

АДМИНИСТРАЦИЯ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

КОМИТЕТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ХМАО

КОМИТЕТ ПО НЕФТИ, ГАЗУ И МИНЕРАЛЬНЫМ РЕСУРСАМ ХМАО

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ ХМАО

# ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ХМАО

*Вторая  
научно-практическая конференция*

*Под редакцией*

ШПИЛЬМАНА В.И. — доктора геолого-минералогических наук,  
ВОЛКОВА В.А. — кандидата геолого-минералогических наук

Ханты-Мансийск  
1999

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СТРУКТУРНО-ПРОГНОЗНОМ ДЕШИФРИРОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

М.Ю. ЗУБКОВ

(ОАО «СибНИИИМП», г. Тюмень),

П.М. БОНДАРЕНКО

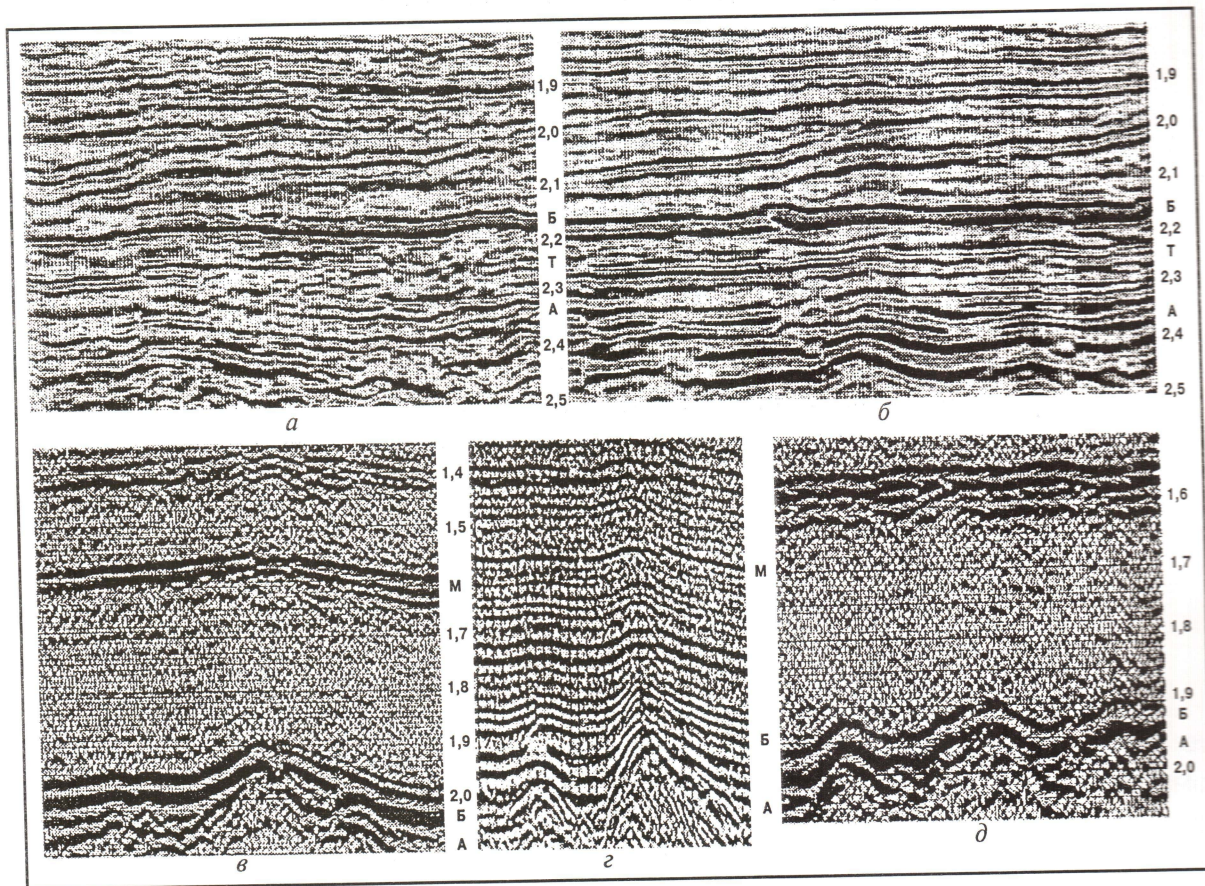
(ОИГГиМ СО РАН, г. Новосибирск)

Проблема выделения структурно-деформационных и геофлюидодинамических факторов, определяющих миграцию и накопление углеводородов в слоистых комплексах осадочного чехла Западно-Сибирской плиты, в настоящее время представляется весьма сложной из-за недостатка фактического материала о динамике углеводородных флюидов в напряженных объемах стратифицированных блоков осадочных пород.

В то же самое время, несмотря на обилие сейсморазведочных данных по нефтеносным и перспективным площадям, они еще не в достаточной степени используются для детальной структурно-деформационной (прогнозной) интерпретации конкретных сейсмических разрезов с разработкой представлений о распределении зон сжатия, разуплотнения, а также о границах деформационных зон и возможных видах их сейсмического отображения наряду с литологическими и плотностными границами.

В связи с этим нами предпринята попытка применения результатов тектонофизического моделирования тектонических дислокаций и полей напряжений в слоистых толщах и в отдельно взятых пластах и их элементах с целью выяснения особенностей распределения в них динамических зон и прогноза механических условий трещинного коллекторообразования в морфологически аномальных и тектонически нагруженных объемах осадочных толщ, выявленных на сейсмических разрезах и по данным бурения.

Анализ сейсмических разрезов, полученных в пределах различных месторождений Ханты-Мансийского автономного округа и сопредельных площадей, показал, что на них можно выделить несколько основных простых типов структурных элементов: флексуры и флексуры-сбросы, впадины или прогибы различной морфологии, а также поднятия (антиклинали симметричной и неправильной формы, трапециевидные, столовидные и т. п.). Кроме того, на временных разрезах выделяются зоны просадок над антиклинальными поднятиями и «бескорневые» поднятия (рис. 1). Поэтому, используя небольшое число простейших тектонофизических моделей, можно изучить основные закономерности в распределении различных типов деформаций в слоистой или однородной толще, а также ме-



**Кальчинское месторождение:** СП 120/93, профиль 7 (а), СП 120/89-90, профиль 4 (б), Пальяновская площадь: СП 7/83-84, профиль 1 (в) и профиль 19 (д), Узбекское месторождение СП 3/89, профиль 8 (г).

