

ЭВОЛЮЦИЯ НЕФТИ (НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ)

В.И. Иванников
(ОАО «Газ-Ойл»)

Прошедший XX в. можно по праву окрестить нефтяным веком — столь много значит этот продукт в жизни современного человечества. Нефть, помимо утилитарного назначения, стала яблоком

раздора и предметом международной геополитики. Машинная индустрия не мыслима без основных энергоносителей, каковыми являются нефть и ее производные.

Запасы нефти огромны, но исчерпаемы, поэтому генеральной задачей нефтяников, добывающих этот продукт, есть и будет полнота извлечения его из недр.

В существующих гипотезах о возможности быстрой современной генерации нефти и газа и возобновляемости углеводородных ресурсов процесс природного синтеза УВ рассматривается как непрерывный. Если в отношении легких (метановых) газов такое допущение возможно, то для тяжелых УВ нефтяного ряда оно представляется неоправданным.

Ключ к пониманию механизмов формирования залежей нефти открывает перспективу решения вопроса нефтеотдачи, поскольку в реальных условиях еще слишком велика доля неизвлекаемых объемов углеводородного сырья.

Геология углеводородов как наука сродни философии — даже в коренном вопросе о происхождении этих веществ она имеет два противоположных ответа: одни исследователи утверждают и доказывают биогенную природу нефти и газа, другие — abiогенную (минеральную).

Общепринятая парадигма базируется на органической концепции образования УВ, детально разработанной и ставшей учебным пособием для геологов нефтегазового профиля. Посягательство на ее догматы встречает резкую оппозицию и непримиримую критику, хотя апологеты менделеевской гипотезы, находясь в явном меньшинстве, наращивают свою аргументацию, которую, хотя бы объективности ради, игнорировать нельзя.

Согласно известной сентенции — истина всегда лежит посередине, и в данном случае это весьма справедливо.

Но главное в проблеме нефтегазообразования — не только и не столько вопрос о корнях, сколько вопрос о механизмах, реализующих миграцию и аккумуляцию флюидов в толщах земной коры, о взаимосвязи и взаимодействии этих механизмов, приводящих в конечном счете к скоплению залежей нефти и газа. Понимание движущих сил миграции флюидов дает возможность геологам прогнозировать и

Рассмотрены проблемные вопросы современного состояния нефтяной геологии и даны ответы на них с позиции теории конвергенции УВ, разработанной автором.

Problem questions of contemporary situation of oil geology are considered and answers are given from the point of view of hydrocarbon convergence theory developed by the author.

осуществлять целенаправленный поиск новых, еще не открытых залежей.

Во всех наиболее значимых работах, посвященных проблеме нефтегазообразования и вопросам миграции,

красной нитью проходит мысль об отсутствии достоверных механизмов, исполняющих функции переноса УВ на различных стадиях миграции. Именно поэтому автор взял на себя решение задачи системного подхода к разработке механики процессов миграции и аккумуляции углеводородов в нефтегазовом комплексе пород. По этому поводу В.К. Иллинг в 1933 г. писал: «Ни одна теория происхождения нефти не будет надежной до тех пор, пока мы не знаем границ миграции нефти. Никакое разумное изучение аккумуляции нефти невозможно, пока мы не знаем факторов, влияющих на миграцию нефти и ее накопление в залежах».

История нефтеобразования начинается в геологическое время бурного развития органической жизни на Земле. Не случайно, что наиболее продуктивными по нефти являются юрские осадочные отложения.

С научной точки зрения принципиально важно понимать, где территориально должно концентрироваться органическое вещество (ОВ), давшее начало процессу нефтегазообразования. Зная места скопления палеоорганики, можно целенаправленно и с наименьшими затратами выполнять поисковые и разведочные работы, связанные с бурением глубоких скважин. Современная полевая геофизика позволяет выявлять структуры, могущие выступать в роли ловушек нефти и газа, и таким образом предоставляет геологам потенциальные объекты для опробования в скважинах.

