

## ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

С. С. Захарова



*Светлана Семеновна Захарова,  
кандидат геолого-минералогических  
наук, доцент кафедры  
аналитической и физической химии  
биолого-географического  
факультета ЯГУ.*

Нефть и газ известны человечеству с доисторических времен. Археологическими раскопками установлено, что на берегу Евфрата нефть добывалась за 6-4 тыс. лет до н. э. Использовалась она для различных целей, в том числе и в качестве лекарства. Древние египтяне применяли асфальт (окисленную нефть) при бальзамировании. Добывали они его, по сообщению древнегреческого историка и географа Страбона (63 г. до н. э. - 23-34 гг. н. э.), преимущественно у берегов Мертвого моря. Нефть являлась составной частью зажигательного средства, вошедшего в историю под названием «греческого огня». У народов, населявших южные берега Каспийского моря, нефть издавна применялась для освещения жилищ. Об этом свидетельствует древнеримский историк Плутарх, описавший походы Александра Македонского. В средние века нефть использовалась для освещения улиц в ряде городов Ближнего Востока и Южной Италии. В начале XIX века в России, а затем в Америке из нефти, путем ее возгонки, было получено осветительное масло, названное керосином. Впервые керосиновая лампа осветила операционный стол во львовском госпитале.

До середины XIX в. нефть добывалась в небольших количествах, в основном из неглубоких колодцев вблизи естественных выходов ее на дневную поверхность. Зарождение нефтегазовой промышленности началось в конце 60-х годов прошлого века с началом бурения нефтяных скважин. Нефть и природный газ сейчас лежат в основе мирового топливно-энергетического баланса. Продукты переработки нефти широко используются во всех отраслях промышленности, сельского хозяйства, на транспорте и в быту.

Основоположник отечественной нефтяной геологии академик И. М. Губкин в 1932 г. писал: «Только тогда, когда мы будем иметь правильное представление о тех процессах, в результате которых возникла нефть, мы будем знать, каким образом в земной коре образуются ее залежи,... и получим... надежные указания, в каких местах надо искать нефть и как надлежит наиболее целесообразно организовать ее разведку» [1].

В объяснении происхождения нефти и газа уже более ста лет противостоят две основные концепции. Представители одной из них - органики - считают, что нефть и природный газ образовались в осадочном чехле земной коры в результате глубокого преобразования остатков животных и растительных организмов, населявших древние моря и озера. Их оппоненты - неорганики - утверждают, что нефть и газ образовались в мантии Земли в результате синтеза углерода и водорода в условиях высокой температуры и давления.

Наиболее последовательной концепцией неорганического происхождения нефти является минеральная - **карбидная** - гипотеза, предложенная великим русским ученым Д. И. Менделеевым (1837). Согласно его представлениям, нефть возникает в результате взаимодействия паров воды и карбидов металлов ядра Земли. Образующиеся при этом газообразные продукты, в том числе и углеводороды, поднимаются по трещинам вверх в осадочные породы,

конденсируются и образуют скопления нефти. Д. И. Менделеев обосновал это и геологическими данными, указав на линейность расположения нефтяных месторождений, приуроченность их к предгорным районам, связь с вулканами и др.

Гипотеза неорганического происхождения нефти и газа в настоящее время развивается в работах В. Б. Порфирьева, Н. А. Кудрявцева, И. В. Гринберга, Э. Б. Чекалюка, Г. Н. Доленко, П. Н. Кропоткина, А. И. Кравцова, Л. Н. Еланского, Л. Н. Капченко, Н. С. Бескровного, Г. В. Рудакова и др.

В 1950 г. профессор Н. А. Кудрявцев выдвинул **магматическую** гипотезу образования нефти. По его мнению, на больших глубинах - в мантии Земли - в условиях очень высокой температуры углерод и водород образуют углеводородные радикалы -  $\text{CH}$ ,  $\text{CH}_2$  и  $\text{CH}_3$ . Вследствие перепада давления они перемещаются по веществу мантии в зоны глубинных разломов и вдоль этих разломов поднимаются вверх, ближе к земной поверхности. По мере понижения температуры в верхних слоях эти радикалы соединяются друг с другом и с водородом. В результате образуются более сложные нефтяные углеводороды. Дальнейшее движение углеводородных газов и нефти приводит их или на поверхность Земли, или в ловушки, возникающие в проницаемых осадочных породах, а иногда и в кристаллических на границе с первыми. Передвижение углеводородов происходит по заполненным водой трещинам и вызывается огромным перепадом давления на пути миграции и в местах образования нефти в осадочной толще, а также разностью плотности воды и нефти.