*Рис. 1. Фрагменты сейсмических разрезов с пологим и клиноформным залеганием отражающих горизонтов, а также малоамплитудными поднятиями различной формы (а, б), со среднеамплитудными антиклинальными поднятиями, над которыми отмечаются зоны просадки или разуплотнения (в, г), а между ними формируются бескорневые поднятия (г, д).*

ханизм образования трещинных дислокаций и перемещения осадков под действием растущих поднятий.

С целью изучения характера распределения напряжений в осадочных толщах, а также исследования механизма образования различных типов дислокаций в них проведено тектонофизическое моделирование выделенных на сейсмических разрезах (рис. 1) простейших структурных элементов с использованием двух методов: оптико-поляризационного и тектоноседиментационного [1—3].

**Оптико-поляризационный метод** (далее для краткости просто оптический) основан на явлении оптической анизотропии в прозрачных аморфных телах, подвергнутых деформации, связанном с изменением двойного лучепреломления в зависимости от величины напряжений. Этот метод обеспечивает достаточное соблюдение условий подобия для упругой области деформаций, поэтому сопоставление модели с реальным геологическим объектом является правомерным в тех пределах, в каких отдельные геологические структуры в различных стадиях их развития можно считать упругими однородными телами с ненарушенной сплошностью.

В качестве эквивалентного материала при оптико-поляризационном моделировании использовались водно-глицериновые растворы желатина с различной плотностью, задаваемой его концентрацией. Для каждого слоя, входящего в состав моделей, проводилось изучение характера распределения уровней касательных на-

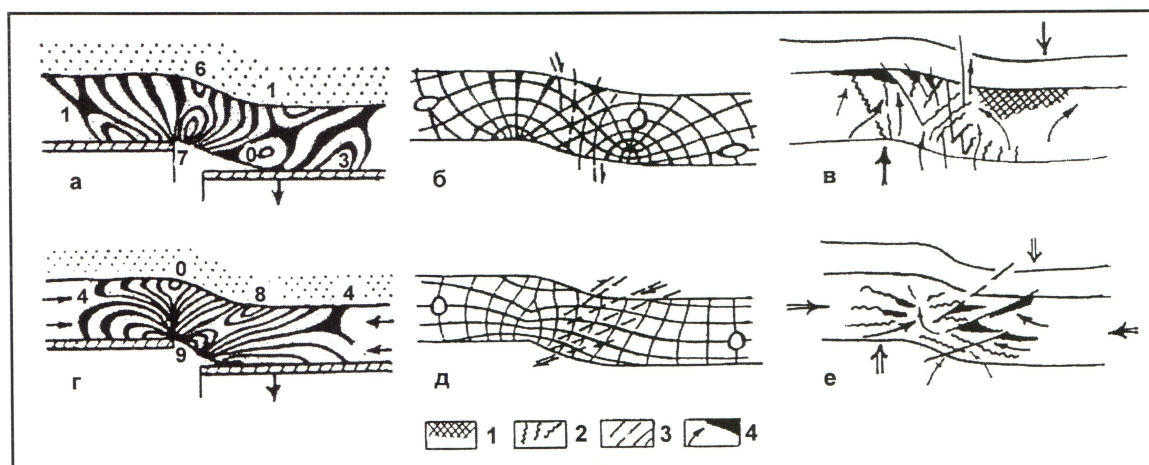
пряжений ( $\tau_{\max}$ ) по их относительной величине, равной спектральному порядку изохроматических полос, обозначающих зоны равных полуразностей нормальных напряжений, в соответствии с законом фотоупругости:  $\tau_{\max} = 0.5(\sigma_1 - \sigma_3)$ .

Нулевые и минимальные значения параметров изохроматических полос отвечают напряженному состоянию материала при близких или равных величинах нормальных напряжений, что характеризует участки всестороннего сжатия или растяжения.

Трещины отрыва или скола прогнозируются в зонах повышенных значений касательных напряжений. Направления траекторий нормальных напряжений определялись по положению изоклин, представляющих линии равных наклонов осей главных нормальных напряжений к плоскости поляризованного света. Направления траекторий касательных напряжений ориентированы приблизительно под  $45^\circ$  к положению нормальных напряжений.

Самой простой из различных структурных форм, встречаемых на сейсмических разрезах, является флексура (рис. 1). Анализ характера распределения величин касательных напряжений во флексуре, образовавшейся только под действием сил поперечного сжатия, показал, что максимальные их значения приурочены к приподнятому плечу (рис. 2а). Минимальные величины касательных напряжений (вплоть до нулевых), напротив, отмечаются в опущенном крыле флексуры (рис. 2а).

Так как образование трещинных дислокаций должно происходить в зонах повышенных значений касательных напряжений, то, исходя из прогнозируемого по этому признаку расположения зон повышенной трещиноватости или разуплотнения, можно предположить, что если рассматриваемая структура представляет собой песчаный пласт, перекрытый глинистым экраном, то миграция флюидов из опущенного крыла флексуры по образовавшимся сколовым и разрывным дислокациям будет осуществляться вверх в зону разуплотнения, сформировавшуюся в



Слева (а, г) — схемы нагружения, размещение изохром и их порядок (цифры); в центре (б, д) — траектории нормальных (сплошные линии) напряжений, положение разрывов (утолщенные линии) и сколов (штрихи), эллипс показывает положение осей сжатия и растяжения; справа (в, е) — прогноз трещиноватости и направлений миграции флюидов. Условные обозначения: 1 — зона сжатия; 2 — зона растяжения и направления трещин отрыва; 3 — зоны скалывания и направления сколовых трещин; 4 — направление миграции флюидов и места их возможного накопления.

