

НЕФТЬ: УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ В ПРИРОДЕ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ

В. Е. ХАИН

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

OIL: ITS ORIGIN AND CONDITIONS OF OCCURRENCE IN NATURE

V. E. KHAIN

Oil and gas, along with water, are contained in the sedimentary basins of the Earth's crust. They are formed from the remains of organisms, which had been buried in sediments at some depth and were subjected to an elevated ($> 80\text{ }^{\circ}\text{C}$) temperature. Diffuse oil, originated mainly in clay rocks, is squeezed into the more porous strata and accumulated in various traps.

Нефть и газ вместе с водой содержатся в осадочных бассейнах земной коры. Они образуются за счет остатков организмов, захороненных в осадках и подвергшихся на глубине воздействию повышенной ($>80\text{ }^{\circ}\text{C}$) температуры. Рассеянная нефть, возникшая преимущественно в глинистых породах, выжимается в более пористые пласты и скапливается в различного типа ловушках.

www.issep.rssi.ru

ВВЕДЕНИЕ

Нефть и сопровождающий ее или встречающийся отдельно природный горючий газ являются важнейшими полезными ископаемыми. В XX веке они стали по существу “кровью” народного хозяйства, без них было бы немыслимо функционирование таких важнейших отраслей, как энергетика, транспорт, производство жизненно важных материалов. Поэтому по аналогии с каменным, бронзовым, железным веками, пережитыми человечеством на ранней стадии развития его цивилизации, минувший XX век может быть назван нефтяным веком (XIX век был угольным, а XXI век, вероятно, станет газовым). В настоящее время экспорт нефти и газа составляет около 40% всего экспорта России.

Нефть — это смесь природных углеводородов, изменчивая по составу и плотности, но обычно более легкая, чем вода. Углеводороды могут встречаться в природе и в твердом виде, в виде битумов, но крупные залежи последних относительно редки. Гораздо распространнее углеводородные газы, состоящие в основном из наиболее легкого компонента — метана CH_4 . В определенных условиях температур и давлений газ выделяет растворенные в нем нефтяные углеводороды в виде газоконденсата — жидкости, более легкой и светлой, чем нефть, и поэтому легче поддающейся переработке. Все это природное углеводородное сырье имеет сходное происхождение и встречается либо совместно, либо в близком соседстве.

НЕФТЬ И ГАЗ В ОСАДОЧНОЙ ОБОЛОЧКЕ ЗЕМЛИ

Промышленные скопления нефти, газа и газоконденсата встречаются почти исключительно в верхней, осадочной оболочке земной коры. Изредка их обнаруживают в вулканических (базальты), интрузивно-магматических (граниты) или метаморфических (гнейсы) породах. Залежи нефти и газа находят практически во всех типах осадочных горных пород, но преимущественно в песках, песчаниках, известняках, доломитах, поскольку

они отличаются повышенной пористостью и представляют естественные вместилища — коллекторы, резервуары жидких и газообразных углеводородов. Но и более плотные породы — глины, плотные карбонаты

могут представлять такие коллекторы, если они достаточно трещиноваты. Общей особенностью осадочных толщ, вмещающих залежи нефти, является их субаквальное происхождение, то есть отложение в водной

