

о том, что для средней скважины месторождения GE объём испарившейся остаточной воды составил $15,193 \times 103 \text{ м}^3$.

В результате испарения такого количества остаточной воды расстояние от средней скважины, в пределах которого произошло полное осушение порового пространства пласта-коллектора, составило около 90 м (см. табл. 5).

Литература

1. Петренко В. И., Зиновьев В. В., Зленко В. Я. Геолого-геохимические процессы в газоконденсатных месторождениях и ПХГ. М.: Недра, 2003. 511 с.
2. Попов В. И. О содержании влаги в газе при движении его из пласта к потребителю // Газовое дело. 1966. № 10. С. 6–8.
3. Ghalem T., Terkmani M., Petrenko V., Potukaev V. Geodynamique des fluides dans le cadre du gisement de Hassi R'Mel // 4-eme Seminaire National des Science de la Terre, Alger, 5–7 Juin 1982: Resumes. Alger: Centre National de Recherches et d'Applications des Geosciences (C.R.A.G.), Institut des Sciences de la Terre (I.S.T.), 1982. P. 46.

УДК 553.982

Тайменева Юлия Юрьевна, Лялин Александр Викторович

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВОЛНОВОГО ПОЛЯ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ И ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В НЕФТЕПРОДУКТИВНЫХ КОМПЛЕКСАХ ПОВХОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В статье рассматривается изучение тектонико-динамической обстановки, выявление особенностей тектонической модели с позиции возникновения зон субвертикальной деструкции с которыми связывается повышение содержания нефтяной фракции в жидкости.

Ключевые слова: зоны субвертикальной деструкции, динамический анализ волнового поля, разрывные нарушения, дизъюнктивная тектоника, зоны трещиноватости.

Taymeneva Yulia Y., Lyalin Alexander V.

DYNAMIC ANALYSIS OF WAVE FIELD IN ORDER TO DETECT TECTONIC AND GEODYNAMIC SITUATION IN OIL-PRODUCTIVE FACILITIES AT POVKHOVSKOE OIL FIELD

The article presents a view on investigation of the tectonic-dynamic situation, detecting specific features about the tectonic model from the stance of subvertical destruction zones emergence, which are related to increased oil fraction in the liquid.

Keywords: subvertical destruction zones; wave field dynamic analysis; discontinuous disturbances; disjunctive tectonics; fissuring zones.

На данный момент соответствующие исследования проведены на Западно-Повховском и Южно-Котухтинском участках месторождений ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь», где изучалась тектоно-динамическая обстановка в отложениях горных пород, приуроченный к пласту ЮВ1 всюганской свиты (верхняя юра, оксфордский ярус J3o). Были выявлены особенности тектонической

модели отложений пласта ЮВ1 с позиций возникновения зон субвертикальной деструкции, в связи с чем была дополнительно изучена разрывная тектоника всего юрского интервала и кровельной части фундамента (по данным сейсморазведки 3D).

Основные цели и задачи проведенных нами исследований:

- уточнение формы разрабатываемой залежи и предполагаемых направлений изменения ее плановой формы по данным изучения сейсмо-геологических характеристик волнового поля с учетом имеющихся фактических данных по пробуренным скважинам;
- изучение граничных поверхностей разрабатываемых залежей (ВНК) на текущий момент времени по данным оперативной интерпретации волнового поля, фактических данных эксплуатационного фонда скважин;
- интеграция результатов оперативной интерпретации данных сейсморазведки 3D/2D (на участках разработки и эксплуатации) в модели трещинообразования, позволяющих достоверно прогнозировать пути оптимизации процессов гидравлического разрыва пласта (ГРП), направления фильтрационных потоков при разработке залежей;
- изучение влияния геодинамической и дизъюнктивной тектонической обстановок, прогнозируемых по данным интерпретации сейсморазведки (динамический анализ волнового поля исследуемого интервала), уточнение характеристик разрывных нарушений, выявление зон трещиноватости горных пород в пределах разрабатываемой залежи;
- изучения внутреннего строения залежи по результатам динамической интерпретации характеристик волнового поля (анализ атрибутов сейсмического волнового сигнала и их параметров), выявление макронеоднородности пространственного распределения коллекторов и неколлекторов в объеме разрабатываемой залежи.