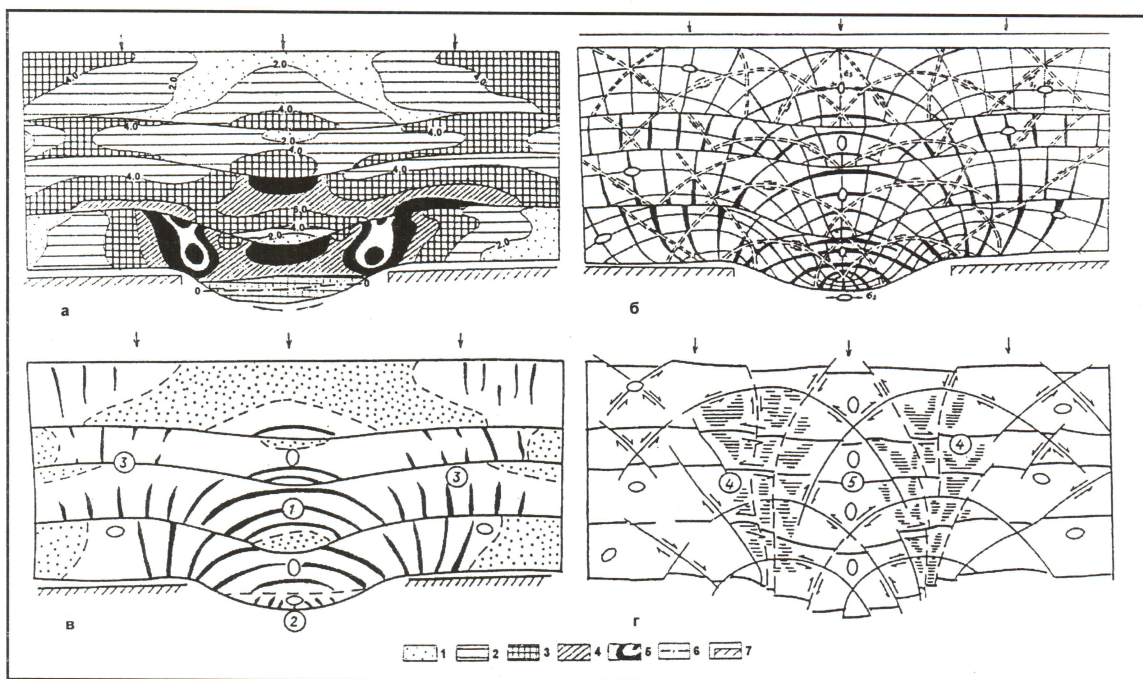
Рис. 2. Распределение напряжений (а, г), ориентировка дислокаций (б, д) и прогноз трещиноватости, а также направлений миграции флюидов (в, е) в надбросовых флексурах в случае простого изгиба нагруженного сверху слоя (а, б, в) и такой же флексуры, но подвергнутой боковому сжатию (г, д, е) по данным оптико-поляризационного моделирования.

приподнятом крыле флексуры. Именно здесь образуется высокоперспективная зона с повышенными фильтрационно-емкостными свойствами (рис. 2 б, в).

В том случае, когда флексура, вдобавок, подвержена боковому давлению, происходит перераспределение напряжений и тогда зона максимальных касательных напряжений ориентируется почти под  $45^\circ$  по отношению к опущенному основанию и приурочена к зоне перегиба флексуры (рис. 2г). Соответственно, трещины отрыва окажутся ориентированными субгоризонтально, а сколовые дислокации — примерно под  $45^\circ$  к ним (рис. 2г). Поэтому наиболее перспективные участки будут приурочены в этом случае к зоне перегиба флексуры, а также к приподнятому и опущенному ее крыльям (рис. 2 д, е).

Таким образом, для корректного выделения наиболее продуктивных или перспективных участков в пределах даже самых простых структур типа флексуры, необходимо знание направлений (ориентировки), действующих в каждой моделируемой ситуации тектонических сил.

Следующим достаточно простым структурным элементом является прогиб, который также довольно часто выделяется на сейсмодновременных разрезах (рис. 1). Анализ распределения касательных напряжений в многослойной разноплотностной оптической модели прогиба показал, что максимальные их значения приурочены к его бортам и центральной (осевой) части, причем по направлению снизу вверх величина касательных напряжений уменьшается (рис. 3а). На основании данных о расположении изоклин в рассматриваемой модели построены траектории нормальных напряжений в ней и намечено положение трещин отрыва (рис. 3б).

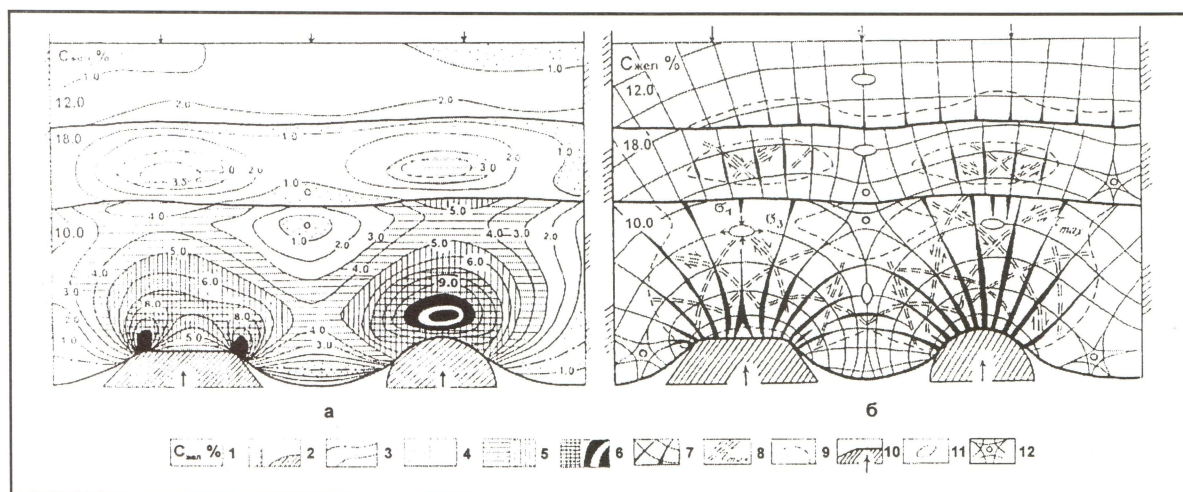


Величина касательных напряжений (модуль  $\tau_{\max}$ ) по карте изохром модели в условных единицах: 1 — 0.0—2.0; 2 — 2.0—4.0; 3 — 4.0—6.0; 4 — 6.0—8.0; 5 — 6.0—10.0 (первый темный пояс), а свыше 11.0 — второй темный пояс; 6 — нейтральная линия; 7 — жесткий упор. Деформационные зоны: 1 — осевая арочная система послойных отрывов; 2 — зоны растяжения на дугах слоевых изгибов; 3 — зона растяжения при сжатии, возможна поперечная трещиноватость в бортах прогиба; 4 — бортовые надфлексурные зоны субгоризонтальных послойных сдвигов и сколовой трещиноватости; 5 — субвертикальная осевая зона сбросового скалывания.