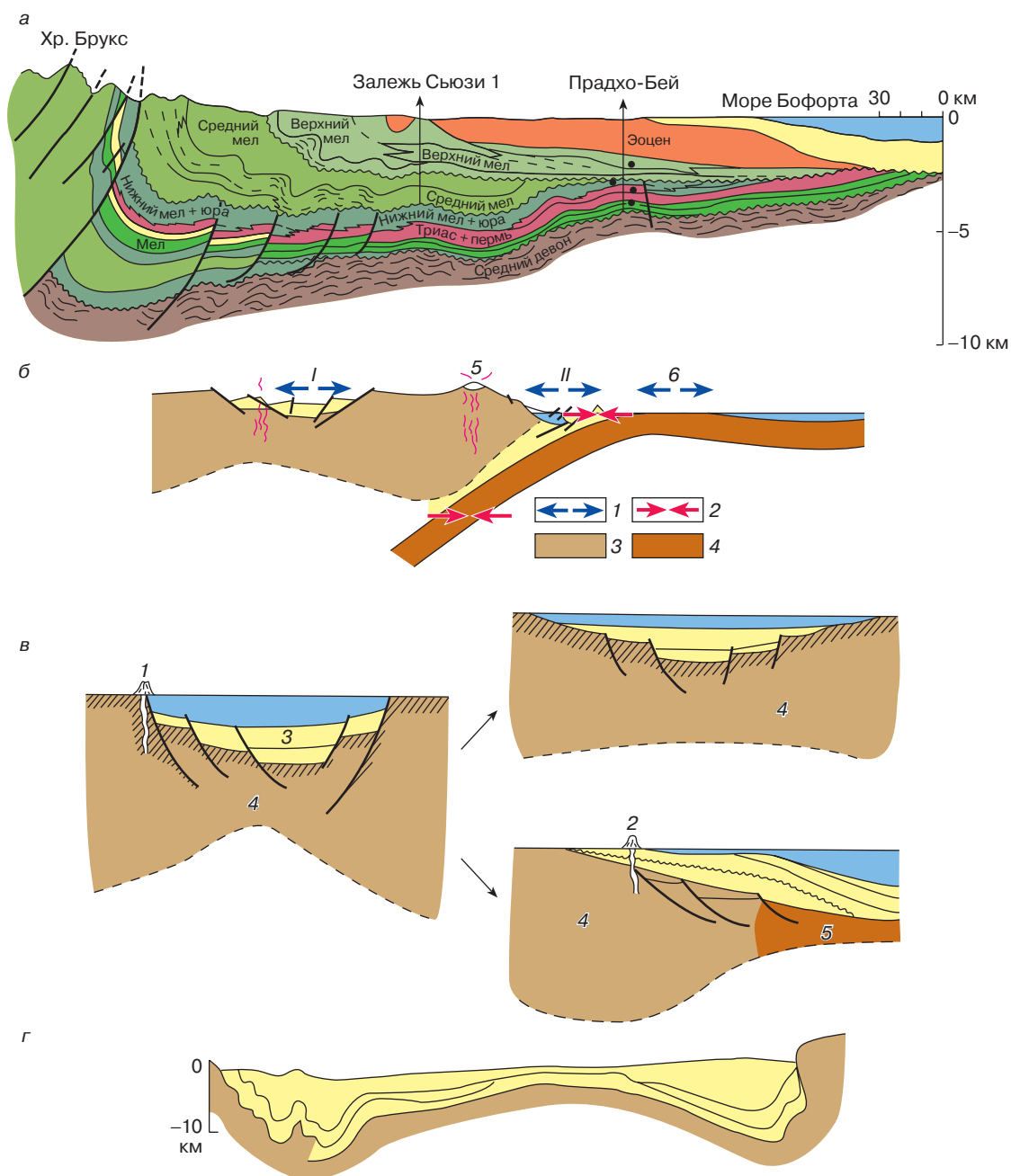


Рис. 1. Типы нефтегазоносных бассейнов (по А. Перродону): а – бассейн передового прогиба (Арктический склон Северной Аляски); б – схема расположения задугового (I) и преддугового (II) бассейнов: 1 – растяжение, 2 – сжатие, 3 и 4 – соответственно материковая и океанская литосфера, 5 – вулканический пояс, 6 – растяжение земной поверхности; в – схема эволюции внутриплитного бассейна (от внутри- до окраинно-континентального): 1, 2 – вулканизм соответственно щелочной и толеитовый; 3 – термический поток (относительно среднемирового), 4, 5 – соответственно континентальная и океанская кора; г – схематический поперечный разрез межгорного бассейна (на примере Таримского)

среде. Первоначально представлялось, что такие толщи должны были обязательно отлагаться в морских условиях, но после открытия крупных залежей нефти в континентальных–озерных, дельтовых отложениях в Китае стало очевидно, что среда осадконакопления должна была быть водной, но не непременно морской.

К середине XX века выяснилось еще одно обязательное условие — нефтесодержащие толщи должны обладать некой минимальной мощностью (толщиной), около 2–3 км. Толщи такой мощности обычно накапливались в крупных впадинах земной коры, поскольку их накопление и сохранение требовали длительного и устойчивого опускания соответствующих участков коры. Такие впадины в 50-е годы XX века в США (В. Пратт, Л. Уикс) и СССР (И.О. Брод, В.В. Вебер, автор этих строк) стали выделяться в качестве нефтегазоносных бассейнов. Возникло учение о нефтегазоносных бассейнах, успешно развивающееся и в настоящее время.

Классификация нефтегазоносных бассейнов до 70-х годов XX века строилась на основе геосинклинально-орогенно-платформенной концепции. Под геосинклиналями понимали глубокие прогибы земной коры, заполнявшиеся толщами осадков и вулканических пород и преобразованные затем в складчатые горные сооружения — орогены. Последние после своего нивелирования денудацией (размывом) превращаются в фундамент устойчивых глыб коры — платформ, частично перекрываемых осадочным чехлом. Но в конце 60-х годов появилась новая геологическая концепция — концепция тектоники литосферных плит [5], которая быстро завоевала широкое признание. В связи с этим и классификация нефтегазоносных бассейнов была переведена на новую основу (рис. 1).