Имеется и **космическая** гипотеза неорганического происхождения нефти и газа, базирующаяся на крупных достижениях науки в области планетарной космогонии. Исследования спектров небесных тел показали, что в атмосфере Юпитера и других больших планет, а также в газовых оболочках комет встречаются соединения углерода и водорода. Во всех без исключения метеоритах выявлены простейшие органические соединения, путем экстрагирования извлечены битумы, в которых обнаружены углеводороды алифатического и ароматического происхождения, аминокислоты и глюкоза. Опираясь на эти данные, русский геолог В. Д. Соколов выдвинул гипотезу, согласно которой углеводороды образовались на ранних высокотемпературных стадиях существования Земли, на этапе ее «горячего развития» путем синтеза углерода и

водорода. В 1957 г. академик АН УССР В. Б. Порфирьев предложил обновленный вариант космической гипотезы. По его представлениям, углеводороды, существовавшие в первозданном веществе Земли, при ее остывании и формировании как планеты, поглощались остывающей магмой и позднее, поднимаясь по трещинам, внедрялись в осадочные породы.

Все гипотезы неорганического происхождения нефти и газа базируются на следующих основных положениях.

- Синтез углеводородов возможен неорганическим путем (например, синтез Фишера-Тропша\*).

*Однако это не соответствует условиям, которые существовали на Земле. Термодинамический анализ параметров магматической расплава, внедряющегося в осадочную оболочку, свидетельствует о том, что возникновение и существование более сложных углеводородов, чем метан, невозможно.*

- Температура образования углеводородов нефти, рассчитанная из соотношения содержания ряда изомеров углеводородов в предположении, что нефть представляет собой равновесную систему углеводородов, очень высока (свыше  $600^\circ\text{C}$ ).
- Нефть или ее признаки присутствуют в изверженных и метаморфических породах, в продуктах деятельности современных вулканов, в трубках взрыва и в космических телах.

*Действительно, известно около 30 промышленных или полупромышленных залежей нефти, приуроченных к изверженным и метаморфическим породам; кроме того, имеется упоминание более чем о 200 случаях минералогических включений углеводородов в изверженных или метаморфических породах.*

- Скопления нефти и газа приурочены к зонам разломов в земной коре.
- Гипотеза биогенного происхождения нефти и газа не объясняет: а) существования огромных концентраций нефти в гигантских месторождениях, а также уникальных скоплений битумов (Атабаска, Мелекесская впадина, Оленекское поднятие); б) причин отрыва рассеянных углеводородов от материнской толщи и их дальней миграции.

Критике концепции неорганического происхождения нефти и газа посвящено значительное

\* При пропускании смеси окиси углерода с водородом при температуре  $200^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении над катализаторами - металлическим железом и кобальтом - образуется смесь алканов, состоящая, главным образом, из нормальных парафинов с примесью разветвленных:  $n\text{CO} + (2n+1)\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Kt, toC}} \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + n\text{H}_2\text{O}$ .

количество работ. Возможность неорганического происхождения нефти и газа показана лишь лабораторными экспериментами, подтверждающими возможность синтеза углеводородов в условиях высоких температур и давлений. Однако в опытах нельзя точно моделировать весь сложный неразрывный процесс образования углеводородов, условия их миграции и скопления. Что касается остальных аргументов в пользу неорганического происхождения нефти (нефтепроявления в кристаллических породах, высокая температура образования нефти, связь месторождений нефти с разломами и др.), то они или находят объяснение с позиции органического происхождения нефти, или же сами по себе недостаточно убедительны (определение температуры образования нефти по ее составу, связь месторождений с разломами). Неорганическая теория не объясняет ряда важных закономерностей в размещении месторождений нефти и газа, в частности вертикальной зональности образования углеводородов различного состава и фазового состояния их скоплений, связи времени образования ловушки с ее нефтегазоносностью и т. п.

Хотя в настоящее время проблема нефтегазообразования остается открытой, большинство ученых поддерживает гипотезу органического происхождения нефти.