Рис. 3. Распределение и величина касательных напряжений (а), траектории нормальных (сплошные линии) и касательных (двойной пунктир) напряжений (б), прогноз разрывной (в) и сдвигосколовой (г) трещиноватости в многослойной разноплотностной оптико-поляризационной модели прогиба.

Исходя из полученных данных, в модели прогиба можно выделить две группы различно ориентированных трещин отрыва. Первая, приуроченная, главным образом, к бортам прогиба, имеет субвертикальную ориентацию. Небольшой участок с трещинами такой же ориентации отмечается в самой нижней части прогиба вблизи его оси (рис. 3в). Таким образом, в прогибах наиболее высокопроницаемые участки с улучшенными коллекторскими свойствами должны формироваться в их прибортовых и приосевой частях. Если рассматриваемая модель имитирует глинистые отложения, то вместо трещин отрыва возможно образование двух систем сдвигосколовых дислокаций, ориентированных субперпендикулярно по отношению друг к другу (рис. 3г).

Перейдем к рассмотрению более сложных в структурном отношении антиклинальных поднятий, одно из которых имеет трапецевидную, а другое симметричную округлую форму (рис. 4).



а — уровни касательных напряжений  $\tau_{\max}$ ; б — траектории нормальных ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$ ) и касательных ( $\tau_{\max}$ ) напряжений, прогноз разрывных (утолщенные линии) и сколовой (двойной пунктир) трещиноватости в зонах повышенных значений  $\tau_{\max}$ .

**Условные обозначения:** 1 — концентрация желатина в слоях модели, определяющая их модуль упругости; 2 — жесткие упоры и штампы; 3 — нейтральная линия и изолинии  $\tau_{\max}$ ; 4 — зоны низких и средних значений  $\tau_{\max}$ ; 5 — зоны повышенных и высоких значений  $\tau_{\max}$ ; 6 — зоны высоких и критических значений  $\tau_{\max}$ ; 7 — траектории нормальных напряжений; 8 — траектории касательных напряжений; 9 — границы зон повышенных  $\tau_{\max}$ ; 10 — направление движения штампов; 11 — ориентация осей сжатия ( $\sigma_1$ ) и растяжения ( $\sigma_3$ ); 12 — изотропные точки.

Рис. 4. Распределение и взаимодействие полей напряжений, возникающих при одновременном поднятии плоского (трапецевидного) и симметричного антиклинального поднятий в основании трехслойной оптико-поляризационной модели с увеличенной мощностью нижнего слоя.

Распределение уровней касательных напряжений в рассматриваемой модели над симметричным антиклинальным поднятием характеризуется их высокой концентрацией (более 10 усл.ед.) над его апикальной частью в нижнем слое (рис. 4а). Причем зона самых максимальных значений касательных напряжений локализована на некотором удалении от купола поднятия. Вторая зона повышенных касательных напряжений формируется над антиклинальным поднятием в кровельной части того же слоя (рис. 4а). То есть, в подошве рассматриваемого слоя трещины будут расти снизу вверх, а в кровельной, наоборот, сверху вниз и в какой-то момент они могут соединиться в единую систему, дренирующую весь пласт снизу доверху (рис. 4б). В следующем более плотном слое, перекрывающем только что рассмотренный нижний пласт, зона повышенных касательных напряжений локализуется в его центральной части над куполом антиклинали (рис. 4а). Следовательно, в этом плотном слое трещины будут образовываться в его центральной

части и постепенно разрастаться по направлению к его нижней и верхней границам (рис. 4б).

В отличие от сводово-антиклинального поднятия трапецевидная разновидность характеризуется несколько иными особенностями распределения напряжений и, соответственно, потенциальных дислокаций. Здесь главную роль концентраторов касательных напряжений играют борта или края поднятия (рис. 4а), в пределах которых в нижнем слое напряжения достигают 10-го порядка. При ширине поднятия, равной или меньшей мощности деформируемого слоя, эти очаги имеют тенденцию к смыканию в средней его части (в рассматриваемом случае эти овалы смыкаются по уровню 5-го порядка), оставляя в нижней его части над плоской вершиной поднятия зону понижающихся  $\tau_{\max}$ , причем с ростом амплитуды поднятия — вплоть до нулевых значений  $\tau_{\max}$  с образованием зоны равных нормальных напряжений (зона вертикального раздавливания). В этом случае в этой зоне невозможно образование вторичных трещинных коллекторов и по этому признаку она является бесперспективной.

Таким образом, по мере роста плосковершинного поднятия формирование трещин начинается на его бортах, затем, при достижении определенной амплитуды, образуется сплошная зона дробления на некотором удалении от вершины поднятия, которая соединяется с краевыми участками максимальной трещиноватости, а в подошвенной части слоя формируется слабо выраженная маломощная зона вторичной трещиноватости, которая по мере дальнейшего роста поднятия превратится в зону сплошного вертикального раздавливания и возникшие в ней ранее трещины сомкнутся.

Как и в рассмотренном выше случае с симметричным антиклинальным поднятием, над вершиной трапецевидного блока в кровельной части нижнего слоя также формируется зона повышенных значений касательных напряжений (до 4 усл.ед.). Следовательно, и в этом случае возможно слияние нижней и верхней зон вторичной трещиноватости в единую зону (рис. 4б).

В центральной части перекрывающего нижний слой второго плотного слоя так же, как и в предыдущем случае образовалась зона повышенных касательных напряжений, в которой возможно возникновение трещинных дислокаций.

Нужно отметить, что принципиальные различия в характере распределения касательных и нормальных напряжений, возникающих в нижнем слое над двумя различными по морфологии поднятиями, прослеживаются примерно до его середины, а выше они имеют приблизительно однотипное распределение (рис. 4 а, б).

Между поднятиями в кровельной части нижнего слоя и в подошве перекрывающего его плотного слоя образовались две зоны всестороннего сжатия с изотропными точками ( $\sigma_1 = \sigma_3$ ,  $\tau_{\max} = 0$ ), в которых невозможно образование вторичной трещиноватости или разуплотнения. Следовательно, эти участки бесперспективны (рис. 4 а, б).

