

РАЗЛОМЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ — ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ МИГРАЦИИ ГЛУБИННЫХ ФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ

М. В. Багдасарова
(ИПНГ РАН)

Разломы земной коры являются теми геологическими объектами, интерес к которым возрастает на протяжении последних десятилетий. С ними связаны основные эндогенные геологические процессы — вулканизм, рудогенез, сейсмичность, мантийная дегазация, широко распространенные в океанах, морях и на континентах гидротермальные поствулканические проявления, а также вторичные преобразования пород осадочного чехла и формирование большинства флюидогенных полезных ископаемых.

Процессы, происходящие в зонах разломов в нефтегазоносных областях привлекали внимание исследователей давно. В книге Н.А. Кудрявцева "Глубинные разломы и нефтяные месторождения" [4] на обширном материале нефтегазоносных территорий, расположенных на разных континентах Земли, приведено геологическое обоснование приуроченности месторождений к глубинным разломам. Они рассматриваются как наиболее проницаемые участки земной коры и основные проводники флюидных систем, в том числе и углеводородов, мигрирующих вверх из глубинных зон земной коры и мантии. За последующие десятилетия накопилось много геолого-геофизических материалов, подтверждающих сформулированные Н.А. Кудрявцевым закономерности.

Локализация месторождений нефти и газа преимущественно в осадочном чехле, который в пределах платформенных областей в верхней части осадочного разреза (3...4 км) в большинстве случаев не имеет четко выраженных разрывных нарушений, позволила считать идею приуроченности месторождений к разломам дискуссионной. Однако более полное изучение глубоких горизонтов осадочного чехла и фундамента в платформенных областях выявило глубинные разломы земной коры, которые проявляются в геофизических полях, отражаются в структуре фундамента, осадочного чехла и ландшафте поверхности. Многие из них контролируют зоны нефтегазонакопления. Некоторые из этих разломов являлись каналами для поступления магматических расплавов в эпохи высокой тектонической активности и подводного вулканизма, в поствулканические эпохи служили каналами для внедрения магмы в накопившиеся осадочные

Приводятся сведения о роли разломов земной коры как основных проводников флюидных систем, мигрирующих из фундамента в осадочные толщи нефтегазоносных бассейнов. На примере нефтегазоносных районов Восточно-Европейской платформы и Предкавказского краевого прогиба, где были проведены исследования современной динамики разломных зон, показана связь вертикальной миграции гидротермальных систем с современными геодинамическими процессами и размещением нефтегазоносности.

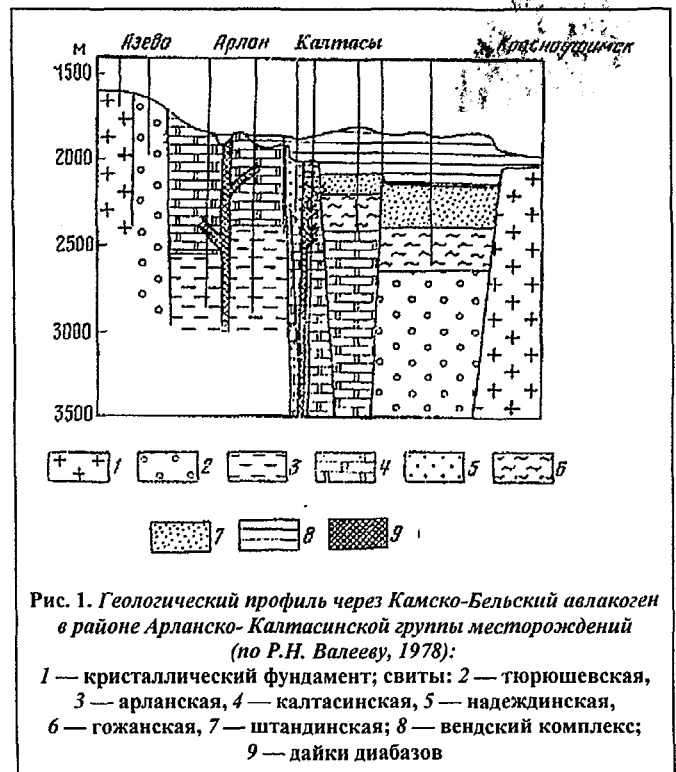
About the role of the Earth crust faults as a main conductors of the fluid systems which migrate from the crystalline basement to the oil and gas basins is reported. On the base of the East European platform and Caucasus foredeep oil and gas regions, the hydrothermal systems vertical migration and the present-day geodynamics processes and the oil and gas location connection is exposed.