Согласно теории тектоники плит, верхняя часть твердой Земли, до глубины около 200–300 км, разделяется на хрупкую верхнюю оболочку — литосферу и подстилающую ее относительно пластичную астеносферу. Литосфера Земли разделена на ограниченное число крупных и среднего размера плит, на границах которых сосредоточена основная тектоническая, сейсмическая и магматическая активность. Границы плит бывают тройного рода: дивергентные, вдоль которых происходят их расхождение, образование новой базальтовой коры и океанских бассейнов; конвергентные, вдоль которых плиты сближаются, надвигаясь друг на друга, и, наконец, трансформные, вдоль которых они смещаются друг относительно друга в горизонтальном направлении по вертикальным разломам.

Дивергентные границы зарождаются в пределах континентальных частей литосферных плит в виде рифтовых систем — глубоких щелей, все больше расширяющихся под действием растяжения и подъема с

глубины астеносферного выступа — мантийного диапира. Над рифтами образуются впадины, в которых начинают накапливаться сначала континентальные (речные, озерные), а затем уже морские отложения. В основании рифтов происходят утонение коры и всей литосферы, подъем нижележащей подплавленной астеносферы и частичное внедрение в литосферу выделившейся из нее базальтовой магмы. В дальнейшем остывание астеносферного выступа и внедрившихся в литосферу магматитов ведет к расширению и ускоренному опусканию надрифтовой впадины (рис. 2). Опусканию дна способствует и давление толщи накопившихся в ней осадков. Так образуется один из типов нефтегазоносных осадочных бассейнов — внутриплитный, наиболее крупным и ярким представителем которого является Западно-Сибирский бассейн.

Континентальный рифтинг при более интенсивном растяжении сопровождается разрывом континентальной коры и переходит в так называемый спрединг, то есть заполнение образовавшегося раздвига новообразованной, выделившейся из астеносферы океанской корой с постепенным расширением занятого ею пространства и превращением его в ложе океана. При этом плечи континентального рифта превращаются в так называемые пассивные (относительно асейсмичные, авулканические) окраины континентов, обрамляющие новорожденный океан. Они становятся основной областью накопления осадков, сносимых с континента, особенно в дельтах крупных рек, впадающих в океан. По выражению известного литолога-океанолога А.П. Лисицына, это область лавинной седиментации, мощность осадков здесь достигает 15–20 км. Таким

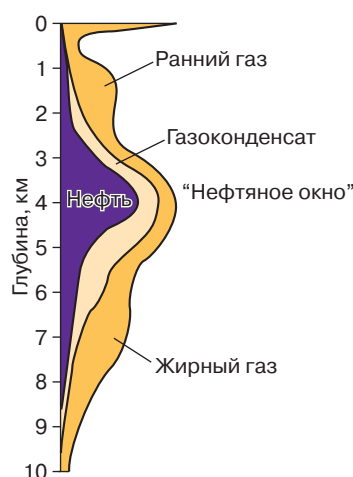


Рис. 2. Схема вертикальной зональности генерации нефти и газа из органического вещества (по Н.Б. Вассовичу и др.)

образом, на пассивных окраинах континентов возникают крупные нефтегазоносные бассейны. В России это Волго-Уральский и продолжающий его к северу Тимано-Печорский бассейны. Когда в пределах смежной части океана возникают складчатые горные сооружения, они надвигаются на край такого бассейна, который испытывает дополнительное интенсивное погружение и превращается в передовой (предгорный) прогиб этого сооружения. Таковы Предуральский, Предкавказские, Предкарпатский и другие подобные прогибы, также представляющие особый тип нефтегазоносных бассейнов.

Активные окраины континентов в ходе своего развития испытывают сжатие, благодаря которому островные дуги сливаются друг с другом и в конечном счете образуют горные сооружения, надвигающиеся на соседний континент (или континенты, если океан испытывает полное замыкание), о чем говорилось выше. Но между отдельными сооружениями нередко возникают межгорные впадины, подобно Куринской впадине между Большим и Малым Кавказом или Паннонской (Венгерской) между Карпатами и Динарскими горами, которые также заполняются мощными осадками и являются нефтегазоносными бассейнами.

Сжатие, проявляющееся на конвергентных границах плит и ведущее к образованию сложно построенных горных сооружений, подобных Кавказу, Альпам или Гималаям, нередко распространяется далеко в глубь континентов, в области, которые давно утратили тектоническую активность, покрылись практически ненарушенным осадочным чехлом и представляли собой так называемые платформы. При этом кора таких платформ начинает корчиться, испытывая поднятия и погружения с образованием горных сооружений и межгорных впадин, последние опять-таки являются нефтегазоносными осадочными бассейнами. Этот процесс внутриконтинентального орогенеза (горообразования) наиболее ярко проявился в Центральной Азии, и именно здесь находятся такие бассейны, как Ферганский, Таджикский, Джунгарский, Таримский.