На первой стадии работы был осуществлен анализ тектоно-динамических аспектов формирования разрывов и складок в комплексах осадочных пород, представленных терригенными глинисто-песчаными отложениями. Кроме того, изучены: 1) формы и типы процессов преобразования физических энергий, перенесенных на геотектонические процессы, 2) такие виды деформаций и разрушений, как отражение современной структуры массивов горных пород, подверженных тектоническим движениям и разрушениям, 3) характеристики таких тектонических силовых функционалов, как сжатие (сдавливание, компрессия), растяжение, сдвиг, изгиб и кручение (рис. 1).

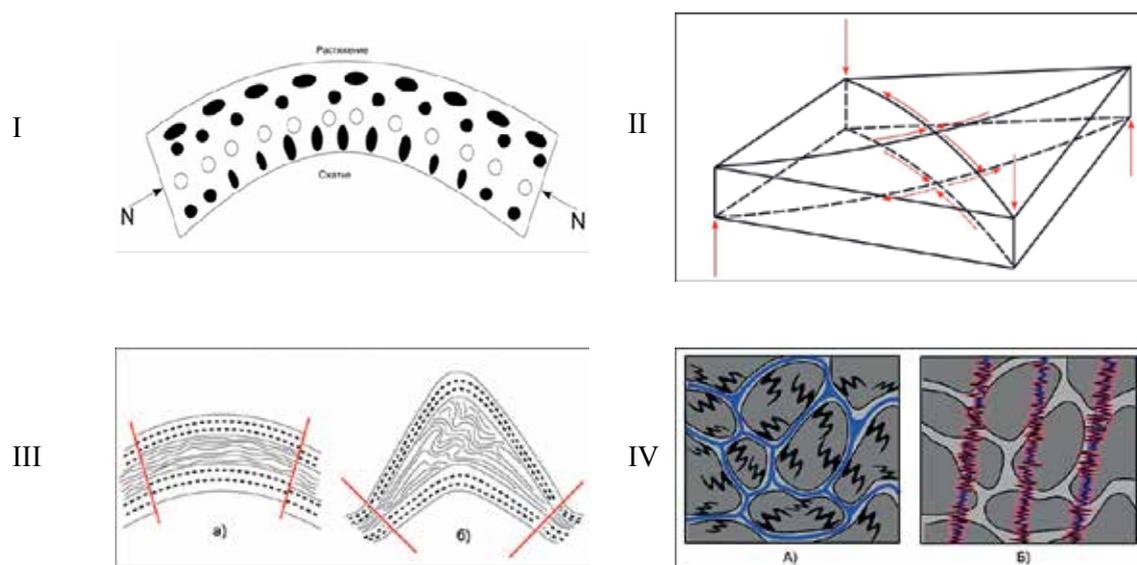


Рис. 1. Тектонические аспекты формирования складок:

- I – система напряжений в изгибаемом слое;
- II – система напряжений при формировании антиклинальной складки в результате скручивания;
- III – две стадии формирования дисгармонической антиклинали, сложенной песчаниками и глинистыми сланцами;
- IV – модели коллектора в зонах с наименее (А – участки, наименее затронутые дизъюнктивными нарушениями, центральные части горстов) и наиболее (Б – зоны субвертикальной деструкции, границы грабен-горст, тектоническое растяжение в горстах) активной геотектонической обстановкой

Мы рассмотрели возможные геологические образования с позиций изотропии и анизотропии, процессы возникновения различного типа разрывных нарушений и трещиноватости в «вязких» и «хрупких» типах пород, переходы разрывных нарушений в пликативные формы, проявления геодинамической активности в виде возникновения зон субвертикальной деструкции и приуроченности к ним залежей углеводородов.

Проявление геодинамической активности, в том числе и неотектоники, обусловленной процессами флюидодинамики, связывается с так называемыми зонами деструкции горных пород (динамически напряженными зонами, разуплотнения, ослабленными и т.д.). Подобные субвертикальные геологические объекты – совокупности извилистых тонких каналов, называемые субвертикальным зонами деструкции, субвертикальными геологическими телами, геодинамически напряженными зонами и др., с различной внутренней структурой, но с общими закономерными свойствами, известны в большинстве нефтегазоносных районов молодых эпигерцинских плит территории России и СНГ – Западно-Сибирской, Скифской, Южно-Туранской.

