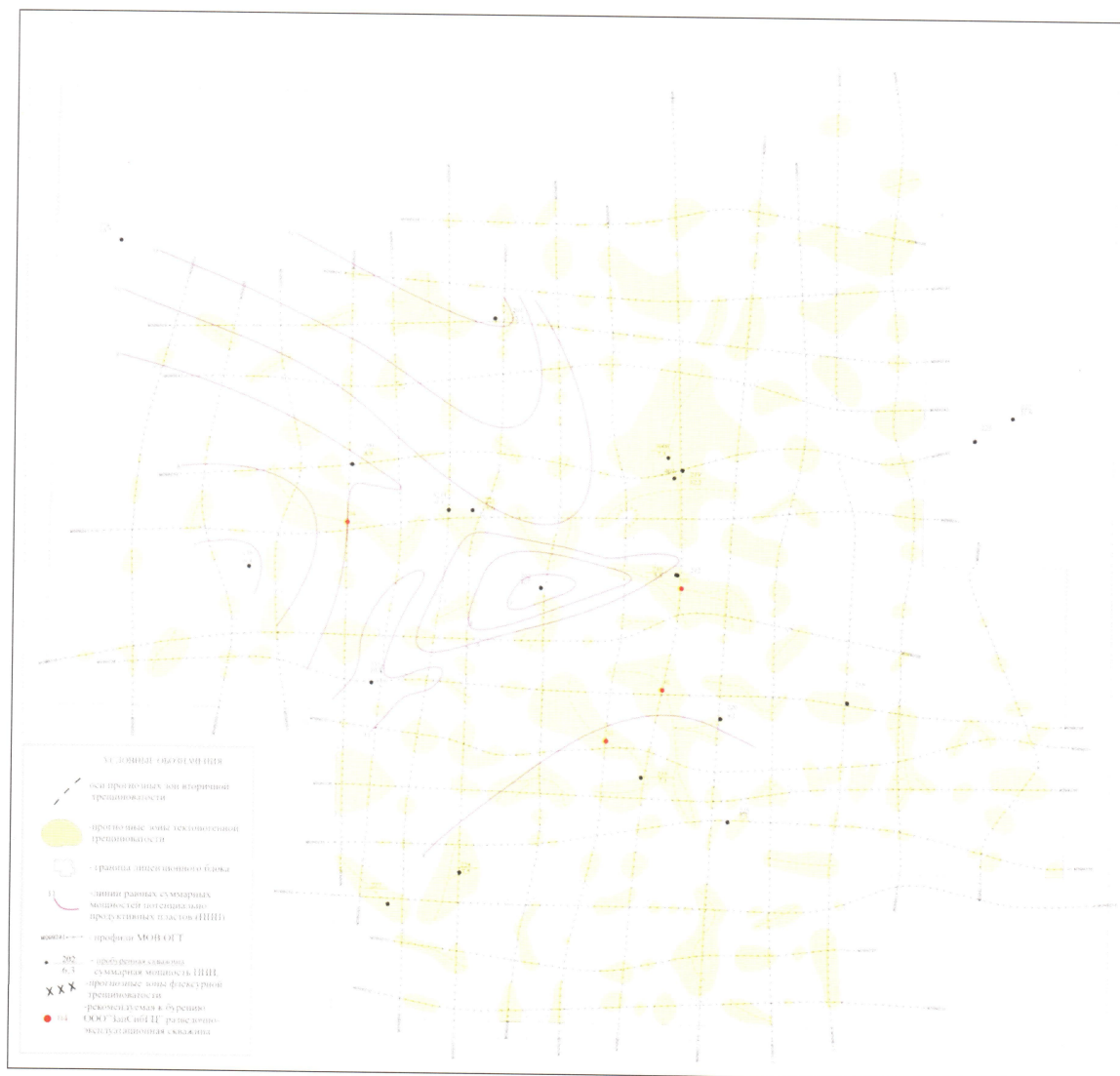


Рис. 10. Прогнозная карта-схема расположения тектонической трещиноватости в пределах сейсморазведочных работ Средне-Назымской площади по результатам тектонофизического моделирования

Выделяются порядка 5–6 значительных по площади прогнозных участков в пределах рассматриваемого лицензионного участка. Причем, в пределах самого крупного из них почти в его центральной части пробурены три скважины (скв. 219, 401 и 3000). Судя по результатам испытаний, приведенным в табл. 1, они продуктивны, причем получены сравнительно высокие начальные дебиты нефти.