Таковы основные типы нефтегазоносных бассейнов. Возникает вопрос: как же образуются нефть и газ в осадочных бассейнах?

ПРОИСХОЖДЕНИЕ НЕФТИ И ГАЗА. НЕФТЕ- И ГАЗМАТЕРИНСКИЕ ТОЛЩИ

В отличие от другого горючего ископаемого — угля, происхождение которого достаточно очевидно благодаря находкам отпечатков листьев и даже целых окаменевших стволов деревьев и было разгадано еще М.В. Ломоносовым, происхождение нефти долгое время было предметом жарких споров, которые полностью не за-

тихли и в наши дни. Существуют две противоположные версии происхождения нефти: неорганическая и органическая. Выбор между этими версиями осложняется тем, что нефть и газ — весьма подвижные вещества-флюиды, они способны к перемещению — миграции внутри земной коры и ее осадочной оболочки на большие расстояния, и их скопления нередко находятся достаточно далеко от предполагаемого места образования.

Неорганическая гипотеза происхождения нефти была относительно наиболее популярной в СССР, где ее отстаивали две научные школы — в Санкт-Петербурге (тогда Ленинграде) во главе с Н.А. Кудрявцевым и в Киеве во главе с В.Б. Порфирьевым. Адепты этого направления опирались на авторитет Д.И. Менделеева, который высказал предположение о том, что нефть могла образоваться при воздействии воды на карбид железа. Главными же геологическими фактами, легшими в основу построений “неоргаников”, было нахождение некоторых залежей нефти в вулканических, интрузивно-магматических и метаморфических породах. Такие залежи действительно существуют. Особенно показателен пример крупного скопления нефти в трещиноватых и выветрелых гранитах на месторождении “Белый тигр” на юге Вьетнама, в дельте Меконга.

С позиций противоположной, органической концепции генезиса нефти все такие залежи — результат миграции нефти из смежных осадочных пород. Но следует признать, что углеводороды в принципе могут иметь в природе и неорганическое происхождение — иначе как объяснить их присутствие в метеоритах и атмосфере некоторых планет и их спутников, а также выделение метана в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов, практически лишенных осадков. Однако все эти местонахождения представляют лишь научный интерес, а речь должна идти о залежах промышленного значения.

Противники “неоргаников” приводили в качестве доводов в пользу органического происхождения присутствие в нефтях спор и пыльцы растений и специфических органических соединений — порфиринов. Однако “неорганики” объясняли все это заимствованием из вмещающих залежи осадочных пород. Решающее доказательство органического происхождения нефти принесли данные органической геохимии, установившие тождество нефтяных и биогенных углеводородов на молекулярном уровне. Молекулы таких органических соединений получили название “биомаркеров”, то есть меток, указывающих на биогенное происхождение данной нефти. Несмотря на это, отдельные исследователи как в нашей стране, так и за рубежом продолжают отстаивать неорганическое происхождение нефти. Соответствующие взгляды высказывались совсем недавно на страницах журнала “Эксплорер”, издаваемого

авторитетной Американской ассоциацией геологов-нефтяников. А в Швеции была даже пробурена довольно глубокая скважина в кристаллических породах Балтийского щита, но никаких притоков нефти получено не было.

В общем по всей сумме накопленных фактов достаточно обоснованной может считаться лишь концепция органического, биогенного происхождения нефти, выдвинутая немецким ботаником Г. Потонье в начале XX века. В нашей стране она была разработана Г.П. Михайловским, И.М. Губкиным, но наиболее полно и на современном уровне Н.Б. Вассоевичем, который назвал ее осадочно-миграционной теорией нефтеобразования. Согласно этой теории, источником нефти является захороненное в осадках органическое вещество — продукт разложения организмов, — отлагающееся вместе с минеральными частицами осадков.

В свою очередь, источником этого органического вещества являются две группы организмов: наземная растительность, остатки которой сносились реками в морские или озерные бассейны, бактерии и морской зоо- и фитопланктон, причем именно последнему принадлежит главная роль в нефтеобразовании.

Различия в составе органического вещества, отложенного из двух этих источников — гумуса и сапропеля, прослеживаются в составе нефтей, возникших за их счет. Накопление значительных масс органического вещества в осадках было возможно в условиях отсутствия или ограниченного доступа свободного кислорода, что могло происходить лишь в водной среде.