Очевидно, что формирование открытой вторичной пористости под действием рассмотренных тектонических причин возможно лишь в достаточно прочных породах, представленных песчаниками, мергелями и известняками. В пластичных литотипах, таких как глины или глинистые алевролиты, возникающие трещины отрыва практически тут же переходят в сколосдвиговые дислокации. Поэтому вместо открытых трещин в напряженных участках в них образуются «зеркала» и поверхности скольжения в двух взаимно перпендикулярных направлении

ях (рис. 4б). Причем преобладающая ориентировка этих трещин будет определяться, с одной стороны, кинетикой тектонических процессов, а с другой, — текстурно-структурными особенностями глинистой толщи или слоя. Так как глинистые толщи имеют слоистую текстуру, то наибольшее развитие получают послойные сдвиговые дислокации.

Между описанными выше антиклинальным и трапециевидным поднятиями отмечается впадина, в которой выделяются описанные выше участки субгоризонтально ориентированных трещин отрыва (сравните рис. 3 и 4), по которым возможны кратковременные перетоки флюидов от прибортовой части одного поднятия к другому при условии наличия градиента пластового давления между ними (рис. 4б).

**Тектоноседиментационный метод** (далее для краткости просто седиментационный) позволяет исследовать механизм формирования различных типов дислокаций, а также закономерности в поведении осадков при воздействии на них воздымающихся блоков, моделирующих движения фундамента в каждой конкретной структурно-геологической ситуации.

Седиментационный метод основан на лабораторном воспроизведении процесса подводного осадконакопления в условиях постоянного внешнего нагружения, возникающего в результате последовательного отложения слоистых толщ. Результаты такого моделирования применимы к анализу механизма образования геологических структур, выявляемых в разновозрастных разрезах, сложенных слоями, в различной степени консолидированными и различавшимися в момент деформации физико-механическими свойствами.

Моделирование проводилось в наполненном водой боксе размером  $50 \times 10 \times 40$  см. Осадочным материалом для образования слоев служили глины, песок, а также их смеси с примесью алевритовых частиц. За счет их осаждения в камере постепенно накапливалась тонкослоистая серия осадков. Компетентные слои, имитирующие карбонатные отложения или карбонатизированные песчаники, моделировались, соответственно, цементом или смесью цемента с песком.

В основание камеры вмонтированы подвижные блоки, расположение и морфология которых подобны структурному профилю выбранного для моделирования сейсмического разреза. Общая длительность одного эксперимента, с момента начала отложения осадков и заканчивая подъемом блоков, достигает 60 дней.

На сейсмических разрезах с пологим и клиноформным залеганием отражающих горизонтов часто отмечаются волнообразные структуры, а также структуры, напоминающие по внешнему виду опрокинутые складки. Кроме того, встречаются утолщения слоев, не связанные со структурой фундамента или какими бы то ни было морфологическими элементами осадочной толщи (рис. 1 а, б). Из некоторых скважин поднимают образцы керн, имеющие необычную субперпендикулярно ориентированную слоистость (рис. 5а), в то время как в других образцах, отобранных из этого же интервала, наблюдается традиционная субгоризонтальная слоистость (рис. 5б).

Отмеченные структурные особенности отражающих горизонтов на сейсмических разрезах и необычная (субперпендикулярная) ориентировка слоистости в образцах керн получили свое объяснение в седиментационной модели, построенной по обобщенному сейсмопрофилю Кальчинской площади.

При отложении осадков, моделировавших верхнеюрские слои, вследствие превышения критической массы осадков силы их сцепления с основанием скло-



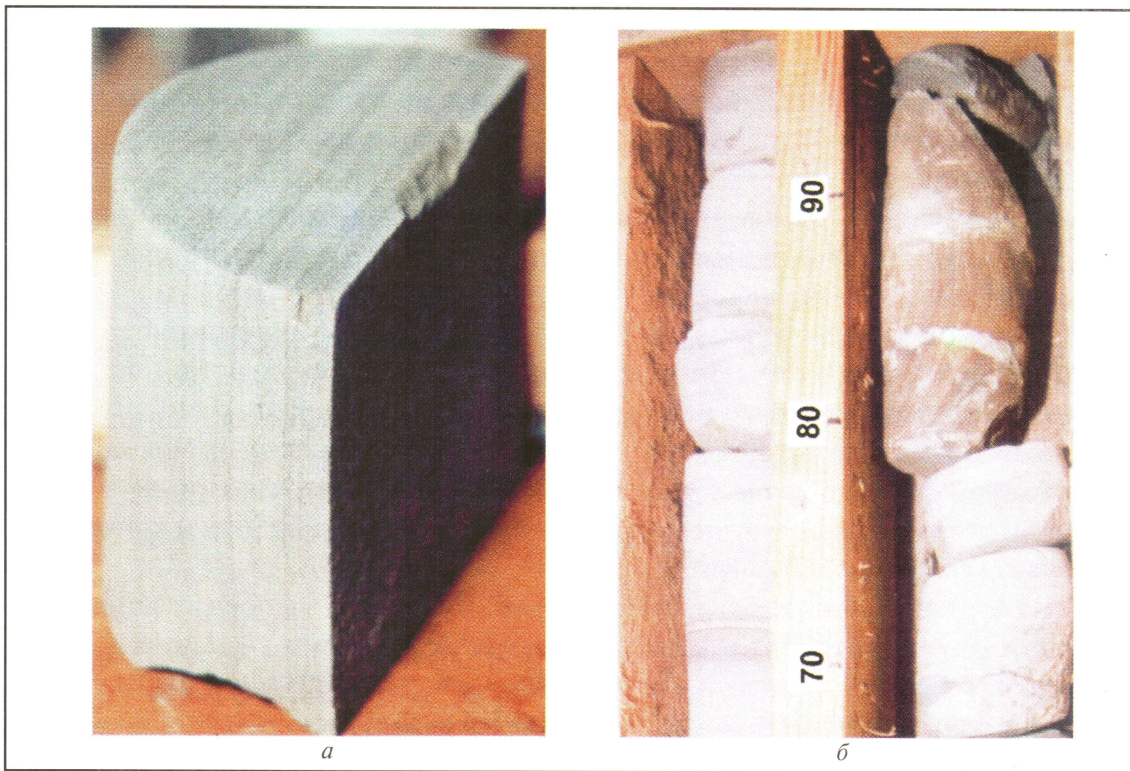
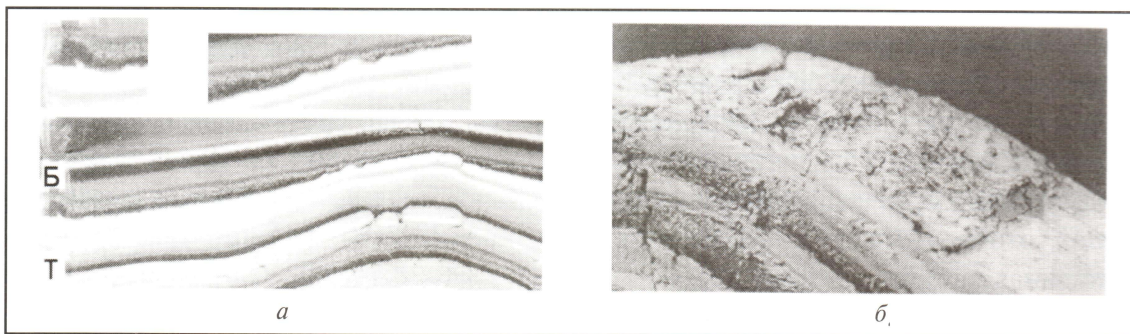