В ходе выполнения исследования было замечено:

- а) выявление зон субвертикальной деструкции на временных сейсмических разрезах основано на совокупности признаков, обусловленных генетической природой этих геологических объектов. Это зоны уменьшения динамической интенсивности сейсмической волны, «обрыв» осей синфазности, видимое смещение осей синфазности в местах их «обрыва», ассоциированное с дизъюнктивными нарушениями, одиночными и группами;
- б) системы унаследованных положительных, незначительных по площади, структурных пликативных (осложненных разломами) форм имеют амплитуды, убывающие снизу вверх на временном разрезе от отражающих границ фундамента к отражающим границам верхней части осадочного комплекса. Площадные размеры наоборот увеличиваются от кровли фундамента вверх по размеру;
- в) высоты и диаметры отдельных зон субвертикальной деструкции могут значительно отличаться друг от друга, образуя сложнопостроенную систему блоков (в разрезе) и микроплит (в плане) в пределах крупного структурного элемента III – IV порядков одного месторождения. Благодаря данному факту, на месторождениях Широкого Приобья есть предпосылки для существования многопластовых локальных залежей с переменным этажом нефтегазоносности и ступенчатым, часто контролируемым разрывными нарушениями, характером водонефтяного контакта (ВНК) в отдельных нефтеперспективных комплексах;
- г) в центральных частях активных зон субвертикальной деструкции, приуроченных к прифундаментным частям осадочного чехла, степень разрушения горных пород может быть так высока, что имеют место потери корреляции осей синфазности в тех интервалах разреза, в которых на всей площади месторождения обычно регистрируются высокоамплитудные отражения. Подобная степень разрывной деструкции может служить косвенным признаком разрушения пластов и локальных разрывных нарушений;
- д) формирование локальных пликативно-дизъюнктивных форм под действием субвертикальных векторов тектонических сил приводят к образованию ловушек, и соответственно, залежей УВ.

Проведена актуализация структурного плана кровли коллекторов отложений пласта ЮВ1 с учетом данных по всем скважинам, с дополнениями сведений о разрывных нарушениях, кроме того, актуализировано распределение эффективных нефтенасыщенных толщин коллектора ЮВ1 на Западно-Повховском и Южно-Котухтинском участках месторождения.

Авторами принята фациальная модель строения изучаемого комплекса, согласно которой (рис. 2) пласт ЮВ1 составляют специфические клиноформные сигмовидные линзы, к которым приурочено чередование песчано-глинистых пород. Предположение о таком литолого-фациальном строении пласта ЮВ1 подтверждено корреляцией кривых ГИС и динамическим анализом волнового поля в интервале залегания продуктивного пласта ЮВ1.

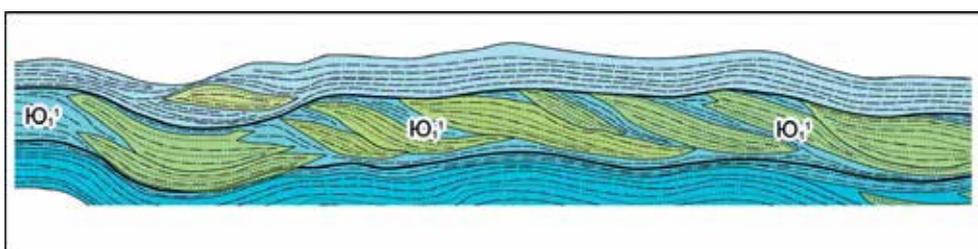


Рис. 2. Микроклиноформная – линзовидная модель строения пласта ЮВ1

Далее к волновому полю в интервале ЮВ1 был применен анализ сейсмических атрибутов (Гильберт-преобразование, программный комплекс «PARADIGM») – разложение сейсмического сигнала на эмпирические моды и получение информации о амплитудно-частотно-фазовых и временных параметрах волнового сигнала. Использовано 16 атрибутов и по каждому атрибуту был проведен дополнительный анализ по параметрам. По атрибуту Amplitude использовано 29 параметров, по остальным атрибутам – 11.

Имеет место приуроченность отдельных групп скважин к плановым «слоям» – срезам по клиноформно-линзовидным телам во временном «окне», заданным при процедуре проведения динамического анализа (рис. 3). Различные плановые участки пласта отражаются своей формой кривых ГИС. Исполнителями выделена «динамическая фазовая» граница залежей изучаемых участков по линии, «привязанной» к границе литолого-фациального образования (в данном случае – границы микроклиноформы внутри пласта ЮВ1). Имеет место плановая корреляция контура ВНК залежи пласта ЮВ1 с выявленной «динамической фазовой» границей.

