

Основные типы флюидных систем осадочных нефтегазоносных бассейнов

Абукова Лейла Азретовна

На современном уровне изучения процессов массопереноса в осадочных нефтегазоносных бассейнах (НГБ) исходя из механизма передвижения УВ и подземных вод можно выделить три основных типа флюидных систем¹ геосферы -инфильтрационный, элизионный и геодинамический. Как правило, они сменяют друг друга в названной последовательности.

В инфильтрационных² флюидных системах (ИФС) движение флюидов обусловлено пластовым давлением, которое обычно равно гидростатическому, а потому с большой точностью может быть вычислено по результатам гидрогеологического опробования скважин. Основная причина массопереноса — неравномерность формирования гидростатического давления (напора), или, другими словами, возникновение градиентов гидростатического давления, что главным образом вызвано разницей гипсометрического положения различных частей НГБ. В этом случае механизм передвижения флюидов сводится к их проникновению вниз по разрезу [3].

Для ИФС характерно развитие гидродинамической и гидрохимической зональности в больших масштабах, часто охватывающее всю структуру НГБ. ИФС широко представлены в верхних этажах НГБ (особенно древних), например дорифейские водоносные комплексы Русской плиты.

В элизионных флюидных системах (ЭФС) движение УВ и подземных вод контролируется пластовым давлением, которое может быть равно гидростатическому, хотя часты и случаи его превышения.

Напор создается за счет отжатия вод из уплотняющихся, преимущественно глинистых, отложений в коллекторы, а также при термической дегидратации минералов, деструкции органического вещества.

Причиной движения в ЭФС является неравномерность интенсивности отжатия вод в различных участках НГБ, что в свою очередь контролирует разницу в потенциальной энергии упругой деформации. Миграция флюидов, как правило, происходит из более погруженных частей бассейнов в приподнятые (т.е. вверх по восстанию пластов). Пластовое давление может быть равно гидростатическому, но может и превышать его: в этих случаях формируется субгидростатическое давление, которое благодаря континуальным свойствам может быть спрогнозировано довольно точно на основе геологических данных и результатов скважинных замеров. ЭФС наиболее широко развиты в породах молодых осадочных НГБ, обычно в их погруженных частях, например в юрских отложениях Мургабской впадины Амударьинского НГБ, меловых отложениях Терско-Каспийского прогиба Восточно-Предкавказского НГБ и т.д. [3]. Для ЭФС характерна зависимость флюидодинамической зональности от тектоники (и прежде всего разломной тектоники) и химической зональности от литофациальной обстановки. По Амударьинскому (Каракумскому) НГБ ранее методами аналогового и математического моделирования гидрогеологических условий мезозойских (нижнемеловых и верхнеюрских) отложений были выделены отдельные ЭФС для крупных отрицательных структур (Предкопетдагский прогиб, Мургабская и Амударьинская впадины) и показано, что для глубин, где возрожденные воды не принимают активного участия в

формировании общего баланса подземных вод, их химический состав почти полностью зависит от исходного состава вод бассейна осадконакопления (т.е. от литофациальных условий), температуры и давления.

Как правило, ЭФС развиты на глубине залегания флюидовмещающих отложений, находящихся на средних стадиях нефтегазообразования, поэтому тепловой режим здесь наряду с давлением играет важную роль в функционировании системы. На большой же глубине, где свойства разнофациальных пород сближаются, роль этого фактора, по мнению Г. Ф. Григорьевой и В. В. Потеряевой (1988), заключается главным образом в сохранности или разрушении скоплений УВ. Отметим, что по мере углубления осадочного чехла уменьшаются геотермические градиенты, возрастает степень "вещественной" однородности флюидных систем. Большое значение для функционирования флюидных систем на термобарическом континуальном фоне приобретают иные энергетические (и прежде всего электромагнитные) источники (Дудин Ю.Д., 1993), но они связаны с другим типом флюидных систем.

В геодинамических флюидных системах (ГФС) напор вод создается в результате геодинамического давления [3]. В отличие от ИФС пластовое давление здесь не равно гидростатическому и не контролируется, как в ЭФС, масштабами элизии свободных, рыхло- и прочносвязанных вод под действием геостатической нагрузки. Оно вообще гораздо сложнее по своей природе и в основном связано с резонансными волновыми явлениями в геологической среде. Причины, по которым волновые процессы порождают силовые напряжения в пластовых системах, позволяют лучше понять опыты В. М. Сбоева, исследовавшего микросейсмические процессы, возникающие в массивах горных пород при техногенном воздействии. Он показал принципиальную возможность перехода энергии упругой деформации в высокочастотные колебания в напряженном массиве горных пород. Им отмечено, что в добротных ненарушенных целиках, способных накапливать значительное количество потенциальной энергии от действия геостатического давления, при ударном воздействии провоцируются квазирезонансные микросейсмические колебания со значительными амплитудами, превышающими в 2-3 раза амплитуды провоцирующих (ударных) колебаний. В этих опытах важно установление не только факта возникновения высокочастотных квазирезонансных явлений, но и того обстоятельства, что при этом не происходит разрушения добротных целиков [5].