Вероятно, есть смысл продолжить пробную эксплуатацию этих скважин, прежде чем бурить в пределах этого участка дополнительные скважины.

Южнее только что рассмотренного участка расположен еще один довольно крупный прогнозный участок, на краю которого пробурена низкопродуктивная скв. 210. Нам представляется разумным пробурить одну разведочно-эксплуатационную сква-

жину (скв. 01) в его центральной части вблизи оси прогнозной зоны максимальной тектоногенной трещиноватости для проверки добычных возможностей этого участка (см. рис. 10).

Следующие две проектные скважины (скв. 02 и 03) предлагается пробурить в пределах еще одного прогнозного участка, расположенного южнее (см. рис. 10). На самом краю этого участка пробурены две скважины (скв. 215 и 220), из которых получены невысокие дебиты нефти из верхнеюрских отложений (см. табл. 1).

Последнюю разведочно-эксплуатационную скважину (скв. 04) предлагается пробурить в пределах западного прогнозного участка вблизи предполагаемой оси максимальной тектоногенной трещиноватости (см. рис. 10).

Поскольку рассматриваемые породы-коллекторы обладают трещинной и трещинно-кавернозной емкостью, а также сложены преимущественно карбонатными минералами, то с целью повышения нефтеотдачи и начальных дебитов из проектных скважин следует проводить гидроразрывы в интервалах залегания ППП, причем комплексируя их с использованием кислотных ванн.

В тех случаях, когда конструкция и техническое состояние пробуренных ранее скважин позволяет проведение в них гидроразрыва в комплексе с кислотными ваннами, то следует провести эти мероприятия именно в тех скважинах, которые находятся в пределах прогнозных продуктивных участков или вблизи их границ. Вполне возможно, что предложенные методы ПНП позволят получить из них промышленные притоки нефти вследствие соединения их с природной системой трещинно-кавернозного коллектора и увеличения раскрытости трещин как вследствие гидроразрыва, так и растворения карбонатного материала кислотой, особенно в прискважинной зоне, обычно подверженной значительной кольматации.

Если предложенный механизм формирования углеводородных залежей в верхнеюрских отложениях справедлив, то их разведку и последующую разработку следует проводить избирательно, размещая единичные скважины в пределах прогнозных участков. А так как прогнозные участки, в основном, имеют небольшие размеры, то предварительно (до принятия решения об экономической целесообразности бурения скважины в пределах того или иного прогнозного участка) необходимо приблизительно оценить запасы углеводородов, которые могут содержаться в ППП в пределах этих участков. Наиболее корректным способом оценки запасов в коллекторах такого рода является метод материального баланса, однако на современном этапе разработки залежей в пределах рассматриваемого лицензионного участка он вряд ли возможен из-за отсутствия необходимых исходных данных. Поэтому можно использовать традиционный объемный метод. Для его применения, по крайней мере, два необходимых параметра могут быть оценены достаточно точно – это площадь рассматриваемого участка и суммарная мощность ППП в его пределах. Величину трещинно-кавернозной емкости можно взять по аналогии с другими близлежащими районами, где установлены промышленные притоки из верхнеюрских отложений, например, с КраснOLEнинским [22, 25, 26].

Выводы

1. Предложен механизм формирования вторичных трещинно-кавернозных коллекторов в отложениях баженовской и абалакской свит, которые образуются в компетентных отложениях кремнистого и карбонатного состава, названных нами потенциально продуктивными пластами (ППП).