Идея об образовании нефти из органического вещества (углей) под воздействием тепла Земли впервые, еще в 1763 г., была высказана М. В. Ломоносовым в его знаменитом труде «О слоях земных». С этой работы М. В. Ломоносова начинается фактически свое развитие **концепция органического происхождения нефти**. Она набирала силы и совершенствовалась в острой борьбе как с неорганиками, так и с теми, кто принял в целом эту концепцию, но не находил удовлетворительного ответа на ряд вопросов изучаемой проблемы, например: условия преобразования исходного органического вещества, время и механизм миграции углеводородов, процессы их накопления и преобразования, понятие «первичная нефть» и др.

Современные представления об органическом происхождении нефти сформулированы в работах А. А. Бакирова, И. О. Брода, Н. Б. Вассоевича, В. В. Вебер, М. Ф. Двали, А. Ф. Добрянского, Н. А. Еременко, М. К. Калинин, А. Э. Конторовича, М. Ф. Мирчинка, К. Ф. Родионой, С. С. Неручева, В. А. Соколова, В. А. Успенского, А. А. Трофимука и др.

С позиций органической концепции происхождения нефти и газа в настоящее время представляется следующим образом. Исходным продуктом для образования нефти является органическое вещество во всем его многообразии. Наибо-

лее обоснованным явилось представление немецкого исследователя Г. Потонье о смешанном растительно-животном происхождении исходного материала для нефти.

В стадии седиментогенеза осадков, названной В. А. Соколовым **биохимической**, происходит деструкция остатков растений и животных под действием собственных ферментов отмершего организма (автолиз) и микроорганизмов. Процессы биохимического преобразования органического вещества происходят в самых верхних слоях осадка на глубине нескольких метров от морского дна, и уже на этом этапе органическое вещество в илах преобразуется так сильно, что по составу и физико-химическим свойствам абсолютно не похоже на то исходное вещество, которое выпадало в осадок. По мере накопления и погружения осадков морского дна идет процесс уплотнения и превращения их в осадочную породу, т. е. **диагенез**. Молодая осадочная порода при погружении попадает в зону **катагенеза**, где преобладают химические процессы, характеризующиеся преобразованием органического вещества под влиянием температуры и давления. Под воздействием высокой температуры начинается разложение более сложных соединений органического вещества на менее сложные, в том числе и углеводороды. С увеличением глубины погружения осадочных пород в разлагающемся органическом веществе растет содержание газообразных углеводородов и рассеянной нефти (микронефти - по Н. Б. Вассоевичу). Считается, что после достижения температуры 60°C на глубине 2,0-2,5 км разложение органического вещества ускоряется, а в глубоких зонах земной коры, где температура составляет примерно 150-200°C, начинается деструкция нефти. В результате образуются сначала газоконденсат, а затем метан. Таким образом возникло представление о вертикальной **зональности образования нефти и газа**. Так, до глубины 1,5 км выделяется зона преимущественного газообразования, в интервале от 1,5-2,5 км до 6 км предполагается образование из органического вещества максимального количества жидких углеводородов микронефти. Здесь господствует температура от 60 до 160°C. Эта зона названа Н. Б. Вассоевичем **главной зоной нефтеобразования** [2]. А на больших глубинах, где температура более 150-200°C, генерируется, в основном, метан. Эта зона С. Г. Неручевым, А. М. Акрамходжаевым и другими советскими учеными выделена в качестве **главной зоны газообразования** (рис. 1).

Одним из важнейших вопросов является выяснение механизма концентрации микронефти в различных по масштабам скоплениях углеводо-