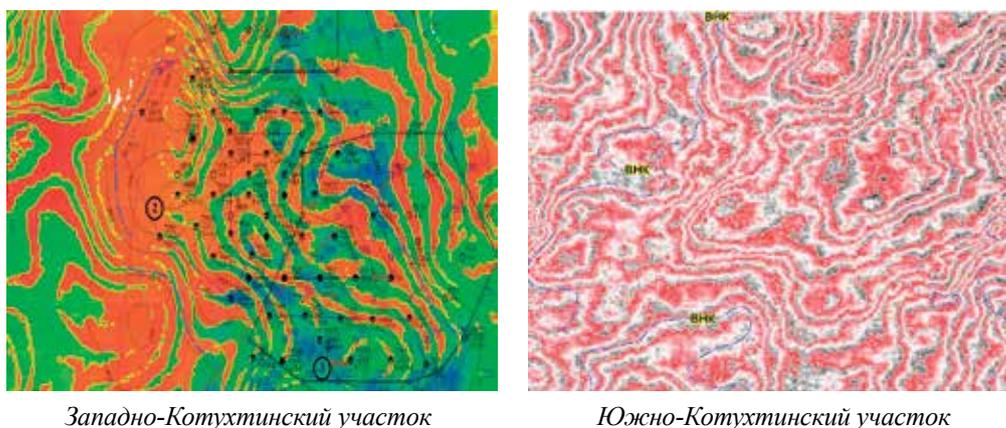


Рис. 3. Данные динамического анализа волновой картины в интервале отражений от пласта ЮВ1, иллюстрирующие микроклиноформно-линзовидную модель строения изучаемого комплекса горных пород в плане

В результате динамического анализа волнового поля (рис. 4) установлено, что на территории Западно-Повховского и Южно-Котухтинского участков имеет место дифференциация тектонического генезиса, предполагающая существование участков, которые меньше всего испытали воздействия движения тектонических блоков во время последней эпохи тектогенеза – в средне-позднеолигоценое и неогеновое время. Этими участками соответствуют зоны плановой «слоистости», отражающие микроклиноформно-линзовидное строение. Разделяющие их участки с хаотическим плановым распределением значений мгновенного атрибута сейсмического сигнала ассоциируются с зонами повышенной трещиноватости (разуплотнения) горных пород, слагающие пласт ЮВ1 – с зонами субвертикальной деструкции. С целью детального уточнения положения границ зон разуплотнения (зон субвертикальной деструкции) отложений пласта ЮВ1 был проведен тред-анализ значений мгновенных динамических атрибутов сейсмической волны.

В результате динамического анализа волнового поля (рис. 5), приуроченного к отложениям доюрского возраста – фундаменту установлено, что границы выявленных сейсמודинамических зон доюрского комплекса являются участками «напряженной» тектонической обстановки – это зоны повышенной трещиноватости (разуплотнения, граничные участки горст-грабен), уходящими выше по разрезу до глубин залегания верхнеюрских отложений (зоны субвертикальной деструкции).

Проведено сопоставление планового положения аномальных зон по ОСГ «А» с участками аномалий по кровле коллекторов отложений пласта ЮВ1. Видно, что зоны повышенной трещиноватости коллекторов пласта ЮВ1 находятся в прямой зависимости с тектонически «напряженными» участкам в палеозойском фундаменте, приуроченными к границам горст – грабен. Отмечается элементы планового «кручения» (рис. 6) тектонических зон юры и палеозоя по отношению друг к другу на отдельных участках Западно-Повховской площади.