толщи (дайки, силлы), т. е. корнями уходят в мантию Земли.

Разбуриванием глубоких горизонтов осадочного чехла и фундамента в пределах древней платформы и геофизическими работами были обнаружены системы глубоких впадин, ограниченных разломами (авлакогены или рифтовые системы), заполненные мощными толщами додевонских осадков.

На рис. 1, заимствованном из работы Р.Н. Валеева [1] (1978), впервые изучившего авлакогеновые (рифтовые) структуры в пределах Русской

платформы, приведен профиль через наиболее продуктивную в отношении нефтегазоносности зону северной части Башкирии в районе Арланской и Калтасинской групп месторождений. Здесь установлены разломы фундамента и сложного комплекса додевонских отложений, выполняющих Камско-Бельский авлакоген. Следует напомнить, что к бортам этого авлакогена приурочены наиболее крупные месторож-



дения нефти. Здесь же установлено присутствие даек габбро-диабазов, свидетельствующих о том, что формирующие грабен разломы глубокого заложения уходят корнями в мантию. Подобные авлакогены (или рифтовые структуры) и образующие их глубинные разломы в фундаменте известны во всех нефтегазоносных районах восточной части Русской платформы.

Особенно интересны результаты, полученные при разбуривании кристаллического фундамента в пределах Татарского свода, где он вскрыт до глубин более 5000 м (при толщине осадочного чехла 1,5...2,0 км). В комплексе кристаллических пород возрастом 2,9 млрд лет в зоне региональных разломов обнаружены участки разуплотнения и трещиноватости, насыщенные рассолами с газами разного состава, в том числе и углеводородами. По данным И.Х. Кавеева и В.П. Степанова [2], разуплотненные коллекторы с притоками флюидов с глубин 4700...5100 м приурочены к кольцевому разлому архейского фундамента, характеризующегося повышенной трещиноватостью пород, катаклизом, гидротермальной переработкой, дайками габбро-диабазов. Разломы проявляются в осадочном чехле интенсивной трещиноватостью и повторениями разрезов по разрывам. Зона регионального кольцевого разлома контролирует размещение нефтяных залежей, вышележащих битумов, а также аномальные концентрации углеводородов в подпочвенном воздухе.

Воды кристаллического фундамента на Татарском своде хлоркальциевые, плотностью 1,185...1,2 г/см³. С увеличением глубины залегания разуплотненных зон в фундаменте в рассолах возрастает содержание кальция (до 85...94 г/л), а количество натрия уменьшается до 12,4...19,3 г/л. Общая минерализация увеличивается с 245 до 289 г/л ("Кристаллический фундамент Татарстана...", 1996).

Следует напомнить, что пластовые воды нефтегазоносных отложений терригенного девона на Татарском своде также представлены хлоркальциевыми рассолами, минерализация которых около 265 г/л, а содержание CaCl₂ до 29,02 г/л (Кротова В. А., 1962). Таким образом, рассолы терригенных девонских отложений близки рассолам кристаллического фундамента.

Состав растворенных газов в рассолах верхней части фундамента в основном метаново-азотный, в отдельных случаях азотно-метановый. Газонасыщенность изменчива — до 450 см³ в нижних горизонтах вскрытого фундамента, иногда она увеличивается до 600 см³ с одновременным повышением процента метана в газе.

Помимо азота и метана, которые составляют около 85 %, в растворенном газе присутствуют тяжелые углеводороды (до 8 %), водород (до 8,8 %), кислород (до 2,6 %), углекислый газ (0,06...1,4 %), содержание гелия иногда составляет 5,4...7,0 %, присутствует аргон (1,4 %). Состав растворенных газов изменчив на разных уровнях в разных пробах.