Геологический анализ условий формирования нефтематеринских свит, приведенный в работах В.П. Батурина (1937), Н.И. Марковского (1973, 1981), дает достаточное основание для оценки роли рек (палеорек) как сетевого концентратора ОВ и терригенно-покровного материала. Конусы выноса рек (палеорек) в море — именно те места, где накапливаются и консервируются органогенные толщи пород. Сами реки и древо их водостоков контролируются, как правило, системой глубинных разломов земной коры и более мелкими дислокациями осадочного чехла.

В акваториях смешения речных и морских вод происходит массовая гибель микроорганизмов и их захоронение. Значительный вклад в увеличение объ-

ема ОБ дают бактерии. Они являются деструкторами органического детрита и, размножаясь, наращивают после отмирания общую массу ОБ.

Последующая судьба нефти связана с погружением осадочных пород, содержащих ОБ, в местах перманентного опускания фундамента. Рост температуры и давления, а также нескомпенсированный заряд минерального скелета материнских (глинистых) пород способствуют дальнейшему диспергированию ОБ. На глубинах около 2000 м начинается процесс массовой эвакуации битумоидов из глинистых слоев в смежные пласты-коллекторы. Этот процесс осуществляется за счет осмотического движения воды через капиллярную систему глин, вместе с которой выносятся углеводородные макромолекулы. Подробное описание осмотической эвакуации УВ дано автором в работах [1, 2].

Завершение эвакуации протонефти на глубинах предельного уплотнения глинистых пород (около 2000 м) еще не означает, что мы получаем готовую нефть и остается ее собрать воедино. Она должна пройти процесс деструкции и гидрогенизации, т. е. обогащения водородом. Этот процесс энергоемкий и может происходить в условиях высоких температур и давлений при достаточном количестве свободного водорода.

Протонефть — это микроэмульсия типа м/в, рассеянная в объеме пласта-коллектора. Она не способна к самодвижению вдоль простирания пласта, учитывая реальную проницаемость вмещающих пород и капиллярные силы сопротивления.

И здесь мы сталкиваемся с главной проблемой нефтяной геологии — проблемой движущих сил миграции. Совершенно ясно: для того чтобы собрать рассеянную нефть (РОВ) в единое тело (называемое месторождением), требуется выполнить два непременных условия:

1) обеспечить латеральное движение нефтяной микроэмульсии в пористых и проницаемых пластах-проводниках;

2) иметь на пути движения потока микроэмульсии ловушку или флюидоупор.

В случае ловушки в виде антиклинального поднятия можно допустить, что несущей средой является водный поток, однако в случаях флюидоупора (тектонический разрыв пластов, выклинивание и др.) такое допущение исключается.

Отсюда следует, что наиболее общим механизмом перемещения углеводородов в коллекторах может быть только их плавучесть как следствие разности плотностей флюидной системы. Движение подземных вод приводит скорее к разрушению нефтегазовых скоплений, чем к их образованию.

Реальным носителем рассеянной микронефти является метановый газ. Его источниками служат газовые компоненты самой нефти, угольные пласты и эманаии, поступающие из недр через сеть разломов земной коры. Последние дают более 96 % валового расхода газа, мигрирующего по пластам.

Метан и углекислый газ при определенных условиях переходят в свободное состояние, которое характеризуется обособлением газовых молекул в виде микропузырьков. Под действием архимедовой силы микропузырьки получают движение по восстанию пластов-коллекторов или в направлении понижения градиента давления. На пути миграции по простиранию пласта газ сорбирует ассоциаты тяжелых УВ и переносит их в ловушки, где происходит сегрегация жидкой и газовой фаз.