Органическое вещество находится в осадках в рассеянном состоянии. Одни типы осадков им обогащены в большей степени, другие — в меньшей или даже практически его лишены, но среднее содержание очень редко превосходит 1% от массы осадка. И лишь относительно небольшая часть этого вещества (10–30%) затем преобразуется в нефть, остальная сохраняется в осадке и переходит в образующуюся из него осадочную породу. Более всего обогащены органическим веществом темные глинистые толщи типа олигоцен-миоценовой майкопской серии Кавказа, девонского, так называемого доманика Волго-Уральского и Тимано-Печорского бассейнов. Именно их долго рассматривали как классические нефтепроизводящие или нефтематеринские толщи. Однако в дальнейшем выяснилось, что свойством продуцировать нефть обладали и другие типы осадочных формаций, в частности карбонатные.

Преобразование исходного органического вещества в нефть — процесс длительный, сложный и еще до конца непонятый. Известно, что углеводороды нефтяного ряда образуются уже в телах живых организмов и их обнаруживают в современных осадках. Однако, как

показал Н.Б. Вассоевич, процесс идет очень медленно, пока осадки не погрузятся на глубину более 2 км, будучи перекрыты более молодыми слоями, и не нагреются до 80–100°C. Лишь тогда наступит главная фаза нефтеобразования. На большей же глубине, порядка 6 км, и при более высокой, более 120°C температуре вместо нефти начнет образовываться газ (рис. 3).

По более современным представлениям (Ш.Ф. Мехтиев, Б.А. Соколов) нефтеобразованию существенно способствуют (кроме погружения и роста температуры с глубиной) поступающие из мантии флюиды. Это особенно заметно в молодых рифтогенных бассейнах типа Суэцкого залива Красного моря, но должно было играть большую роль на ранней стадии развития и более древних бассейнов вроде Западно-Сибирского. В этом смысле можно признать, что в представлениях “неоргаников” было хотя и небольшое, но зерно истины — глубинный эндогенный фактор принимает определенное участие в процессе нефте- и газогенерации. А так как действие этого фактора во времени проявляется неравномерно, отдельными импульсами, то и генерация углеводородов может протекать не в одну фазу, а в несколько таких фаз, как недавно отметил украинский ученый А.Е. Лукин.

Но по существу процесс нефтеобразования завершается лишь тогда, когда капли нефти начнут собираться в более крупные скопления. А это происходит только при отжимании нефти вместе со связанной водой из материнской породы под весом вышележащих слоев, напором газа и при ее переходе в пористые породы-коллекторы, в частности пески и песчаники.

Коллекторы могут находиться в тонком переслаивании с материнскими глинами, а иногда сами глины, если они достаточно трещиноваты, могут служить коллекторами новообразованной нефти. Примерами

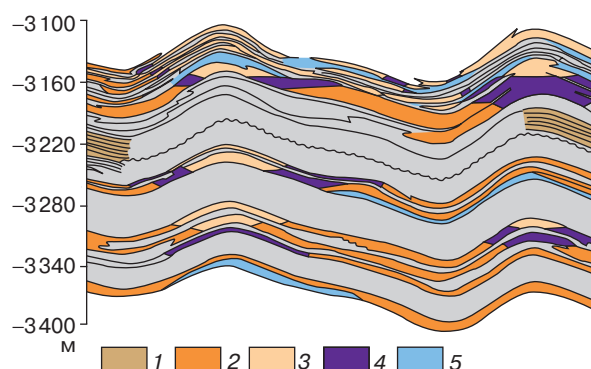


Рис. 3. Геологический разрез месторождения Русский хутор (Предкавказье) со сводовыми антиклинальными залежами нефти и газа (по А.К. Белову): 1 — известняки, 2 — песчаники, 3 — газ, 4 — нефть, 5 — вода

являются залегающая в кровле юры баженовская свита Западной Сибири или миоценовая свита монтерей Калифорнии. Однако гораздо чаще коллекторы залегают выше по разрезу осадочного бассейна, чем нефтематеринская толща, или замещают ее по простирацию, например пермские кавернозные рифовые карбонаты Предуральяского прогиба. Здесь речь идет уже о миграции нефти из нефтематеринской толщи в толщу, содержащую коллекторы — вертикальной или латеральной.

Необходимо иметь в виду, что вместе с нефтью и даже раньше нее из материнской породы отжимается и вода, притом в неизмеримо больших количествах. А породы-коллекторы обязательно являются водоносными. Вода может иметь в них различное происхождение — она может захороняться вместе с осадками (погребенные воды) или проникать с поверхности на выходе пластов на эту поверхность (инфильтрационные воды). Все нефтегазоносные осадочные бассейны, как подчеркнул И.О. Брод, являются одновременно артезианскими, и нефть и газ перемещаются, мигрируют не сами по себе, а вместе с водой, нефть по существу первоначально в виде нефтеводной смеси (капли нефти в воде). Но вскоре происходит отделение нефти и газа от воды, вследствие более низкого удельного веса нефть всплывает над водой и скапливается в залежи, стремясь занять в пласте-коллекторе наиболее высокое гипсометрическое положение. Это тем более относится к газу и газоконденсату, но о происхождении газа следует сказать особо.