Фундамент вскрыт на Татарском своде многими скважинами. В теле фундамента выявлены многочисленные зоны деструкции (разуплотнения) и гидротермальной проработки, являющиеся коллекторами флю-

идных систем. В некоторых скважинах удалось провести режимные наблюдения флюидных систем и геофизических параметров. Установлена изменчивость во времени состава флюидов (минерализации и состава вод и растворенных газов) и вариации геофизических параметров, что свидетельствует о протекании в кристаллическом фундаменте активных эндогенных гидротермальных процессов (Муслимов Р.Х. и др., 1998). Эти наблюдения особенно важны, так как до изучения глубинного строения фундамента и его флюидных систем на Татарском своде принципиально новые геодинамические характеристики зон нефтегазоаккумуляции были получены в других районах [7]. Эти данные свидетельствуют о том, что для зон нефтегазоаккумуляции характерны изменчивость во времени геофизических и геохимических полей, а также более интенсивные современные движения земной поверхности, отражающие современные геологические процессы в недрах осадочного чехла и фундаменте и гидротермальную природу этих явлений [9].

О том, что разломы на Татарском своде активны в современную эпоху, свидетельствуют и многочисленные землетрясения, зафиксированные здесь до начала разработки нефтяных месторождений и участвовавшие в ходе разработки залежей. По данным К.М. Мирзоева и др. (1998), подавляющее количество эпицентров землетрясений находится на глубинах 2...4 км. Самые глубокие толчки достигают 11 км. Эпицентры землетрясений локализируются в зонах разломов.

Глубинные разломы, проявляющиеся в структуре фундамента и затрагивающие осадочный чехол, впервые были изучены сейсмическими работами в пределах Днепровско-Припятского авлакогена [3]. Было показано, что выявленные разломы фундамента контролируют вулканизм девонского времени, размещение штоков соли и структур осадочного чехла. Глубинным сейсмическим зондированием были установлены "корни" этих разломов, уходящие в мантию, и подъем границы Мохоровичича, т. е. приближение к поверхности этой границы под центральной частью впадины [3].

Структура осадочного чехла нефтегазоносных впадин и связь ее со структурой фундамента стали особенно очевидны при получении новой информации о структуре земной коры в целом в результате совершенствования методов геофизических исследований за последнее десятилетие. Анализ глубинного строения нефтегазоносных территорий привел исследователей к выводу о том, что формирование нефтегазоносных бассейнов является следствием общего геодинамического процесса эволюции Земли, включая энергообмен между верхней мантией и корой [5], который осуществляется по проницаемым системам глубинных разломов, а рифтогенез рассматривается как одна из основных стадий формирования земной коры при формировании нефтегазоносных впадин (бассейнов). Исследование структуры земной коры и свойств мантии под нефтегазоносными районами показало, что нефтегазоносность, как и скопления

других глубинных флюидогенных полезных ископаемых, тесно связана с глубинным строением (Егоркин Н.К., Булин А.В., 2000).

Структура глубоких горизонтов фундамента нефтегазоносных территорий изучена еще недостаточно полно. Поэтому особенно интересны результаты таких исследований как в платформенных условиях, так и в предгорных прогибах.

На рис. 2 приведен профиль через Припятскую впадину, для которой изучено строение земной коры до глубины 100 км. [6]. Разломы в пределах осадочного выполнения здесь были установлены на начальной стадии изучения этого региона глубоким бурением. Структура подсолевой девонской толщи оказалась блоковой, в виде ступенчатой субширокого простирания. Промышленная нефтегазоносность связана лишь с северной частью впадины. Здесь же на глубине до 100 км проявилась вертикальная зона пониженных скоростей прохождения сейсмических волн, которая свидетельствует о присутствии флюидных систем и возможном плавлении вещества нижней части земной коры и верхней мантии. Зона нефтенакопления в северной части впадины характеризуется и более напряженным тепловым полем, указывающим на более интенсивную миграцию флюидных систем в этой зоне, что и определяет ее промышленную нефтеносность.

Связь зоны нефтегазонакопления с глубинными разломами в пределах краевых прогибов, например, в Восточном Предкавказье также долго считалась дискуссионной, а Терская и Сунженская структурные зоны многими авторами представлялись как "бескорневые" складки. Однако при изучении глубинного строения этих структур и современной геодинамики были установлены глубинные разломы земной коры, уходящие корнями в мантию, зоны разуплотнения пород в их пределах и активная разгрузка флюидных систем в отдельных их звеньях [7].

В результате геофизических исследований по Терскому профилю были протрассированы глубинные разломы земной коры под главными зонами нефтегазонакопления — Терской и Сунженской (рис. 3). Интенсивные разгрузки флюидных систем в разломных зонах здесь проявляются в виде излияния на поверхность горячих минеральных вод с нефтегазопроявлениями на Терском и Сунженском хребтах, а зоны разуплотнения установлены по независимым геодинамическим и гравиметрическим данным.