Другими словами, в природной геологической среде геодинамическое сжатие приводит к повышению потенциальной энергии упругой деформации, а та в свою очередь - к возникновению микросейсмического шума. Наложение же на систему дополнительных (любых и сколь угодно малых) волновых воздействий инициирует перевод части энергии деформации в высокочастотную энергию при сохранении целостности исходной геологической структуры. Высокочастотные эффекты влекут за собой флюидодинамические и химические явления нелинейного характера. Так, "известны случаи, когда внезапно, без видимой причины на поверхности Земли, как правило, в окрестных разломных зонах в течение приблизительно месяца изливаются обильные водные источники. В Иране, в провинции Кум, на поверхность вылилось целое озеро нефти... Можно ... интерпретировать это как результат выхода на поверхность кинематической волны" [4, с.63].

Многочисленны данные о гидрогеодинамических и гидрохимических эффектах, наблюдаемых при землетрясениях. А.А. Карцев подчеркивает, что значения гидравлических градиентов, фиксируемые в инфильтрационных и элизионных системах, нередко ниже значений, необходимых для достижения начальных градиентов, что препятствует фильтрации и тем самым сильно снижает скорость массопереноса. В геодинамических же системах дело может обстоять иначе. Там фильтрация растворов, по-видимому, обеспечивает

относительно значительные скорости и объемы массопереноса, в том числе и миграцию УВ [3]. По данным В.Г.Дзамунашвили и др. (1982), в условиях всестороннего сжатия сдвиговые деформации на несколько порядков ускоряют течение химических реакций в геологической среде.

Экспериментами В.М.Сбоева показаны взаимопереходы микросейсмического фона и энергии упругих деформаций в целиках горных пород. Но в реальных условиях ситуация намного сложнее - геодинамическое давление может рассматриваться как продукт совместного разночастотного воздействия на ГФС микросейсмического, электромагнитного и акустического полей Земли, движение флюидов обеспечивается неравномерной плотностью интегрального разночастотного поля. Кроме того, надо иметь в виду, что колебательные процессы в геологической среде бывают как периодическими, так и непериодическими.

Самоорганизация периодических волновых процессов приводит в течение геологического времени к формированию в пределах ГФС нефтегазоносных бассейнов устойчивых материально-энергетических систем [2, 4]. На материале Амударьинского (Каракумского), частично Южно-Каспийского и Южно-Мангышлакского НГБ построена автоволновая двухмасштабная модель ГФС, схожая с квантово-механической моделью строения атомного ядра. Предложенная макроквантовая модель распространения ГФС по территории юга Туранской плиты "расшифровывает" пространственную сопряженность большинства нефтегазоносных объектов (залелей, нефтегазопоявлений, нефтяных примазок), объектов гидрогеологического опробования (с повышенным содержанием гелия, йода и брома), а также локальных зон геодинамической неустойчивости (пересечения линеаментов, тектонических разломов).

На наш взгляд, так называемую гидродинамическую ловушку можно рассматривать как один из результатов воздействия ГФС, основанный на сопряжении различных по масштабам геофлюидодинамических структур.

Возбуждение геодинамического поля достигается и вследствие непериодических возмущений. Разновидностью последних являются короткоживущие подкорковые локальные возмущения (КПЛВ), низкочастотная составляющая ($t > 10^9$ с) которых представляет собой вековые колебания поверхности, а высокочастотная составляющая ($t \approx 10^7$ с) соответствует микросейсмическому интервалу [1]. Показано также, что к КПЛВ приурочены морфоструктуры центрального типа и, что особенно важно (для понимания связи гео- и гидрогеологического режима НГБ), короткоживущие структуры деформации в подземной гидросфере, открытые и названные "муаровыми структурами" гидрогеодеформационного поля Земли Г.С.Вартаняном и Г.В. Куликовым [1].

Выше были рассмотрены условия возникновения ГФС в тектоническом плане относительно спокойных и пространственно выдержанных территорий. Между тем, как свидетельствуют опыты, в геологически неоднородном, блочном, трещиноватом, напряженном массиве горных пород под действием геостатического давления может происходить неоднократная перестройка структуры геологического пространства с разуплотнением и уплотнением, возможны локальные зоны резкого (до 50 %) всплеска частоты микросейсмических колебаний [5]. В реальной геологической среде описанный механизм характерен для зон геодинамического растяжения, приуроченных к тектоническим разломам, где нередко случаи возникновения субгидростатических давлений, которые можно рассматривать как одно из проявлений сложной динамики процесса перераспределения геодинамического давления. Такие условия, на наш взгляд, характерны для триасовых отложений Долиновской зоны нефтегазоаккумуляции, расположенной на границе Чернолесского прогиба и Томузловской ступени (Восточно-Предкавказский НГБ). В ее пределах фиксируются термоаномалия,

субгидростатические давления и повышенные значения прямых гидрогеологических критериев нефтегазоносности.