Диапазон глубин газообразования гораздо шире, чем у нефти, а его источником могут являться не только вещества органического происхождения, захороненные в субаквальных осадках, но и вещества, получающиеся в результате углекислотной наземной растительности. Залежи газа, продуцированного угленосной толщей среднего карбона, известны в верхнем карбоне и нижней перми в южной части Северного моря и других районах. Выделения метана наблюдаются практически во всех угленосных толщах, и его взрывы в шахтах нередко имеют катастрофические последствия. Образование метана начинается уже в болотах, а промышленные залежи газа выявлены в очень молодых, плиоцен-четвертичных осадках. Газообразование продолжается и на больших глубинах, но, как отмечалось выше, его главная фаза приходится на область более высоких температур, чем главная фаза нефтеобразования (см. рис. 2). В последнее время в Скалистых горах США обнаружены скопления газа в слабопроницаемых отложениях верхов мела, их называют нетрадиционными, к ним относятся и упомянутые выше глинистые толщи. Следует упомянуть наконец о широком распространении в осадочных толщах морей и океанов

и придонном слое осадков залежей газогидрата — сжиженного и замерзшего растворенного в воде газа.

Необходимым условием сохранности сформированной залежи нефти или газа является наличие над пластами-коллекторами непроницаемых или слабопроницаемых пород — флюидоупоров, в просторечии обычно называемых крышками. Наилучшими флюидоупорами служат соленосные образования. Развитию таких образований нижнепермского, кунгурского возраста обязаны своей сохранностью гигантские залежи газа, конденсата и нефти в массивных карбонатах — карбонатных платформах на периферии Прикаспийской впадины (Астраханское, Оренбургское, Тенгизское месторождения). Но гораздо чаще роль крышек выполняют глинистые пачки и свиты. Таким образом, нефтегазоносные комплексы состоят из нефтематеринских толщ, коллекторов и крышек.

ЗАЛЕЖИ НЕФТИ И ГАЗА И ИХ ТИПЫ

Всплывая над водой в коллекторе, нефть и газ движутся в наклонных (достаточно очень слабого наклона, наблюдаемого на равнинно-платформенных территориях) пластах вверх по их восстанию до того места, где они встретят какое-либо препятствие этому перемещению. Таким препятствием может быть обратный перегиб пластов в своде складки, и тогда именно здесь локализуется залежь нефти, а над ней нередко “газовая шапка”, или самостоятельная залежь газа, часто с оторочкой газоконденсата. Такие сводовые (или антиклинальные) залежи относятся к числу самых распространенных (рис. 3). В начале развития нефтегазовой геологии антиклинальная теория залегания нефти вообще считалась общепринятой. Залежи подобного типа были широко известны на Кавказе — в Азербайджане, Грозненском районе, Дагестане, Западной Туркмении, а затем были открыты в Волго-Уральской области, Западной Сибири в очень пологих платформенных поднятиях, а также на Сахалине.

Однако вскоре было обнаружено, что сводовые антиклинальные ловушки — это не единственный тип ловушек для залежей нефти и газа. Препятствием для дальнейшей латеральной миграции углеводородов могут служить плоскости тектонических разрывов, по которым пласты-коллекторы упираются в малопроницаемые породы. В результате перед ними образуются тектонически экранированные залежи, также достаточно распространенный их вид. Но часть флюидов может при этом уходить вверх по поверхностям разрывов (вертикальная миграция) и образовывать залежи уже в вышележающих коллекторах. Кроме того, именно по разрывам нефть и газ могут выходить на поверхность. Первоначально нефть добывали колодцами на таких выходах, что дало повод еще до появления

антиклинальной теории связывать залежи нефти с тектоническими разрывами. Эти же естественные нефтепроявления долго служили единственным поисковым признаком.

Как сводовые, так и тектонически экранированные залежи относятся к разряду структурных. Но уже в 30-е годы XX века стали известны ловушки для залежей двух принципиально иных типов: стратиграфические и литологические (рис. 4). Первые из них связаны с выклиниванием пластов-коллекторов или их срезанием поверхностями несогласий, перекрытыми слабопроницаемыми породами. Вторые – с замещением коллекторов на том же стратиграфическом уровне слабопроницаемыми породами. Особый тип ловушек составляют гидравлически экранированные ловушки, когда залежь удерживается, нередко в сильно наклонном положении, встречным напором пластовых вод.