Несмотря на то, что приуроченность зон нефтегазонакопления к глубинным разломам земной коры уже давно отмечена многими исследователями в практике нефтепоисковых работ, эту закономерность не применяли в качестве научного обоснования. В качестве обоснования обычно приводили данные о толщине осадочного выполнения, присутствии в разрезе возможных нефтепроизводящих комплексов и коллекторов, а также о выявленных положительных структу-

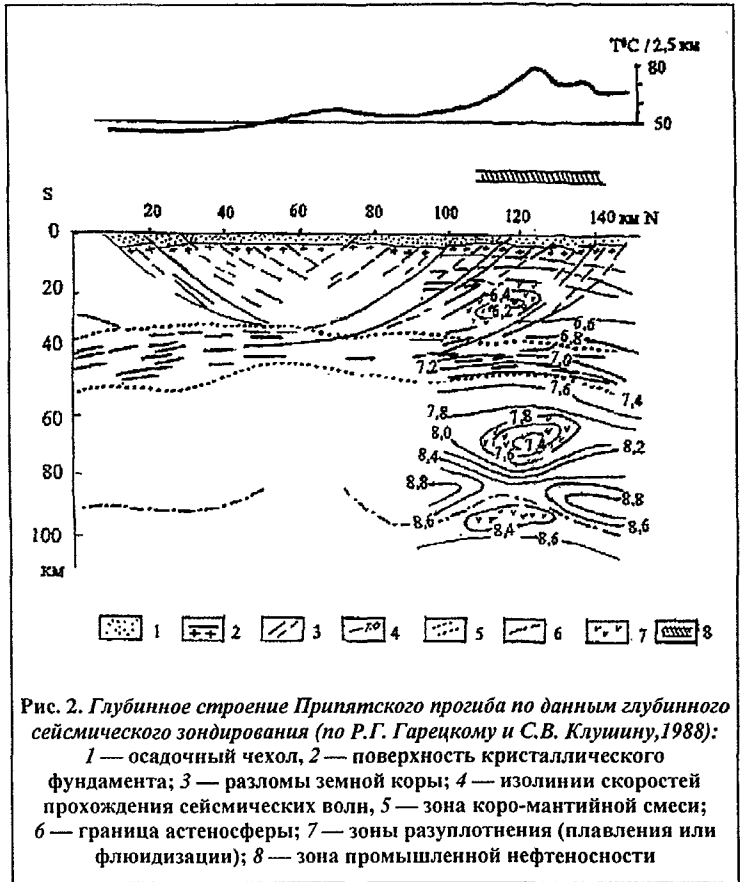


Рис. 2. Глубинное строение Припятского прогиба по данным глубинного сейсмического зондирования (по Р.Г. Гарецкому и С.В. Клушину, 1988): 1 — осадочный чехол, 2 — поверхность кристаллического фундамента; 3 — разломы земной коры; 4 — изолинии скоростей прохождения сейсмических волн, 5 — зона коро-мантийной смеси; 6 — граница астеносферы; 7 — зоны разуплотнения (плавления или флюидизации); 8 — зона промышленной нефтеносности

рах в осадочном чехле. Такой подход обычно приводит к 30%-й успешности при опoисковании всех выявленных структур. Поиски углеводородов вне положительных форм — так называемые неструктурные залежи — практически не имели четких обоснований и базировались на гипотетических предположениях о возможных путях горизонтальной (латеральной) миграции флюидных систем.

Наиболее существенный сдвиг в изучении разломов земной коры произошел при внедрении в практику геологических работ космогеологических исследований — материалов дистанционного изучения Земли из космоса. Казавшиеся в начале этих исследований сомнительными выделенные при дешифрировании снимков линеаменты и кольцевые структуры, при более глубоком их изучении дали бесценную информацию о структуре земной коры и размещении полезных ископаемых. Наиболее ценными обобщающими документами явились космогеологические карты масштабов 1:5000000 и 1:2500000 для всей территории России и СНГ, а также карта разломов фундамента этой же территории.

Использование космогеологической информации уже дало практические результаты. Выявлены сквозные рудоконтролирующие структуры, позволившие выделить новые пояса и зоны эндогенных месторождений. Устанавливается связь эндогенных рудных и нерудных полезных ископаемых, в том числе нефти и газа, с трансконтинентальными линеаменами, обнаруженными дистанционным зондированием [8].