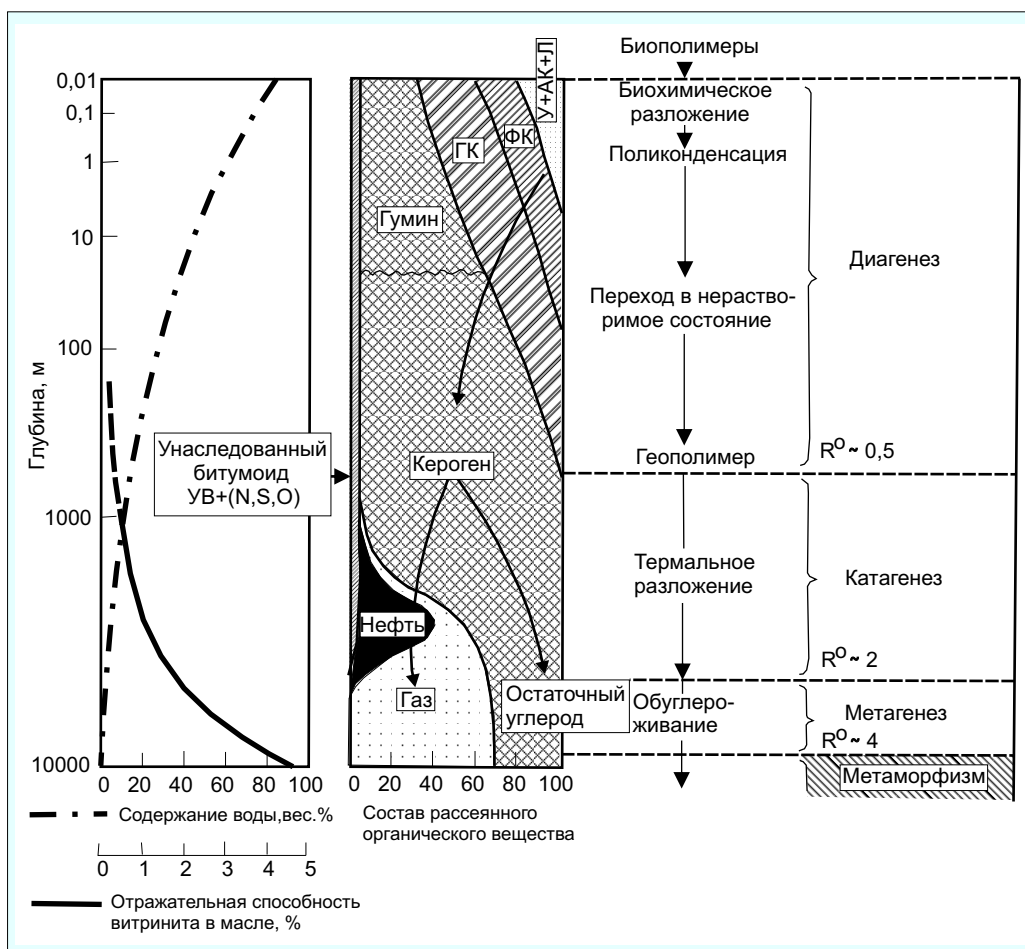


Рис. 1. Общая эволюция органического вещества с момента его отложения до начала метаморфизма [3].

У - углеводы; АК - аминокислоты; FK - фульвокислоты; GK - гуминовые кислоты; Л - липиды; UB - углеводороды; NSO - N, S и O-содержащие гетеросоединения (не углеводороды).

родов. Согласно органической концепции, глинистые и известковые илы считаются нефтематеринскими породами. По мере их погружения и уплотнения рассеянная микронепфть вместе с газообразными углеводородами и водой начинает выжиматься из илов в залегающие выше пористые породы (песчаники). Этот процесс получил название **первичной миграции**. Свойства настоящей нефти микронепфть приобретает уже в пористой среде. В моменты последующих тектонических перестроек под влиянием гравитационных и других сил микронепфть начинает медленное перемещение вверх вдоль пластов. Так начинается **вторичная миграция** нефти и газа (рис.2). По мнению И. М. Губкина, этот момент нужно считать уже началом образования самого нефтяного месторождения. Формирование залежей нефти и газа является сложным процессом, включающим в себя три

