

АНИЗОТРОПИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ КАК ФАКТОР ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

М.П. Юрова
ИПНГ РАН, Москва, e-mail: mpyurova@mail.ru

Роль геодинамики в формировании геологической среды базируется на геофизических и геологических представлениях о дискретном характере строения земной коры (И.И. Чебоненко, 1963; С.С. Шульц, 1964; М.А. Садовничий, 1989 и др.), и механизмах их реализации (Н.В. Чигирев, 1980; В.Н. Николаевский, В.И. Шаров, 1985). Дискретный характер среды обусловлен тектоническими полями напряжений, которые формируют слоисто-блоковую модель строения (блоки и разделяющие их зоны), проявляющуюся в виде неоднородности геологической среды.

Существующие представления о формировании нефтегазовых месторождений базируются в большей степени на пликативных физико-геологических моделях, не учитывающих анизотропию свойств геологической среды, формирующейся под действием региональных и локальных геодинамических процессов (рис.1). На рис. 1 показаны значительно различающиеся варианты пликативного и блокового строения продуктивной пачки АС₆₋₇ Федоровского месторождения [1].

Исходя из принципов системной организации геологического, геофизического и геохимического пространства, можно установить общие закономерности, проявляющиеся на различных масштабных уровнях. Это, прежде всего, вертикальная и латеральная зональность физических свойств, приводящая к резкой неоднородности массива.

Примером латеральной зональности такого типа может быть строение продуктивной карбонатной толщи Оренбургского газоконденсатного месторождения (ОГКМ), на котором проводились сейсмические исследования методом отраженных волн в комплексе со скважинными геофизическими измерениями. По материалам сейсморазведки были выявлены аномальные субвертикальные зоны повышенного затухания энергии сейсмических волн. При небольшой (1,5–2,0 км) ширине в вертикальном направлении они отмечены на глубинах 6,0–14,5 км и определены как участки нарушенной сплошности среды. Совместный анализ данных каротажа и вариаций параметров затухания сейсмических волн показал, что повышенным значениям параметров затухания соответствуют низкие значения пористости и эффективной