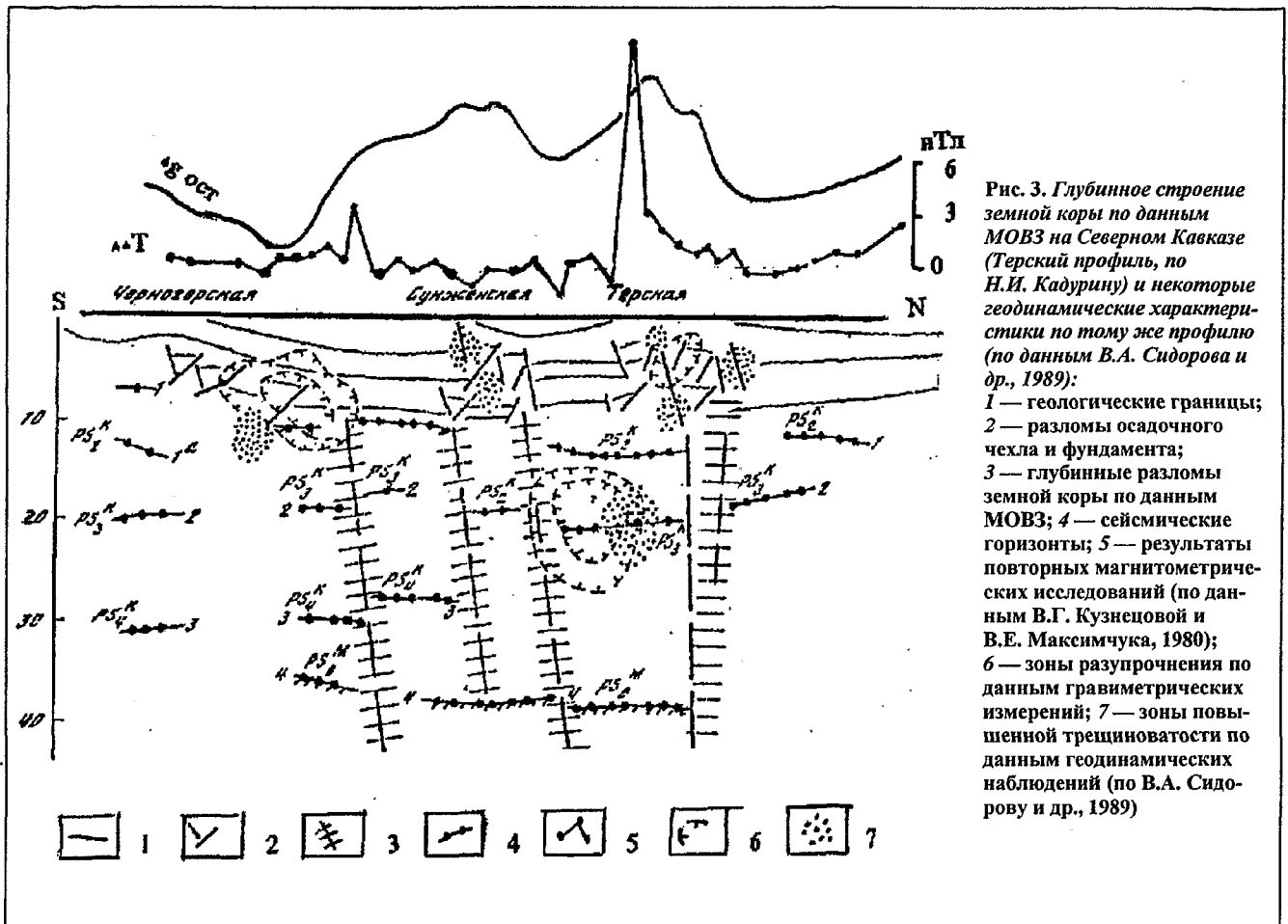


Рис. 3. Глубинное строение земной коры по данным МОВЗ на Северном Кавказе (Терский профиль, по Н.И. Кадурицу) и некоторые геодинамические характеристики по тому же профилю (по данным В.А. Сидорова и др., 1989):
 1 — геологические границы; 2 — разломы осадочного чехла и фундамента; 3 — глубинные разломы земной коры по данным МОВЗ; 4 — сейсмические горизонты; 5 — результаты повторных магнитометрических исследований (по данным В.Г. Кузнецовой и В.Е. Максимчука, 1980); 6 — зоны разупрочнения по данным гравиметрических измерений; 7 — зоны повышенной трещиноватости по данным геодинамических наблюдений (по В.А. Сидорову и др., 1989)