Залежи даже разного типа могут оказаться сосредоточенными на одном и том же участке в пределах одного и того же структурного элемента, чаще всего антиклинали, находясь на разной глубине. Это и есть нефтяные, нефтегазовые и газовые месторождения, которые являются многопластовыми. Пласты коллекторов, вмещающие залежи, здесь разделены горизонтами пород-флюидоупоров, например песчаники или известняки пачками глин или мергелей. В других случаях встречаются массивные залежи, отличающиеся большой высотой. Такие залежи чаще всего приурочены к крупным рифовым массивам или погребенным высту-

пам трещиноватых и/или выветрелых магматических (граниты) или метаморфических пород. Выше уже был приведен показательный пример крупного месторождения “Белый тигр” во Вьетнаме.

Нужно отметить некую общую тенденцию, наблюдаемую при анализе развития нефтегазовой геологии. Это непрерывное расширение диапазона разновидностей нефтематеринских отложений, пород-коллекторов углеводородов, типов ловушек для скопления нефти и газа.

Совершенно очевидно, что эта тенденция способствует увеличению разведанных запасов углеводородного сырья и расширению перспектив поисков новых его месторождений. Именно благодаря этому мрачные прогнозы относительно близкого истощения запасов нефти всякий раз оказываются несостоятельными. И наконец, следует иметь в виду, что при современных методах добычи нефти из недр извлекается меньше половины ее запасов. Совершенствование этих методов позволит добыть часть нефти, оставшейся в недрах старых месторождений.

ГЕОГРАФИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Распределение месторождений нефти и газа на поверхности Земли очень неравномерно (рис. 5). Заведомо лишены промышленных залежей абиссальные равнины океанов и срединно-океанические хребты, кристаллические щиты древних платформ с выходами на поверхность глубокометаморфизованных пород докембрия, осевые зоны складчато-покровных горных сооружений, сложенные интенсивно дислоцированными и в той или иной степени метаморфизованными толщами пород. Но уже в последнем случае следует сделать оговорку: по периферии таких сооружений под тектоническими покровами кристаллических пород нередко обнаруживают неметаморфизованные и нефтегазосодержащие толщи, ярким примером могут служить Скалистые горы Канады и США.

Уже достаточно давно нефть и газ добывают не только на суше, но и в море, начало чему было положено на Каспии и в Мексиканском заливе. При этом в поисках залежей нефти бурение уходит на все большие глубины моря; чемпионом в этом отношении является Бразилия, где добычу ведут уже на глубине более 1700 м. Открытие месторождений нефти и газа в Северном море превратило Великобританию и Норвегию из потребителей нефти и газа в ее экспортеров.

Богатейшим нефтегазоносным регионом в масштабе всей планеты является регион Персидского залива. Благодаря открытию огромных залежей нефти страны аравийского побережья залива, прежде

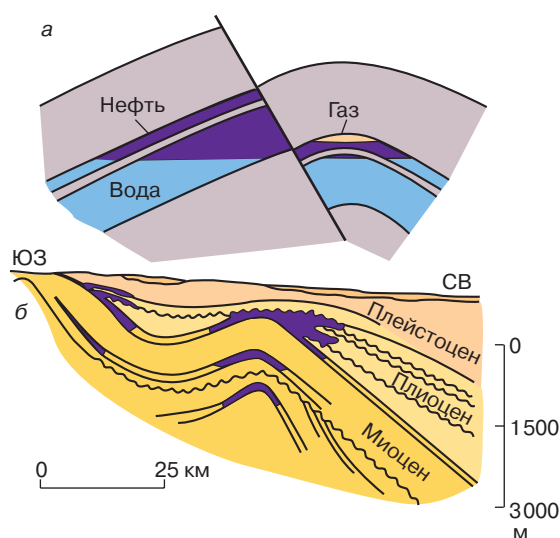


Рис. 4. а – геологический разрез месторождения Хастингс, Техас, с тектонически экранированными залежами нефти и газа (по Блики, из А. Перродона); б – геологический разрез месторождения Мидуэй-Сансет, Калифорния (по Хилку, из А. Перродона)