Рис. 5. Примеры образцов керна с субвертикальной слоистостью, отобранных из скв. 4886 Повховского, пласт БВ<sub>8</sub> (а) и скв. 8089 Северо-Нивагальского, пласт БВ<sub>3</sub> (б) месторождений.

на центрального поднятия, произошло их скатывание по этому склону. В результате на крыле поднятия в подстилавшем слое образовались застывшие волны, а в скатившемся слое из-за его торможения о стенку модели возникла опрокинутая складка (рис. 6). Препарация модели после окончания эксперимента показала, что образовавшиеся в кровле слоя, по которому «съехал» осадок, застывшие волны имеют разную высоту (рис. 6б). Самые крупные из них сравнимы по амплитуде с мощностью самого слоя, причем основная их часть сконцентрировалась на склоне поднятия и вблизи стенки модели, то есть в тех местах, где происходило увеличение и уменьшение скорости движения суспензионного потока.

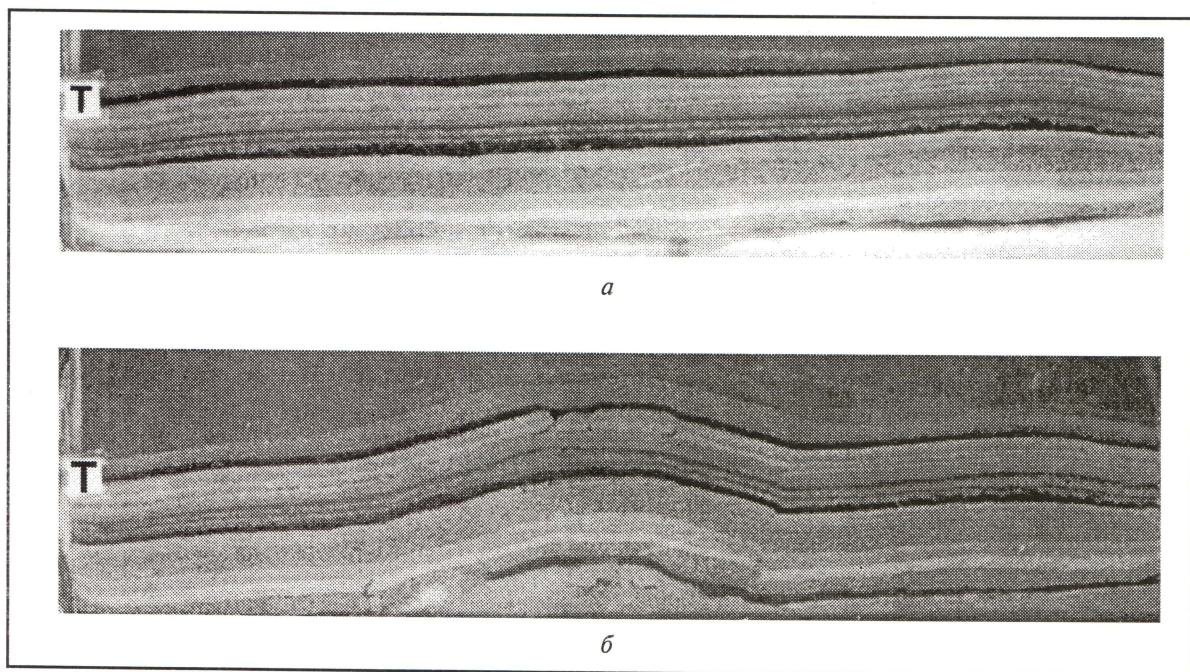


На врезках показаны увеличенные фрагменты левого снимка с опрокинутой складкой и «застывшими» волнами.

Рис. 6. Образование опрокинутой складки и «застывших» волн в тектоноседиментационной модели центрального поднятия Кальчинской площади в результате скатывания вниз по склону осадков, имитирующих мутьевой или суспензионный поток (а) и отпрепарированный слой, в кровле которого возникли «застывшие» волны (б).

Таким образом, отмеченные выше структурные элементы отражающих горизонтов на сейсмодновременных разрезах, а также необычно ориентированная слоистость в образцах керна могут быть вполне логично объяснены образованием своеобразных волн, застывших в осадках, и возникновением опрокинутых складок. Следует отметить, что эти структурные элементы наиболее характерны для неомских клиноформных отложений, образование которых во многом обусловлено перемещением осадков в виде суспензионных или мутьевых потоков [4, 5].

Следующий структурный элемент, выделенный выше на сейсмодновременных разрезах, получил название зоны просадки или разуплотнения. Он образуется в осадках над куполом растущего антиклинального поднятия (рис. 1 в, г).



*Рис. 7. Формирование грабеновидной зоны разуплотнения или просадки над антиклинальным поднятием (а — до, б — после роста поднятия); тектоноседиментационная модель центрального поднятия Кальчинской площади.*

Механизм формирования этого структурного элемента реконструирован на примере седиментационной модели центрального поднятия Кальчинской площади (рис. 7). Рост поднятия вызывает смещение осадков его крыльями в стороны от оси, что приводит к формированию над его куполом зоны разуплотнения или просадки в виде грабена, ограниченного серией сбросов (рис. 7б). Следует отметить, что зона разуплотнения над куполом антиклинального поднятия прогнозировалась и по результатам оптического моделирования. На оптических моделях она проявлялась в виде участка повышенных касательных напряжений над поднятиями в кровельной части нижнего слоя и в перекрывающих его пластах (рис. 4).