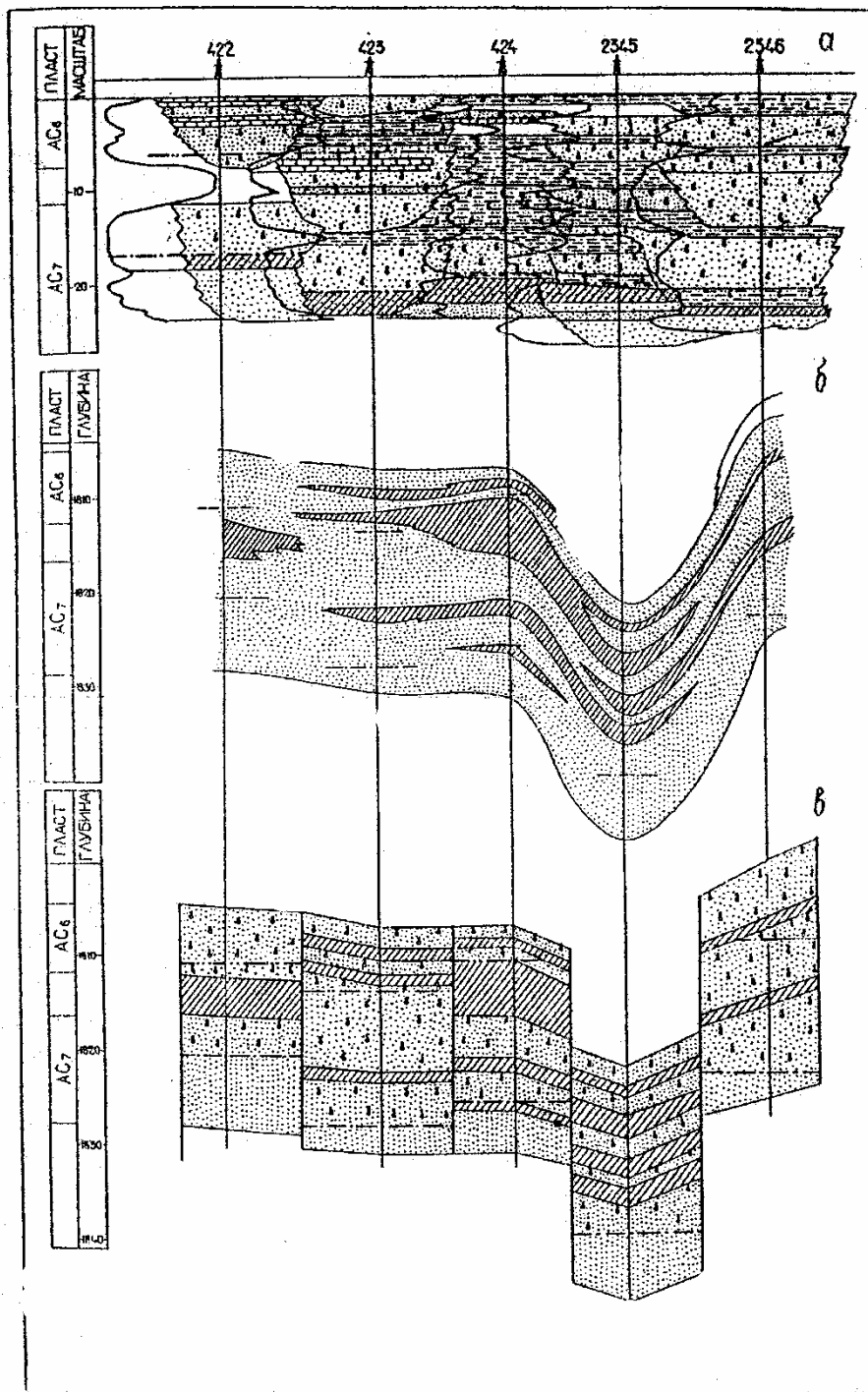


Рис. 1. Варианты моделей геологического пласта AC₆₋₇ на примере Федоровского месторождения (по Л.Л. Трусову)

мощности коллектора. С другой стороны, участкам с низкими значениями параметров затухания соответствовали высокие емкостные свойства и невысокая проницаемость.

Было высказано мнение о том, что повышенное затухание энергии сейсмических волн связано с трещиноватостью карбонатного массива, а емкостные параметры – с пористостью матрицы породы [2].

Проведенные в пределах ОГКМ исследования показали, что зоны субвертикальной трещиноватости в области новейших тектонических подвижек обладают повышенной проницаемостью. В эксплуатационных скважинах вблизи выделенных зон отмечались максимальные дебиты (скв. 2-Д, 105, 185, 189 и др.). С этими же зонами связано раннее обводнение отдельных скважин.

Возникновение зон трещиноватости на месторождении явилось результатом многоэтапного тектонического процесса. Об этом свидетельствует наличие трещин нескольких генераций. Вторичные минералы указывают на существование в прошлом в этих зонах активного массопереноса.

На стадии поисков и разведки нефтегазоносных структур при изучении небольших по размерам тонкопереслаивающихся продуктивных пластов возникают определенные трудности в использовании наиболее широко применяемых сейсмических методов. Это обусловлено природными факторами, прежде всего – акустической неоднородностью изучаемых нефтеперспективных объектов и окружающей их геологической среды.

Для извлечения информации о геологическом веществе из сейсмических данных используется технология ВРС-Гео (высокоразрешающая сеймика), базирующаяся на информации о его литологическом составе, коллекторских свойствах и нефтенасыщенности коллекторов [3]. В этом случае информация сейсморазведки о вертикальном геологическом разрезе становится сопоставимой с данными ГИС.

Несмотря на то что сейсморазведка является основным методом выявления локальных структур, связанных с залежами нефти и газа, в некоторых случаях (отсутствие данных о скорости распространения упругих волн до бурения разведочных скважин, несоответствие верхних и нижних структурных планов, малая амплитуда поднятий структур и т.д.) целесообразно применять, в частности, высокоточную гравиразведку [4]. Как показал опыт, в этих случаях решать поставленную задачу можно путем выявления аномалий, обусловленных латеральной анизотропией плотности в пределах структур. Причем в этих случаях гравиметрические исследования проводятся в два этапа: сначала осуществляются профилно-площадные гравиметрические съемки с целью выделения

плотностных аномалий, а затем, для детализации выделенных участков, – профили иного направления.