Несмотря на многочисленные признаки флюидо-проводящей роли разломов, фундаментальных исследований параметров флюидопроницаемости зон разломов и изменчивости их во времени в нефтяной геологии не проводилось. Это связано, видимо, с тем, что многие десятилетия разломы обычно рассматривали как тектонические экраны или структуры, разрушающие залежи нефти (в случае, когда разрывные нарушения контролировали выходы нефти на поверхность). В то же время структуре, флюидопроницаемости и процессам, происходящим в зонах разломов, уделено большое внимание в геологии рудных месторождений. С разломными структурами и миграцией флюидных систем в их пределах от магматических очагов до поверхности связаны процессы формирования рудных флюидогенных месторождений разных типов. Взаимодействие флюидных систем в поровом и трещинном пространстве пород зон разломов было изучено наиболее глубоко, так как именно в результате взаимодействия твердой и жидкой фаз в процессе миграции последней из глубинных сфер Земли и изменений самих флюидных систем осуществляются транспортировка и отложение многих рудных и нерудных минералов и их ассоциаций, образующих скопления разных полезных ископаемых.

В связи с тем что флюидные системы верхней части земной коры, помимо магматических расплавов, представлены главным образом водой с растворенны-

ми в ней солями, газами разного состава (в том числе и углеводородами) и нефтями и являются единой флюидной системой, из которой формируются как залежи нефти и газа, так и скопления термальных минеральных вод и многочисленные месторождения флюидогенных рудных и нерудных полезных ископаемых, целесообразно обратиться к разработкам, моделям и экспериментальным исследованиям процессов в области рудной геологии.

Обобщающими исследованиями в этой области являются монография Г.Л. Поспелова [13] и ряд других работ этого автора, в которых рассмотрены особенности зон глубинных разломов как основных флюидо-проводников, динамика флюидных систем во взаимодействии с трещинно-поровыми средами зон глубинных разломов на разных уровнях литосферы и мантии, основные закономерности метасоматоза, миграции элементов от корневых зон литосферы до поверхности. Эти разработки касаются и верхней части литосферы, где располагаются разведанные месторождения нефти и газа. Поэтому многие подходы, расчеты и экспериментальные исследования этого автора могут быть использованы для понимания динамических, флюидодинамических и метасоматических процессов в зонах нефтегазоаккумуляции, для построения моделей формирования скоплений углеводородов в разных геологических ситуациях.

Г. Л. Поспелов особое внимание обращает на то, что флюиды играют немаловажную роль в деформационных процессах, содействуя развитию последних. Особенно большое значение при взаимодействии флюидов и пород имеют процессы гидроразрыва. Экспериментальные результаты этих явлений хорошо известны в связи с разработкой нефтяных месторождений и используются как метод интенсификации добычи нефти путем удлинения и расширения трещин и образования новых трещин в коллекторах. Опытные данные показывают, что гидравлическое расширение трещин и образование новых происходят при давлениях, которые в 1,4...2,5 раза превышают гидростатическое и составляют 50...70 % от литостатического. Это вполне сходно с АВПД, которые часто встречаются в нефтегазоносных районах. Радиус трещин гидроразрыва достигает нескольких десятков метров при зазоре 1...2 см и более, а объем трещин — десятков кубических метров. Скорость гидроразрыва достаточно высокая (до нескольких десятков и сотен метров за час). Лучший результат по гидроразрыву достигается в менее проницаемых породах.

В природных условиях для начала гидроразрыва достаточны АВПД, которые встречаются на глубинах 3...5 км, если учитывать еще сейсмичность как пусковой механизм. Это явление распространено чрезвычайно широко, и именно этот механизм формирует основные пути миграции флюидных систем.

У гидротермальных и магматических флюидных систем имеются повышенные возможности производить гидроразрыв за счет явлений бурного фазового расслоения и развития взрывообразных продуктов. Подтверждением протекания таких процессов являются брекчии взрывного типа, известные в некоторых рудных полях (Иванкин П.Ф., 1966). Нельзя исключить, что эти события могут вызвать и сейсмический эффект.