На глубинах погружения пластов, где газ не может существовать в свободном состоянии, он мигрирует по законам диффузии и не способен выполнять функции собирателя и носителя нефти. Здесь по мере накопления метана образуются сгустки жидких газогидратов, которые растворяют тяжелые УВ, вследствие чего формируются газоконденсатные и газовые залежи с нефтяными или конденсатными оторочками. На больших глубинах (6...9 км), где биогенные ОБ присутствуют в мизерных концентрациях или вообще их нет, как показало сверхглубокое бурение, обнаружены исключительно газовые залежи.

Путаницу в стратиграфию распределения залежей УВ вносят вторичные скопления нефти и газа, переформированные в результате тектонических разрывов разреза или проявления диапиризма и грязевого вулканизма.

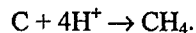
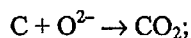
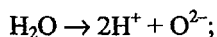
Вопрос о движущих силах латеральной миграции УВ является коренным вопросом нефтяной геологии. Без его решения нельзя понять и объяснить наличие скоплений УВ. Это послужило в свое время причиной разработки и обоснования представлений об аккумуляции залежей за счет дальнейшей миграции нефти и газа вместе с водой. Первые работы в этом направлении выполнили Дж. Рич (1931), Ф. Лэхи (1934), Р. Лидл (1936), Л. Уикс (1943), В. Гассоу (1954). Последний выдвинул также достаточно экстравагантную идею дифференциального распределения газа и нефти при их переносе водой через последовательно расположенные ловушки на региональном подъеме пласта-проводника. Однако такая идея нашла немного сторонников. Трудно представить, как справедливо отмечал В.А. Соколов (1965), "...чтобы в природных условиях по какому-то сравнительно узкому каналу вода, двигаясь под некоторым напором вверх по региональному наклону, взбиралась к своду одной ловушки, затем спускалась, а после снова поднималась, снова опускалась и т. д."

Практика и результаты разведки нефтегазовых скоплений говорят о другом: залежи нефти в ловушках связаны с застойными пластовыми водами, содержащими избыточное количество растворенных солей.

Отвергая воду как движитель УВ, следует признать таковым газ. Именно он является собирателем микронефти в ловушках, именно он способен продвигаться в любых пористых и проницаемых телах и флотировать нефтяные компоненты. Не случайно, что этаж нефтеносности лежит в интервале глубин

1...3 км, т. е. там, где газ переходит в свободное пузырьковое состояние. Традиционная школа геологов-нефтяников выделяет этот этаж как пик нефтегенерации (главную фазу нефтеобразования).

В связи с констатацией данного положения возникает второй главный вопрос: откуда берется газ, так как количества его должны быть огромны. Если рассматривать метан и его гомологи как производные деструкции ОВ, то этого количества газа явно недостаточно для переноса рассеянных тяжелых УВ, чтобы получить большие и тем более гигантские скопления нефти, которые имеем на сегодняшний день. Недостаточна для этого и подпитка метаном из угольных пластов. Основным поставщиком метана является вечно идущий процесс дегазации недр Земли, о чем говорят многочисленные публикации геологов-неоргаников. В настоящее время достоверно установлено, что основная часть углеводородных газов имеет глубинное происхождение. Предполагается, что генерация УВ газов имеет место на границе мантии Земли в результате неограниченного синтеза. Возможными донорами УВ служат вода и углекислота. Вполне вероятно, что граница, где образуются метан и углекислый газ, является границей, куда доходит вода, поступающая с поверхности. Здесь она разлагается и, соединяясь с углеродом, дает газовые эманации:



Дегазация недр, происходящая по разломам земной коры, дает выходы CH_4 и CO_2 в атмосферу и гидросферу через грязевые вулканы. Первую оценку глобальных объемов современной углеводородной дегазации представил Г.И. Войтов [3]. Она составила 330 млрд $\text{м}^3/\text{год}$, и 80 % этой разгрузки он связал с мантией. Минимальный (средний за сотни миллионов лет) вклад ювенильных углеводородов в дегазацию Земли был оценен автором в 100 млрд $\text{м}^3/\text{год}$. До работ Г.И. Войтова считалось, что углекислота является главным, если не единственным, компонентом, с которым в процессе глубинной дегазации выносятся углеводороды.