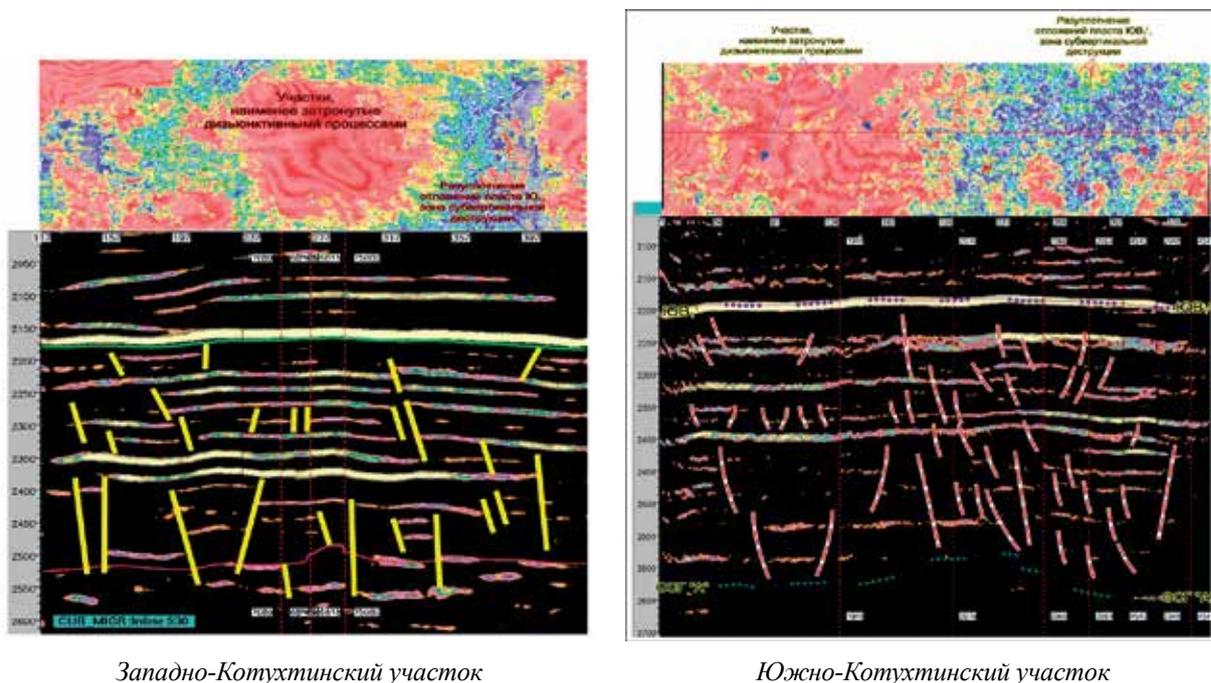


Рис. 4. Тектоно-сейсמודинамическая модель юрского комплекса Западно-Повховского и Южно-Котухтинского участков, иллюстрирующая дифференциацию осадочного комплекса юрских отложений на зоны трещиноватости (разуплотнений горных пород) коллектора пласта ЮВ1 (зоны субвертикальной деструкции) и на участки пласта ЮВ1, менее затронутые дизъюнктивными процессами

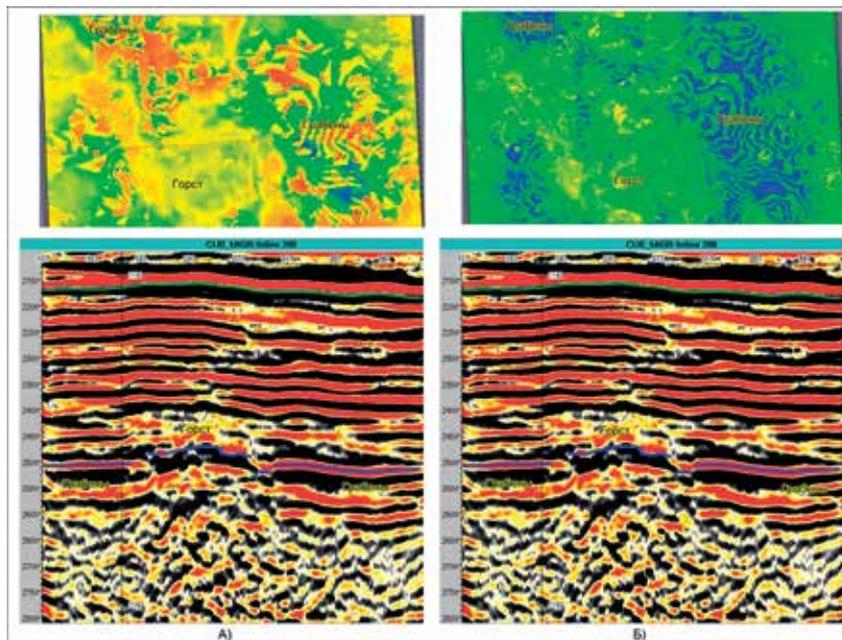


Рис. 5. Западно-Повховский участок. Сопоставление планового распределения динамических параметров с временным разрезом