Зоны субгидростатических давлений (даже если они носят временный характер) могут способствовать формированию флюидных систем особого, депрессионного типа. Такие системы были выделены Ю. И. Яковлевым и Р. Г. Семашевым в пределах Сибирской платформы. Механизм их образования заключается в частичном поглощении (засасывании) вод осадочного чехла раздробленными породами разломных зон в верхней части фундамента при отсутствии подтока инфильтрационных вод вследствие наличия мощной криолитозоны. Подобные системы обнаружены и в Западной Сибири - в пределах рифтоподобного Колтогорского прогиба [3].

Между трещиноватым фундаментом и осадочными отложениями в момент разломообразования возникает частичный вакуум, который будет плотнее в кристаллическом фундаменте (поскольку в нем будет больше пустот), чем в смежных осадочных породах. Формой выхода из вакуума является возникновение в фундаменте электромагнитного поля высокого напряжения, способствующего активной миграции УВ из осадочных отложений в трещиноватый фундамент. При лавинном трещинообразовании, по данным В.Д.Кукурузы и В.И.Савченко (1993), в зоне нарушения возникает сильное объемное электрическое поле, превышающее нормальное поле у поверхности Земли в несколько тысяч раз. При такой физике процесса надо ожидать формирования ГФС, скорее всего, вихревого (ревербераторного) типа, поскольку они в большей мере соответствуют траектории силовых полей электромагнитного поля. Возникновение вихревых ГФС и их связь с электромагнитными полями ранее были отмечены М. Г. Гаврилюк (1985) на территории Чарджоуского, Бухарского и Гиссарского нефтегазоносных районов Амударьинского НГБ.

Таким образом, проявление геодинамического давления (и соответственно функционирование ГФС), фиксируемое как в локальном (землетрясения, очаги короткоживущих подкорковых локальных возмущений, пульсары), так и региональном (зоны литостатического сжатия и растяжения) пространственных масштабах, за счет многосоставности энергетических источников имеет нелинейный характер. Из этого следуют два основных вывода. Первый касается крайней необходимости разработки новых подходов к анализу гидрогеологической, в частности флюидодинамической, информации. Его результатом должны стать методы описания, прогноза и интерпретации нелинейных флюидодинамических и гидрохимических эффектов для изучения процессов нефтегазообразования и нефтегазонакопления. При этом надо иметь в виду, что на большой глубине, кроме ГФС, могут быть обнаружены признаки других типов флюидных систем (например, геокинематического, при котором подземные воды и УВ полностью взаиморастворимы, флюидоупоры теряют свои экранирующие свойства, а синклинали выполняют роль ловушек УВ). Второй вывод сводится к следующему: если "точечная" (полученная в результате гидрогеологического опробования скважин) информация для ИФС может быть интерполирована в пространственных границах всего НГБ, а для ЭФС - в пределах его частей, то для ГФС такой подход неприемлем. Для объективного описания ГФС с учетом их подвижности и нелинейности проявления свойств необходим гидрогеомониторинг всей площади НГБ. Динамика гидродинамических, гидрохимических и геотемпературных параметров должна быть положена в основу диагностики новых зон нефтегазонакопления в рамках гидрогеомониторинга, проектирования и разработки месторождений УВ на большой глубине. Помимо этого, его результаты могут лечь в основу районирования НГБ по степени гидрогеодинамической устойчивости, что позволит оценить масштабы и время релаксации техногенных воздействий на НГБ.

Логично предположить, что различные (газогидрохимические, термобарические,

геохимические) параметры НГБ на большой глубине могут быть аппроксимированы в масштабах отдельных ГФС, однако из-за неразработанности методов определения формы, площади и глубины их распространения именно гидрогеомониторинг позволит разработать критерии выделения ГФС как в осадочном чехле, так и фундаменте НГБ, а также обосновать новые типы флюидных систем.

Литература

1. Бороздич Э.В. Геодинамические воздействия на среду обитания // Современные проблемы изучения и сохранения биосферы. Т.1. Свойства биосферы и ее внешние связи. - С.-Пб., 1992. -С.258-269.
2. Дмитриевский А.Н., Володин И.А., Шипов Г.И. Энергоструктура Земли и геодинамика. М. Наука, 1993.
3. Карцев А.А., Вагин С.Б., Матусевич В.М. Гидрогеология нефтегазоносных бассейнов. М. Недра, 1986.
4. Кузнецов О.Л., Симкин Э.А. Преобразование и взаимодействие геофизических полей в литосфере. М. Недра, 1990.
5. Сбоев В.М. Исследование микросейсмических процессов, возникающих в массиве горных пород подземных рудников. Новосибирск, 1988. 71с. (Препринт / Институт горного дела СО АН СССР. №25).

¹ Под флюидной системой подразумевается единство лишь УВ и подземных вод, все другие жидкие фазы осадочной оболочки земной коры в данной статье не рассматриваются.

² Рассматриваются только напорные инфильтрационные системы.