На сейсмодновременных разрезах выше отмечались также антиклинальные структуры, получившие название «бескорневых» поднятий. Эти поднятия не имеют продолжения в породах фундамента и образуются лишь в подошвенной части осадочного чехла (рис. 1 г, д). Седиментационное моделирование также позволило объяснить механизм формирования «бескорневых» поднятий (рис. 8). Они образуются вследствие бокового нагнетания осадков близкорасположенными растущи-

ми поднятиями. Причем иногда это приводит к увеличению общей мощности осадков между поднятиями до такой степени, что на поверхности модели в межблочном пространстве отмечается формирование слабоамплитудного поднятия (рис. 8а). Бескорневые поднятия, образующиеся между растущими блоками, имеют различную форму и размеры (рис. 8б), что, скорее всего, объясняется структурными особенностями воздымающихся блоков и амплитудой их роста.

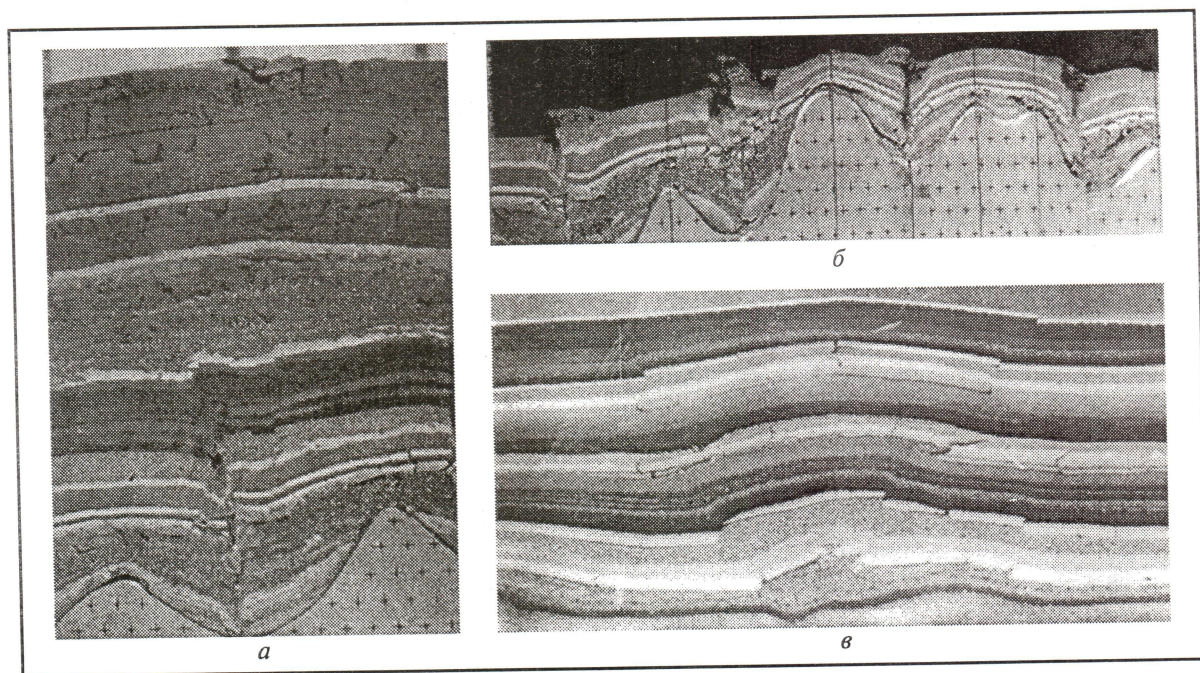


Рис. 8. Образование бескорневых поднятий между близкорасположенными воздымающимися антиклинальными блоками (а, в) и отпрепарированный слой с межблоковыми бескорневыми поднятиями (б); тектоноседиментационные модели Пальяновской площади (а, б) и Кальчинского месторождения (в).

Значительное увеличение мощности компетентных слоев между растущими близкорасположенными поднятиями отмечается и в модели, построенной по одному из сейсмопрофилей Кальчинского месторождения (рис. 8в). Толщина нижних слоев увеличилась примерно в два раза по сравнению с первоначальной. Интересно, что в результате нагнетания осадков между поднятиями они объединились в одно с общим для них обоим куполом.

Большой интерес представляет анализ закономерностей формирования трещинных зон разуплотнения над апикальными частями близкорасположенных поднятий, а также их взаимное влияние друг на друга. С этой целью проведено седиментационное моделирование последовательного роста двух близкорасположенных поднятий (рис. 9). Рост первого поднятия вызывает формирование на поверхности модели довольно изометричной системы субвертикальных трещин отрыва (рис. 9а). Кроме того, как уже отмечалось выше, вследствие бокового смещения осадков растущим поднятием происходит уплотнение и структурирование окружающих его отложений. В рассматриваемом случае у выросшего первым поднятия ось ориентирована перпендикулярно по отношению к длинной стороне модели или параллельно боковым ее стенкам. Поэтому осадок после окончания его роста оказался сжатым и структурированным в направлении, перпендикулярном оси этого поднятия. Именно поэтому на поверхности модели над куполом второго

поднятия образовалась уже не изометричная система субвертикальных трещин отрыва, а ориентированная параллельно оси первого поднятия группа субпараллельных трещин (рис. 9б). Ось второго поднятия ориентирована параллельно оси первого поднятия. Трещиноватые зоны, возникшие над обоими поднятиями, соединились двумя поперечными трещинами отрыва, образовавшимися в результате бокового сжатия. Последовавший затем рост первого поднятия вызвал интенсивное сжатие трещин, возникших ранее над вторым поднятием и, напротив, увеличение степени раскрытости существовавших до этого над ним трещин (рис. 9в). Очевидно, что флюиды, содержащиеся до этого момента в трещинах, расположенных над вторым поднятием, под действием сжимающих сил, распространяющихся от крыльев начавшего новый этап роста первого поднятия, перетекли в расширившуюся трещиноватую зону, локализованную над ним.