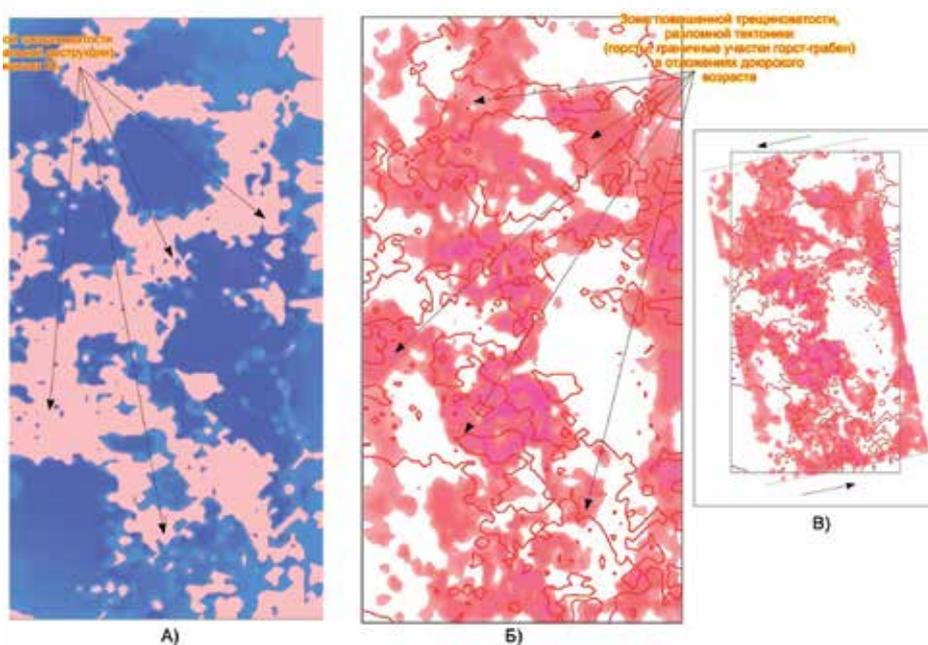


Рис. 6. Сопоставление результатов тренд-анализа А) динамического атрибута Instantaneous Acceleration (Мгновенное ускорение) по параметру Largest Positive Value (кровля коллекторов отложений пласта ЮВ1, Б) динамического атрибута Amplitude Weighted Instantaneous Frequency (Амплитуда, взвешенная по мгновенной частоте сейсмической волны) по параметру Largest Extremum (верхний экстремум спектра амплитуды, взвешенной по мгновенной частоте сейсмической волны), В) иллюстрация «кручения» микротеррейнов палеозойского и юрского комплексов Западно-Повховского месторождения

Таким образом, проведено тектоно-сейсמודинамическое районирование доюрского комплекса на Западно-Повховском и Южно-Котухтинского участков, выявлены «корни» зон субвертикальной деструкции, показана зависимость между тектоникой доюрского комплекса и тектонической обстановкой и развитием зон трещиноватости в верхней юре (пласт ЮВ₁).

Можно отметить, что имеют место повышение содержания нефтяной фракции (%) в жидкости, полученной из пласта ЮВ₁ в скважинах, местоположение которых приурочено либо к зонам трещиноватости (зонам субвертикальной деструкции), либо к граничным участкам зона деструкции – зона отсутствия активной тектоники. Отмечается резкое уменьшение содержания нефти, вплоть до практически полного обводнения в эксплуатационных скважинах, приуроченных к участкам по кровле ЮВ₁ с наименее активной тектонической ситуацией.

Проведенное сопоставление описания кернового материала (интервалы ЮВ₁ и пласт Ю₂) из скважин, местоположения которых приурочено к зонам субвертикальной деструкции и к участками, не затронутыми активной тектоникой, позволяет резюмировать, что в первом случае в керне отмечаются следы активной тектоники – зеркала скольжения, трещины разрывов (как на первых слайдах), во втором – нарушения сплошности горной породы связаны в основном с оползанием, смятием и турбидитно-гравитационными процессами.

Литература

1. Ярошевский В. Тектоника разрывов и складок. М.: Недра, 1981.
2. Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1995, 480 с.
3. Арабаджи М. С. Решение геологических задач на персональных компьютерах: Справочное пособие. М.: Недра, 1995. 239 с.
4. Арабаджи М. С., Бакиров Э. А., Мильничук В. С., Сеньюков Р. В. Математические методы и ЭВМ в поисково-разведочных работах: учебное пособие для вузов. М.: Недра. 1984. 264 с.
5. Шерифф Р. Е., Грегори А. П., Вейл П. В. Сейсмическая стратиграфия / под ред. Н. Я. Кунина, Г. Н. Гогоненкова. М.: Мир, 1982. 839 с.