На глубинах раздела мантии и коры (слой Моховичича) происходит выварка щелочных металлов. Об этом свидетельствует образование гранитоидов, ниже которых геофизики интерпретируют базальты. Граница или слой Мохо является водоразделом щелочных (гранитных) и основных (базальтовых) по составу пород и характеризуется состоянием, близким к пластическому. Здесь наблюдается скачок затухания скорости распространения акустических волн.

Можно предположить, что слой Мохо представляет собой зону образования карбидных соединений и преимущественно легких карбидов. Газы являются

отходными продуктами карбидизации в присутствии воды на глубинах 30...40 км, где щелочные породы переходят из расплавленного состояния в кристаллическое при данных PVT-условиях.

Понятия, заложенные в общепринятой термальной теории нефтегазообразования, в частности такие, как "созревание" нефти, "генерация" нефти и газа и другие, относятся больше к области метафизики и не имеют реального содержания. Кероген как некий исходный продукт ОВ мы находим, а промежуточные — нет, отсюда всевозможные домыслы. Было бы более правильно говорить о физико-химических процессах преобразования ОВ в нефть.

Уже второе столетие в нефтяной геологии и геохимии идет коловращение вокруг термального крекинга ОВ. При этом непонятно, откуда брать недостающий водород для гидрогенизации УВ. Вместе с тем в природе существует механизм, способный совершать на молекулярном уровне всю необходимую работу по преобразованию ОВ в водной среде. Это явление носит название кавитации. В технических отраслях знания оно хорошо изучено, а в геологии мимо него как-то проходили. Большинство геологов обычно представляют себе тектонические процессы как квазистатические, в то время как напряженное состояние пластов постоянно изменяется и при достижении критической разности компонент напряжений порода подвергается разрушению в виде образования микро- и макротрещин. Напряжения таким образом релаксируют, и участок пласта переходит в новое равновесное состояние, трещины со временем залечиваются (цементируются) и матрица коллектора вновь консолидируется.

Кавитация в геологическом аспекте — это кратковременные разрывы жидкой фазы, заполняющей поровый объем коллектора, которые возникают в момент образования трещин и характеризуются высокими энергетическими показателями в микрообъеме. Так, расчетные давления при схлопывании газовых пузырьков составляют по разным оценкам от 220 до 400 МПа, а температура вблизи коллапсирующего пузырька повышается до 500...800 °С. Внутри пузырька происходит электрический пробой, вследствие чего наблюдаются вспышки люминисцентного свечения, которые П. Ярмен (1935) объясняет комбинацией свободных ионов при тепловой или механической диссоциации молекул жидкости.

Таким образом, кавитация есть своеобразный микровзрыв, реальное воплощение которого в породных резервуарах делает необязательными общие попытки геологов-нефтяников найти высокие температуры и давления на больших глубинах. Трещинообразование и сопутствующая ему кавитация создают все необходимые условия для рождения нефти из керогенопродуктов, эвакуированных в коллектор, а именно:

- деструкция макромолекул керогена;
- диссоциация молекул воды ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$);
- синтез новых молекулярных образований.

Перемещение скоплений нефти и газа — явление, обычное в осадочном комплексе пород. Вертикальные разрывы и сдвиговые дислокации приводят к межрезервуарным перетокам флюидов и переформированию первичных залежей УВ. Это известно и не подвергается сомнениям. Однако, кроме дизъюнктивных нарушений, повсеместно проявляются псевдопластические деформации пород-коллекторов, связанные, как указывалось выше, с релаксацией надкритических напряжений в условиях тектонического формирования геологических структур (депрессии, антиклинальные поднятия и выступы, облекание рифовых построек, соляных штоков и др.). Даже течение солей обусловлено развитием внутренней микротрещиноватости (Терехов В.И., 1971). Именно таким путем могут осуществляться массоперенос и концентрация нефтяной микроэмульсии в коллекторах и пластах-проводниках [4, 5] (эффект, аналогичный зонной плавке металлов).