Для месторождений нефти и газа поисковыми признаками служат дизъюнктивные структуры фундамента и осадочного чехла, определяющие возможные пути миграции УВ, а также особенности строения и литологического состава осадочной толщи.

Анизотропия свойств геологической среды тесно связана с тектоно-динамическими процессами. Некоторые исследователи отводят разломам пассивную роль в процессе разрушения, сводя их к поверхности сопряжения двух блоков. Этой поверхности присваивают определенные значения параметров, характеризующих ослабленные прочностные свойства пород. Однако другие авторы (С.И. Шерман и др., 1983; Ю.О. Кузьмин, 1996; и др.) вводят термин «зона разлома», подразумевающий некий объем земной коры, имеющий аномальное строение и повышенную трещиноватость, обусловленную линейной деструкцией среды.

Основным отличием этой зоны является уменьшение размера зерен по мере приближения к ядру – центральной части разлома (Е.И. Паталаха и др., 1987; Б.Н. Чиков и др., 1989 г.).

Структурно-динамическая неоднородность в теле разлома обусловлена разными стадиями процесса деформационного преобразования вещества. Это, прежде всего, области реликтового деформационно-минерального состояния, свойства которых обусловлены предыдущими этапами развития разломной зоны с невысокой степенью дилатансионной активности. Вблизи и внутри этих областей формируются небольшие по ширине участки, испытавшие на исследуемой стадии процесса локальные сдвиговые деформации и подвергшиеся сильному дилатансионному разрыхлению. Другому типу внутриразломной зоны отвечает значительная диспергированность среды с низкой скоростью дилатансии. За счет постоянной дегидратации поддерживается высокое флюидное давление. Если в одном из жестких включений начальный кинетический импульс приведет к хрупкому разрушению близлежащих пород и этот процесс будет подхвачен соседними упрочненными областями, то это может привести к возникновению сейсмического разрыва [5].

В последнее время выявлены интенсивные локальные движения в земной поверхности, приуроченные к зонам разломов различного типа и порядка. Эти аномальные движения высокоамплитудные (50–70 мм/год), короткопериодичные (от 0,1

года до первых лет), пространственно локализованные (0,1–1,0 км). Их определяют как суперинтенсивные деформации (СД) земной поверхности в зонах разломов. Эти процессы протекают как в суперактивных, так и в асейсмичных регионах. Причем аномальная деформационная активность разломных зон асейсмичных областей выше, чем сейсмоактивных [6].

К сожалению, при проектировании и разработке нефтегазовых объектов и подземных хранилищ газа современные геодинамические процессы не учитываются, что приводит к значительным потерям УВ за счет ухода прежде всего добываемого газа по образованным зонам трещиноватости (рис. 2) [7].