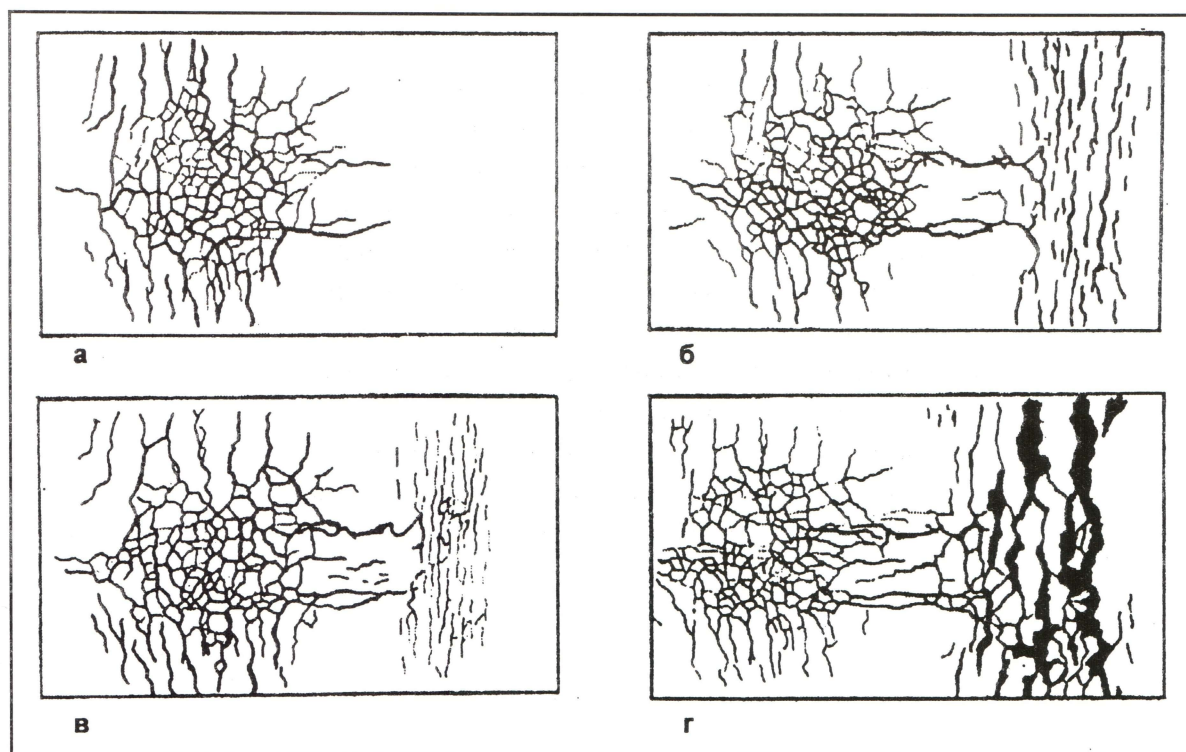


Рис. 9. Распределение и ориентировка трещин, возникших на поверхности седиментационной модели Пальяновской площади в зависимости от последовательности роста двух близкорасположенных поднятий.

Последовавший затем интенсивный рост второго поднятия заставил двигаться флюиды в обратном направлении — из сжимающейся трещинной зоны над первым поднятием в расширяющиеся трещины отрыва, расположенные над растущим вторым поднятием (рис. 9г). Следовательно, наиболее высокопродуктивные зоны будут локализоваться над самыми молодыми антиклинальными поднятиями. Именно они, сжимая во время роста окружающие их осадки, перегоняют по образующимся трещинам отрыва поровые флюиды в зоны разуплотнения, формирующиеся над их куполом.

Таким образом, воздымающееся антиклинальное поднятие представляет собой весьма эффективный природный (тектонический) насос, перекачивающий поровые флюиды из зон бокового сжатия по системам субвертикальных трещин, образующихся сначала в подошвенной части осадочного чехла вверх в формиру-

ющуюся над ним зону разуплотнения с высокопроницаемой трещинной зоной, опускающейся вниз навстречу ранее образовавшейся нижней зоне трещиноватости. По возникшей общей трещинной зоне осуществляется миграция флюидов вверх в зону просадки или разуплотнения и происходит формирование в ней над антиклинальным поднятием углеводородной залежи.

### Выводы:

1) анализ сейсмических разрезов различных площадей и месторождений, находящихся на территории Ханты-Мансийского округа, показал, что на них выделяется небольшое количество простейших структурно-тектонических элементов (флексуры, сбросы, впадины, антиклинальные поднятия различной формы);

2) тектонофизическое моделирование с целью анализа характера распределения различных видов напряжений и механизмов формирования дислокаций в выделенных простейших структурных элементах позволило спрогнозировать в них наиболее высокоперспективные или высокопродуктивные участки;

3) впервые экспериментально установлен механизм формирования опрокинутых складок и «застывших» волн в результате соскальзывания суспензионного потока по склону поднятия, что дает возможность обнаруживать такие структуры по данным сейсморазведки в клиноформных неоконских осадках и учитывать особенности их строения при разработке продуктивных пластов в этих отложениях;

4) впервые экспериментально объяснен механизм образования межблочных «бескорневых» поднятий, а также зон просадок или разуплотнения, которые часто встречаются на сейсмических разрезах над антиклинальными поднятиями;

5) раскрыт механизм работы природного (тектонического) «насоса», обеспечивающего быстрое и эффективное формирование и заполнение углеводородами зоны разуплотнения (просадки), образующейся в осадках над вершиной антиклинального поднятия, в результате чего возникает нефтегазовая залежь или месторождение.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов В.В., Гзовский М.В. Экспериментальная тектоника.— М.: Недра.— 1964.— 118 с.
2. Гзовский М.В. Основы тектонофизики.— М.: Наука.— 1975.— 536 с.
3. Зубков М.Ю., Бондаренко П.М. Прогноз зон повышенной продуктивности на основе комплексирования данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования.// Основные направления научно-исследовательских работ в нефтяной промышленности Западной Сибири.— Тюмень.— СибНИИИП.— 1997.— С. 15—34.
4. Миклуленко К.И., Острый Г.Б. Оползневые образования в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности./ Литология и полезные ископаемые. 1968.— № 5.— С. 111—118.
5. Нежданов А.А. Зоны аномальных разрезов баженовского горизонта Западной Сибири. // Строение и нефтегазоносность баженинов Западной Сибири.— Тюмень. Тр. ЗапСибНИГНИ. Вып.194.— 1985.— С. 27—35.