Подводя итог проблематике миграции УВ, можно сделать главный вывод о том, что напряженно-деформированное состояние пород-коллекторов яв-

ляется ведущим фактором в процессах преобразования и миграции углеводородов и, следовательно, определяет эволюцию нефтей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванников В.И. Некоторые аспекты захоронения органического вещества в недрах // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. — 1999. — № 7.
2. Иванников В.И. Миграция и трансформация органического вещества в недрах // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. — 1999. — № 6.
3. Войтов Г.И. Химизм и масштабы современного потока природных газов в различных геоструктурных зонах Земли // Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. — 1986. — Т. XXXI. — Вып. 5. — С. 533—540.
4. Иванников В.И. Напряженно-деформированное состояние и флюидомассоперенос в нефтегазовых формациях // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. — 1997. — № 9.
5. Иванников В.И. Миграция флюидов при формировании залежей углеводородов // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. — 1998. — № 9.

УДК 553.98.001

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛАТФОРМЕННЫХ СТРУКТУР

П.И. Чуносков, К.Э. Халимов
(ИГиРГИ, ЗАО "Севморнефтегаз")

Для повышения эффективности геолого-разведочных работ и существенного снижения затрат на доразведку месторождений углеводородов крайне необходимы знания о геологических причинах возникновения и формирования структурных планов, их морфологических осложнений в процессе осадконакопления, отражающих размеры и форму ловушек углеводородов, приуроченных в основном к структурам второго и более мелкого порядков [1, 2].

В характеристику платформенных структур разные исследователи вкладывали различные понятия: форма, размеры, различные этапы роста структур, время его окончания, длительность роста сводовых и крыльевых участков, прирост амплитуд локальных поднятий, связанный с временем и интенсивностью тектонических движений, изменение амплитуды поднятия относительно какого-либо опорного горизонта в результате тектонических подвижек и многое другое.

Все эти тектонические термины многими исследователями связывались с блоковыми движениями кристаллического фундамента, захватившими и осадочный комплекс пород в виде сбросов, надвигов,

Генетическая классификация структур основана на облекании рельефа кристаллического фундамента, эрозионных поверхностей, рифовых и карбонатных массивов, уплотнении пород в процессе осадконакопления.

Genetic classification of structures is based on enveloping of crystal foundation relief, erosion surfaces, reef and carbonaceous massifs and on rock consolidation in the process of sedimentation.

инверсионных и сферических явлений, тангенциальных напряжений и многих других подобных генетически недоказанных или просто несуществующих структурообразующих глубинных деформаций (Архангельский А.Д., Бочкарев В.С.,

Брехунцов А.М., Гурари Ф.Г., Конторович А.Э., Косыгин Ю.А., Мельник И.М., Наливкин В.Д., Ованесов Г.П., Острый Г.Б., Розанов Л.Н., Рудкевич М.Я., Салманов Ф.К., Трофимук А.А., Фотиади Э.Э., Халин В.Е., Шацкий С.Н. и многие другие).

В большинстве публикаций тектонические процессы планетарного характера, проходившие при формировании земной коры, ее рельефа в пределах материков и океанов и связанные с платформами и горными системами, осложненными вулканизмом, ошибочно переносятся на отдельные локальные структуры в осадочном чехле без соблюдения масштабов геологических процессов.

Подобный перенос планетарных явлений на разнообразные по форме и размерам локальные структуры искажает реальное происхождение и последующее формирование структурных планов в процессе осадконакопления, что приводит к ликвидации по геологическим причинам тысяч глубоких разве-