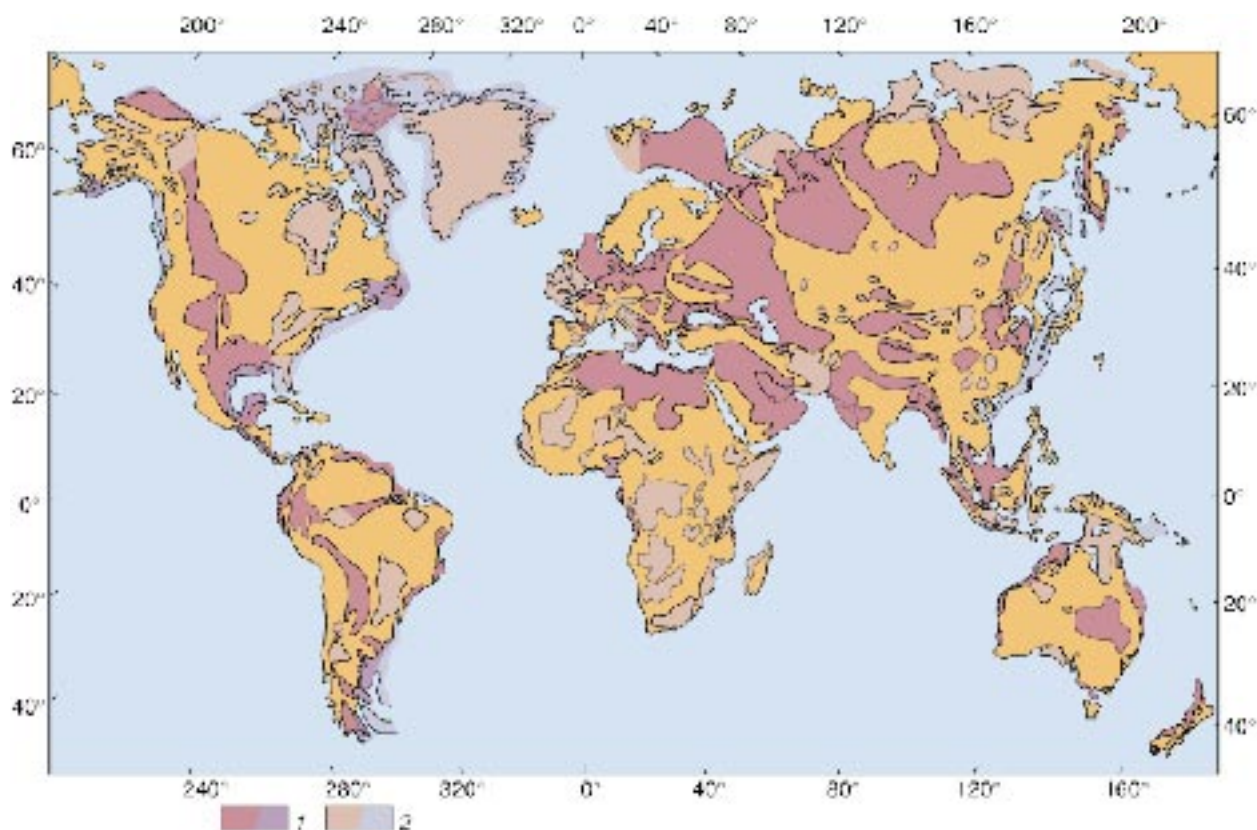


Рис. 5. Карта основных осадочных бассейнов мира (по А. Перродону, с дополнениями): 1 – бассейны с доказанной нефтегазоносностью, 2 – с предполагаемой нефтегазоносностью

безжизненно-пустынные и населенные редкими кочевыми племенами, теперь покрыты зелеными оазисами с белокаменными городами и за короткий срок достигли значительного процветания. Двумя другими крупнейшими нефтегазоносными бассейнами являются Западно-Сибирский бассейн, благодаря запасам газа которого Россия занимает первое место в мире, и бассейн Мексиканского залива (США, Мексика). Остальные бассейны показаны на рис. 5.

Основные ресурсы нефти и газа сосредоточены в относительно молодых, мезозойских и кайнозойских отложениях, образовавшихся за последние 200 млн лет истории Земли. Однако добыча нефти и газа ведется и из палеозоя, а в Восточной Сибири залежи нефти в еще более древних отложениях верхнего протерозоя, что неудивительно, так как они богаты органикой, в основном водорослевого происхождения. Поэтому можно ожидать, что добыча нефти и газа будет «прирастать» и протерозоем.

Автор благодарен О. Баженовой и В. Сойферу за ценные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженова О.К., Бурлин Ю.К., Соколов Б.А., Хаин В.Е. Геология и геохимия нефти и газа. М.: Изд-во МГУ, 2000. 383 с.
2. Еременко Н.А., Чилингар Г.В. Геология нефти и газа на рубеже веков. М.: Наука, 1996. 176 с.
3. Перродон А. Формирование и размещение месторождений нефти и газа. М.: Недра – Буссенс. «Эльф.Акитен», 1985. 359 с.
4. История нефти в осадочных бассейнах / Ред. Б.А. Соколов. М.: Интерпринт, 1994. 206 с.
5. Хаин В.Е. Современная геология: Проблемы и перспективы // Соросовский Образовательный Журнал. 1996. № 1. С. 66–73.

Рецензенты статьи В.А. Королев, М.Г. Ломизе

* * *

Виктор Ефимович Хаин, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры динамической геологии МГУ, действительный член РАН. Лауреат государственных премий СССР и РФ. Область научных интересов – строение и развитие земной коры континентов и океанов. Автор более 30 монографий и учебников и более 700 научных статей.