При анализе динамики флюидов и вмещающих пород эти системы обычно рассматривают раздельно. В то же время элементы их взаимодействия можно выразить через определенный набор показателей. Так, участие флюидов может быть учтено через показатели вязкости (как это сделали Прайс и др. [12]), а участие твердых пород в динамике флюидов — через уравнения, описывающие взаимодействие во времени вещества с вмещающими породами (сорбция, полный обмен, химические реакции), что сделать значительно сложнее.

Проблемы геохимической миграции для нефтегазовых систем решаются пока упрощенно, на базе моделей транзитных флюидодинамических систем, без учета процессов взаимодействия флюидов с вмещающими породами и изменений самих флюидов в процессе миграции, а результаты расчетов применяются главным образом при разработке месторождений. Отдельные аспекты этой проблемы решаются пока только на качественном уровне, основываясь на экспериментальных работах по изучению процессов миграции углеводородных систем через пористые среды

и без учета других составляющих природных флюидных систем — водных растворов и неуглеводородных газов.

Анализ взаимодействия природных флюидных систем с вмещающими породами в виде минеральных новообразований, их зональности, процессов метасоматических замещений, а также расшифровка состава и состояния самих флюидов по данным микровключений в минеральных новообразованиях, термобарические условия процессов на разных глубинных уровнях литосферы отражены в многочисленных работах петрологов. Многие установленные положения подтверждены экспериментальными исследованиями, термодинамическими и физико-химическими расчетами.

Ведущим процессом преобразования пород в зонах глубинных разломов признана дегазация глубинных сфер как основной процесс развития Земли в целом. Этому вопросу были посвящены специальные Всесоюзные совещания [14], на которых специалистами разного профиля были представлены геологические, геохимические, геофизические материалы, с разных сторон освещающие этот процесс.

На фоне глобального процесса дегазации Земли глубинные разломы являются естественными дренирующими земную кору системами, по которым осуществляется массоперенос из глубинных сфер к поверхности. В пределах зон разломов возникают различные напряжения, среди которых основными являются барические, термические, электрические, химические и др. Все эти напряжения отражаются в геофизических полях и могут быть измерены с той или иной достоверностью в зависимости от имеющихся технических средств.

Так, изучение пластовых давлений в зонах нефтегазоаккумуляции [10], [11] показало неравномерность распределения давлений в геологическом разрезе, тесную связь притока пластовой энергии с разломами, существование ореолов вторжения флюидных систем, проникающих из глубинных сфер Земли по системам разломов. Режимные наблюдения в зонах нефтегазоаккумуляции [7], а также процессов грязевого вулканизма, характерного для наиболее активных зон нефтегазоаккумуляции, позволили сделать вывод о пульсационной динамике вторжения флюидов и связи этих явлений с другими геодинамическими, геофизическими и геохимическими процессами, сейсмичностью Земли и взаимодействием ее с другими космическими телами.

Изучение теплового поля Земли также свидетельствует об основополагающей роли глубинных разломов как основных проводников тепловой энергии, постоянно поступающей из глубинных недр Земли. Было показано, что нефтегазоносные территории располагаются в зонах средних и повышенных значений теплового потока, а многими исследователями, изучавшими тепловое поле в зонах нефтегазоаккумуляции, установлена дифференцированность температурного поля как в пределах крупных тектонических элементов, являющихся зонами нефтегазоаккумуляции, так и в пределах локальных структур.

Например, на Салымском месторождении в Западной Сибири пластовая температура на отметке -2700 м изменяется от 96 до 150 °С. На Эльдаровском месторождении в Терско-Каспийском прогибе на глубине 3000 м она варьирует от 100 до 148 °С. Это сопровождается обычно и какими-либо геохимическими аномалиями (в водной среде или нефти), что свидетельствует о вертикальном флюидном массопереносе тепла. Обычно при сопоставлении карты распределения температуры со структурными картами оказывается, что термические и геохимические аномалии локализованы в отдельных узлах пересечения разрывных нарушений, которые и являются наиболее проницаемыми участками для вертикальных перетоков флюидов, определяющих термические и геохимические аномалии в пределах структуры. К этим же участкам приурочены и улучшенные емкостные свойства коллекторов нефти, что было показано специальными исследованиями (Багдасарова и др., 1980, 1997).