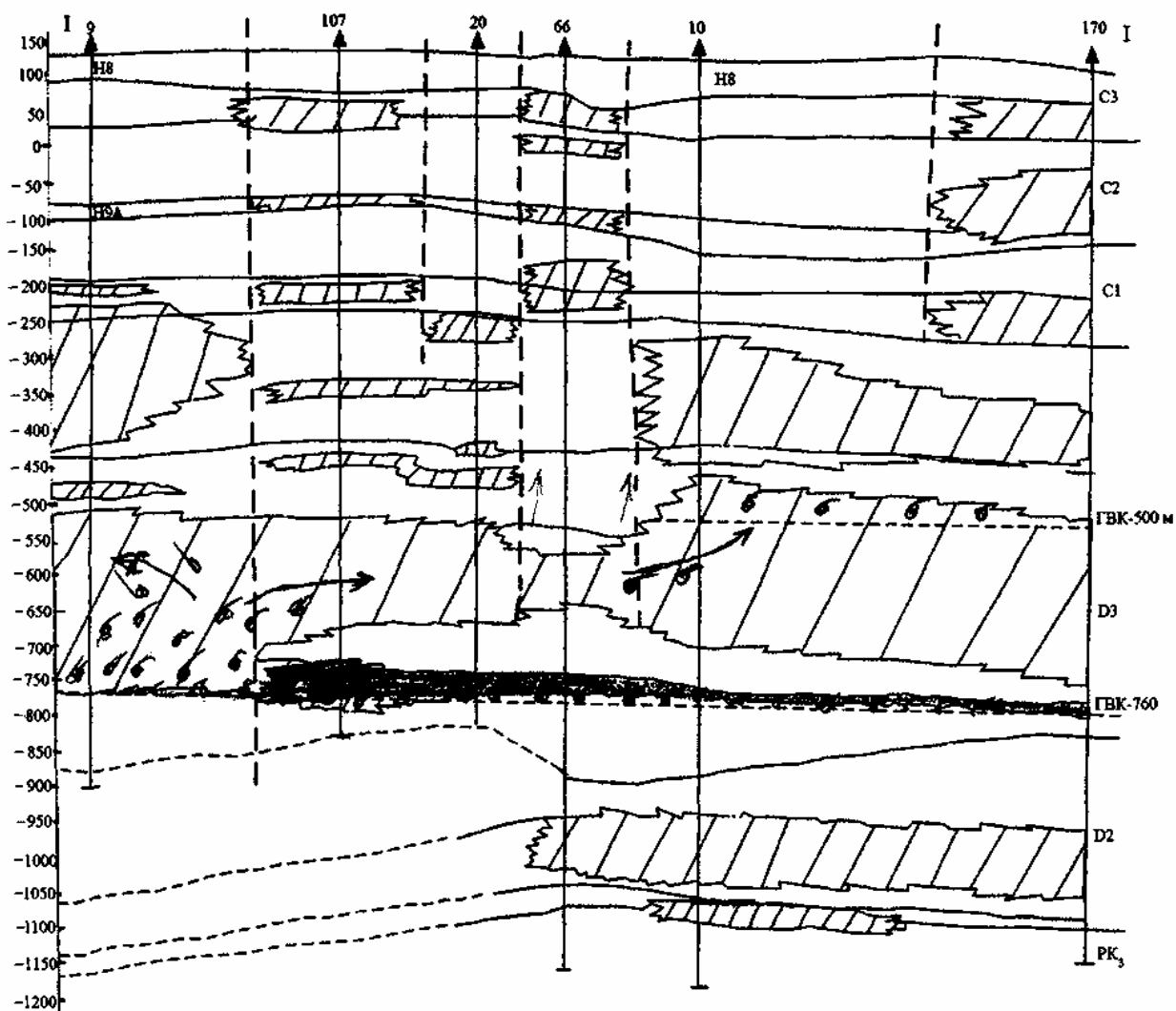


Рис. 2. Продольный разрез слоисто-блоковой модели Щелковского ПХГ
 Масштабы: по горизонтали – 1:25000, по вертикали – 1:5000. Составитель
 М.П.Юрова, 1999 г.

Комплексный геолого-геофизический анализ данных регионального уровня показал, что, несмотря на значительную мощность осадочного чехла, пространственное положение структур фундамента определяет хорошую проявленность разрывных нарушений в осадочных породах. Большинство выявленных линеаментов отвечает установленным по геолого-геофизическим данным разломам и отчетливо проявляется в гравитационных и магнитных полях.

В качестве примера комплексных геолого-геофизических исследований и аэрокосмических данных можно привести Щелковскую структуру, используемую как подземное хранилище газа (ПХГ). Основной задачей при изучении структуры являлась оценка неоднородности литологического состава и коллекторских свойств нижнешигровского горизонта, который используется под закачку газа. На структурных картах (масштаб 1:5000) было выделено несколько куполов в центральной части Щелковского поднятия, наличие которых подтверждалось распределением по площади емкостных параметров (пористость и относительная глинистость). Анизотропия емкостных параметров по площади совпала с зонами, разделяющими площадь структуры по северо-восточному, северо-западному и меридиональному линеаментам, дешифрируемым по космическим снимкам (рис. 3) [8].

В основе технологии прогнозирования структур трещиноватости лежит кинематический и динамический анализ трещинных систем. Изучение трещин и их геометрических характеристик, ответственных за конечные деформации, является основой для построения трехмерной геомеханической и кинематической модели трещинного коллектора [9].