2. По данным ГИС удалось выделить в разрезах скважин ППП, определить их суммарную мощность и построить карту их толщин в пределах Средне-Назымского лицензионного участка.

3. По результатам тектонофизического моделирования установлено, что вторичный трещинно-кавернозный коллектор возникает в ППП вследствие роста антиклинальных блоков фундамента.

4. На основе проведенного тектонофизического моделирования получены связи величины трещинной пористости и латеральных размеров трещинных зон, с одной стороны, и морфологией антиклинальных блоков, — с другой.

5. С помощью полученных зависимостей и комплексирования этих данных с результатами сейсморазведочных работ удалось выделить продуктивные зоны различных размеров и оконтурить прогнозируемые углеводородные залежи в пределах Средне-Назымского лицензионного участка, а в границах наиболее крупных из них наметить места заложения разведочно-эксплуатационных скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белкин В.И., Ефремов Е.П., Каптелин Н.Д. Модель коллекторов нефти баженовской свиты Салымского месторождения. — Нефтяное хозяйство. — 1983. — № 10. — С. 27–31.
2. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. — М.: Наука. — 1975. — 536 с.
3. Гурари Ф.Г., Гурари И.Ф. Формирование залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты Западной Сибири. — Геология нефти и газа. — 1974. — № 5. — С. 36–40.
4. Гурари Ф.Г. Региональный прогноз промышленных скоплений углеводородов в доманикитах. — Геология нефти и газа. — 1984. — № 2. — С. 1–5.
5. 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.
6. Зубков М.Ю. Критерии оценки региональных перспектив нефтеносности баженовской свиты. — Нефтяное хозяйство. — 1989. — № 5. — С. 26–30.
7. Зубков М.Ю., Бондаренко П.М. Прогноз зон вторичной трещиноватости на основе данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования. — Геология нефти и газа. — № 11–12. — 1999. — С. 31–40.
8. Зубков М.Ю., Бондаренко П.М. Использование методов тектонофизического моделирования при структурно-прогнозном дешифрировании результатов сейсморазведочных работ на месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО / Материалы второй научно-практической конференции. — Ханты-Мансийск. — 1999. — С. 269–280.
9. Зубков М.Ю., Скрялев С.А., Бондаренко П.М. и др. Методы оценки перспектив нефтегазоносности баженовской и абалакской свит Западной Сибири // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО / Материалы второй научно-практической конференции. — Ханты-Мансийск. — 1999. — С. 206–222.
10. Зубков М.Ю. Литолого-петрофизическая характеристика отложений баженовской и абалакской свит центральной части Красноленинского свода (Западная Сибирь). — Геология и геофизика. — СО РАН. — Новосибирск. — Том 40. — 1999. — С. 1821–1835.
11. Зубков М.Ю., Бондаренко П.М., Трухан Я.А. и др. Прогноз углеводородных залежей в трещинных коллекторах баженовской и абалакской свит Восточно-Пальяновской площади на основе результатов сейсморазведки и тектонофизического моделирования // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО / Материалы третьей научно-практической конференции. — Ханты-Мансийск. — 2000. — С. 174–187.
12. Зубков М.Ю., Бондаренко П.М., Гетман А.В. Прогноз зон повышенной нефтегазовой продуктивности тектоногидротермального происхождения на основе комплексирования геофизических методов и тектонофизического моделирования. Геологической службе России 300 лет. Международная геофизическая конференция. Тезисы докладов. — Санкт-Петербург. — 2000. — С. 122–123.
13. Зубков М.Ю. Состав, строение и условия образования пород баженовской и абалакской свит центральной части Красноленинского свода (Западная Сибирь). Литология и полезные ископаемые. — № 1. — 2001. — С. 37–48.
14. Зубков М.Ю. Анализ распределения К, 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. — РАН. Геохимия. — № 1. — 2001. — С. 51–70.