Современная флюидодинамика в зонах глубинных разломов особенно отчетливо проявилась при режимных флюидодинамических наблюдениях в сейсмоактивных областях. После Ташкентского землетрясения 1966 г., при котором было зарегистрировано существенные изменения в составе подземных вод и газов, были организованы специальные полигоны и начаты систематические режимные наблюдения флюидных систем с целью поисков геохимических предвестников землетрясений. Основные результаты этих исследований можно найти в монографиях Д.Г. Осики (1980), Е.В. Каруса и О.Л. Кузнецова (1980), И.Г. Кисина (1982), В.Л. Барсукова и др. (1992), а также в многочисленных статьях.

Вертикальная миграция флюидных систем и контролирующая роль при этом разрывных нарушений наиболее ярко проявляются в складчатых областях и не всегда четко и сразу устанавливаются в платформенных условиях, где для этого требуется более детальное изучение структуры фундамента и осадочного чехла геофизическими методами, дистанционными и геоморфологическими исследованиями.

На геодинамических полигонах в нефтегазоносных областях на платформах и в краевых прогибах была сделана попытка комплексного обобщения всех имеющихся геолого-геофизических и геохимических материалов, а также выполнены целенаправленные геофизические и геохимические режимные наблюдения для определения роли разломов в проявлении миграции флюидных систем в зонах разломов, формировании зон нефтегазоаккумуляции, оценке флюидодинамических параметров проницаемых разломов как в зонах нефтегазоаккумуляции, так и в пределах отдельных нефтегазоносных структур [7].

Полученные на полигонах параметры современных вертикальных и горизонтальных перемещений земной поверхности в зонах разломов, вариации гравитационного и магнитного полей в отдельных их звеньях и изменчивость во времени интенсивности разгрузки флюидных систем в наиболее проницаемых участках разломов в той или иной мере отражают общую динамику сложных многоступенчатых процессов в зонах разломов. Выполненные наблюдения на конкретных геологических объектах позволяют подойти к количественной оценке этих процессов, что имеет первостепенное значение как для раскрытия механизма формирования месторождений нефти и газа, так и для разработки принципиально новых подходов к их поискам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валеев Р.Н. Авлакогены Восточно-Европейской платформы. — М.: Недра, 1978. — 150 с.
2. Кавеев И.Х., Степанов В.П. Новые данные о дегазации глубинных толщ архейского фундамента Татарского свода // Дегазация Земли и геотектоника. — М.: Наука, 1991. — С. 192—193.
3. Чирвинская М.В., Солозуб В. Б. Глубинная структура Днепровско-Донецкого авлакогена по геофизическим данным. — Киев: Наукова думка, 1980. — 177 с.
4. Кудрявцев Н.А. Глубинные разломы и нефтяные месторождения. — Л.: Гостоптехиздат, 1963. — 220 с.
5. Астафьев Д.А., Шейн В.С. Блоково-дизъюнктивная тектоника — фактор обособления и автономности развития крупных районов нефтегазоаккумуляции // Материалы конф. "Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа". — М.: МГУ, 1999. — С. 22—24.
6. Гарецкий Р.Г., Клушин С.В. Глубинное строение и нефтегеологическое районирование Припятского прогиба // Докл. АН БССР. — 1988. — Т. 32, № 1. — С. 49—52.
7. Современная геодинамика и нефтегазоносность / В.А. Сидоров, М.В. Багдасарова, С.В. Атанасян и др. — М.: Наука, 1989. — 199 с.
8. Архангельская В.В. Линейная минерализация СССР. — М.: Недра, 1990. — 160 с.
9. Багдасарова М.В. Современные гидротермальные системы и их связь с формированием месторождений нефти и газа // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. — М.: Наука, 2000. — С. 100—115.
10. Аникеев К.А. Геодинамическая теория сверхвысокой пластовой энергии разбураиваемых нефтегазоносных недр // Дегазация Земли и геотектоника. — М.: Наука, 1980. — С. 205—217.
11. Кропоткин П.Н., Валяев Б.М. О природе аномально высоких пластовых давлений в нефтяных и газовых месторождениях // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1965. — № 11. — С. 29—46.
12. Прайс Н., Файф У., Томпсон А. Флюиды в земной коре. — М.: Мир, 1981.
13. Поспелов Г.Л. Парадоксы метасоматоза. — М., 1973.
14. Дегазация Земли и геотектоника. — М.: Наука, 1980.