При изучении керн по профилю «Гранит», пересекающему Южно-Татарский свод и его обрамление, а также материалов профиля глубинного МОГТ в пределах западного склона Южно-Татарского свода были выявлены зоны повышенной радиоактивности, отвечающие положению дизъюнктивных нарушений различного простирания. Урановая природа радиоактивности доказана как исследованиями керн (альфа- и гамма-спектрометрия), так и результатами гамма-каротажа скважин, расположенных в области развития пород с высокой и низкой радиоактивностью. Сопоставление полученных результатов с материалами сейсмического профилирования позволило высказать мнение о гетерогенности геологической среды, обусловленной геодинамическими и флюидодинамическими процессами.

Выделенные зоны трещиноватости подтверждаются данными ГИС. С помощью карт радиоактивности и карт тектонических нарушений удалось построить интегрированную модель совмещенности очагов развития трещиноватости и областей миграции глубинных флюидов. На таких участках расположены скважины, где суммарная добыча нефти, отличающейся пониженными значениями плотности, сернистости и вязкости, превысила 1 млн тонн [10].

Таким образом, слоисто-блоковое строение осадочных толщ обусловлено разнонаправленными движениями блоков кристаллического фундамента, что не вызывает сомнений и подтверждается в процессе поиска и разведки нефтегазовых объектов как геофизическими методами, так и данными бурения.

Эти движения передаются в осадочный чехол в виде «зон трещиноватости», обуславливают наличие анизотропии свойств нефтегазовых объектов в латеральном и в вертикальном направлениях.

На поисково-разведочной стадии бурение не проводится в необходимом объеме, поэтому основная роль при изучении анизотропии отводится геолого-геофизическим методам (полевым и скважинным). Безусловно, на этой стадии ведущая роль принадлежит сейсмическим методам (ОГТ, МОВ), позволяющим выявить глубокозалегающий поисковый объект, его геологическое строение, восстановить литолого-фациальную обстановку среды осадконакопления, провести седиментационный анализ, т.е. подготовить базу для последующих работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кравцов В.В., Никонов А.И., Юрова М.П.* Роль геодинамики в формировании пространственно-временной неоднородности геологической среды как фактора геоэкологического риска (на примере Касимовской структуры) // Перспективы развития экологического страхования промышленности. М., 1998. С. 351-369.
2. *Добрынин В.М., Кузнецов О.Л.* Термоупругие процессы в породах осадочных бассейнов. М.: ВНИИгеосистем, 1993. 167 с.

3. Трофимов В.Л., Хазиев Ф.Ф. Количественный прогноз вещественного состава и нефтегазоносности фаций методами высокоразрешающей сейсмики // Геофизика: Технологии сейсморазведки: Спецвыпуск. 2002. С. 130-141.
4. Слепак З.М. Применение гравиразведки для изучения нефтегазоносных структур. М.: Недра, 1980. 152 с.
5. Ребецкий Ю.Л. Разломы как особое геологическое тело, модель развития крупномасштабного хрупкого разрушения // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы: Материалы Всерос. конф. М., 2008. С. 418-420.
6. Кузьмин Ю.О. Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности в зонах платформенных разломов // Геологическое изучение и использование недр. Научно-техническая информация / АО ВТ «Геоинформмарк». М., 1996. Вып. 4. С. 43-53.
7. Юрова М.П. Трещиноватость осадочного чехла платформенных структур как фактор техногенного риска // Геология, геофизика и разраб. нефтегазовых месторождений. 2001. № 12.
8. Кравцов В.В., Никонов А.И., Юрова М.П. Геодинамические особенности локальных структур, используемых для подземного хранения газа // Геоэкология и современная геодинамика нефтегазоносных регионов: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. М., 2000. С. 24-26.
9. Тимурзиев А.И. Технология прогнозирования трещиноватости на основе трехмерной геомеханической и кинематической модели трещинного коллектора // Геофизика. 2008. №3. С. 41-60.
10. Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Малинина С.С., Романов Ю.А. Парагенезис аномальных геодинамических и геохимических полей и углеводородных скоплений в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (на примере Южно-Татарского свода) // Геология нефти и газа: Юбил. вып. 2004. С. 20-26.