15. *Зубков М.Ю., Пормейстер Я.А., Бондаренко П.М.* Прогноз трещинных коллекторов в отложениях баженовской и абалакской свит на основе результатов тектонофизического моделирования // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО (Пятая научно-практическая конференция).— Том 1.— Ханты-Мансийск.— 2002.— С. 244–253.
16. *Зубков М.Ю., Пормейстер Я.А.* Прогноз зон вторичной (тектонической) трещиноватости в юрских отложениях на основе данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования.— Горные ведомости.— № 5 (12).— 2005.— С. 44–57.
17. *Копыстьянский Р.С.* Трещиноватость горных пород и ее значение в нефтегазовой геологии.— Киев.— «Наукова думка».— 1978.— 216 с.
18. Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири. Под ред. Т.В. Дорофеевой.— Л.: Недра.— 1983.— 132 с.
19. *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.
20. *Микуленко К.И.* Перспективы нефтегазоносности отложений баженовской свиты центральных и южных районов Западно-Сибирской плиты.— Тр. СНИИГГиМС.— Вып. 194. Новосибирск.— 1974.— С. 37–41.
21. *Нестеров И.И.* Новый тип коллектора нефти и газа.— Геология нефти и газа.— 1979.— № 10.— С. 26–29.
22. Определение емкостных свойств и выделение нефтеотдающих интервалов в отложениях баженовской и абалакской свит Пальяновского и других месторождений Красноленинского района. Авт.: Зубков М.Ю., Сосланд М.И.— Эколого-инженерный центр.— Тюмень.— 1995.— 80 с.
23. *Осокина Д.Н.* Пластичные и упругие низкомолекулярные материалы для исследования напряжений в земной коре методом моделирования.— М.: Изд-во АН СССР.— 1963.— 196 с.
24. Патент на изобретение № 2183332 «Способ прогнозирования зон развития вторичных коллекторов трещинного типа в осадочном чехле». Авт.: М.Ю. Зубков, П.М. Бондаренко. Приоритет от 0.8.11.2000.
25. Пояснительная записка к алгоритмам определения подсчетных параметров сложно построенных коллекторов абалакской свиты Красноленинского месторождения. Отв. исп. Костерина В.А.— Институт геофизики.— М.— 2000.— 35 с.
26. Пояснительная записка к алгоритмам определения пористости пород баженовской свиты Красноленинского месторождения. Отв. исп. Костерина В.А.— Институт геофизики.— М.— 2000.— 20 с.
27. *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 / Материалы третьей научно-практической конференции.— Ханты-Мансийск.— 2000.— С. 445–453.
28. *Скрылев С.А., Чуйко А.И., Зубков М.Ю.* Опыт и проблемы применения геофизических методов при изучении залежей нефти в абалакской свите Красноленинского месторождения.— Каротажник.— Тверь.: ГЕРС.— 1997.— Вып. 41.— С. 49–58.
29. *Скоробогатов В.А., Краснов С.Г.* Некоторые критерии перспектив нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири.— Геология нефти и газа.— 1984.— № 3.— С. 15–19.
30. *Ушатинский И.Н.* Литология и перспективы нефтеносности юрско-неокомских битуминозных отложений Западной Сибири.— Советская геология.— 1981.— № 2.— С. 11–22.
31. *Фрохт М.М.* Фотоупругость.— М.: Гостехиздат.— Т. 1.— 1948.— 432 с; Т. 2.— 1950.— 488 с.
32. *Халимов Э.М., Мелик-Пашаев В.С.* О поисках промышленных скоплений нефти в баженовской свите.— Геология нефти и газа.— 1980.— № 6.— С. 1–10.
33. *Currie J. B., et. al.* / Development of folds in sedimentary strata. Bull. Geol. Soc. Amer., 1962, vol. 73# 6, p. 655–674.
34. *Rettger R.E.* Experiments of soft rock deformation/ Bull. Amer. Ass. Petrol. Geolog., 1935, Vol. 19 # 2, p. 271–292.