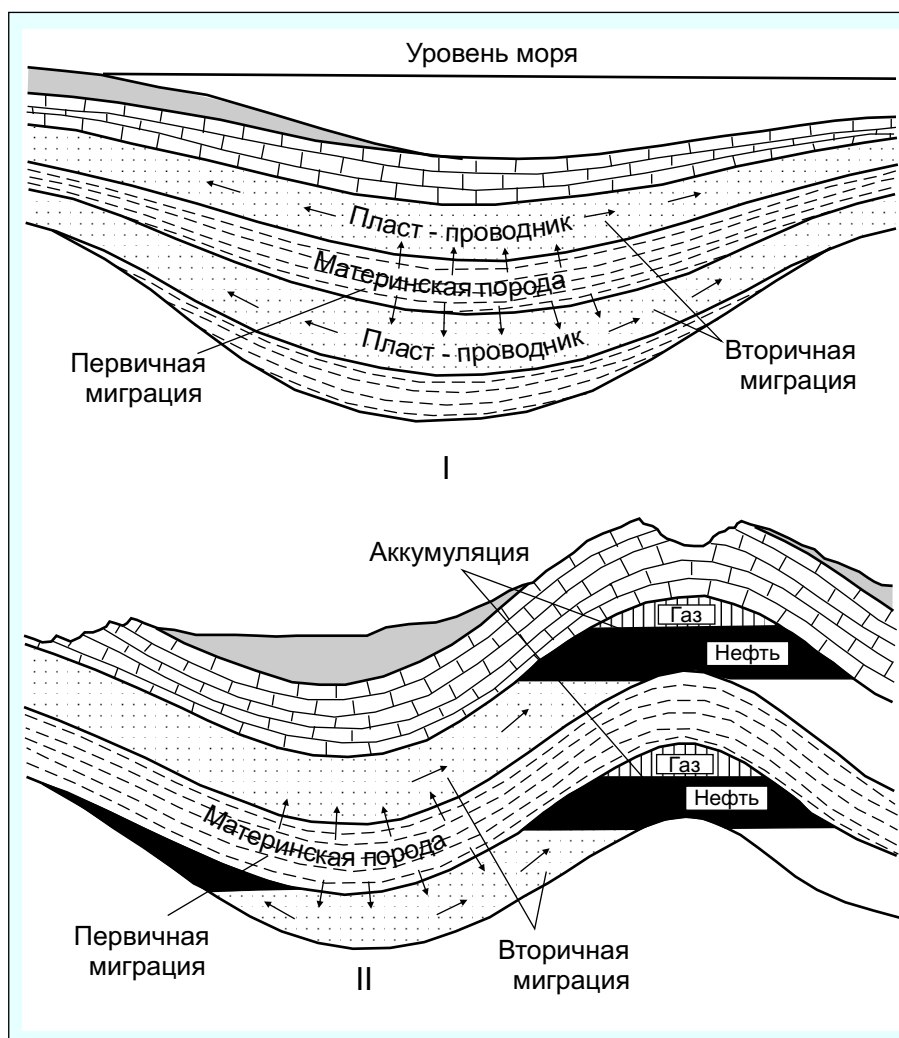
основных составляющих: генерация углеводородов нефтематеринскими отложениями, миграция их в зоны более низкого давления и ловушки, аккумуляция в скопления нефти и газа.

Все возрастающее потребление нефти и газа является стимулом развития теоретической нефтегазовой геологии. К важным научным достижениям XX века следует отнести учение о нефтегазонасности осадочных бассейнов (И. О. Брод) и развитие осадочно-миграционной концепции нефте- и газообразования, ядром которой является представление о главной фазе нефтеобразования (Н. Б. Вассоевич). В последние годы в общей теории нефтегазонасности появились флюидодинамическая и геодинамическая модели.

В основу флюидодинамической концепции нефтегазообразования (Б. А. Соколов, В. Е. Хаин, Б. М. Валяев, Ю. И. Пиковский и др.) положено

представление о единстве триады, включающей понятия: очаг генерации углеводородов, пути миграции, зоны аккумуляции, объединяемые в автономную нефтегазовую флюидодинамическую сис-

тем (при поддвигании и надвигании океанической коры на континентальную на месте глубоководных желобов) при погружении на глубину с температурой порядка 100-400°С. Нефть мигрирует



**Рис. 2. Образование залежей нефти и газа: схема первичной и вторичной миграции на ранней и более поздней стадиях эволюции бассейна.**

*I - начальная фаза первичной и вторичной миграции; II - более поздняя стадия первичной и вторичной миграции и образование залежи.*

тему [4].

Геодинамическая модель нефтегазообразования (В. А. Клешев, А. А. Шеин, В. П. Гаврилов и др.) построена на концепции «тектоники плит», или так называемой новой глобальной тектоники (В. Морган, З. Ле Пишон, Б. Айзекс и др.). Предполагается, что нефть образуется из органического вещества осадков океанического дна в зонах суб-

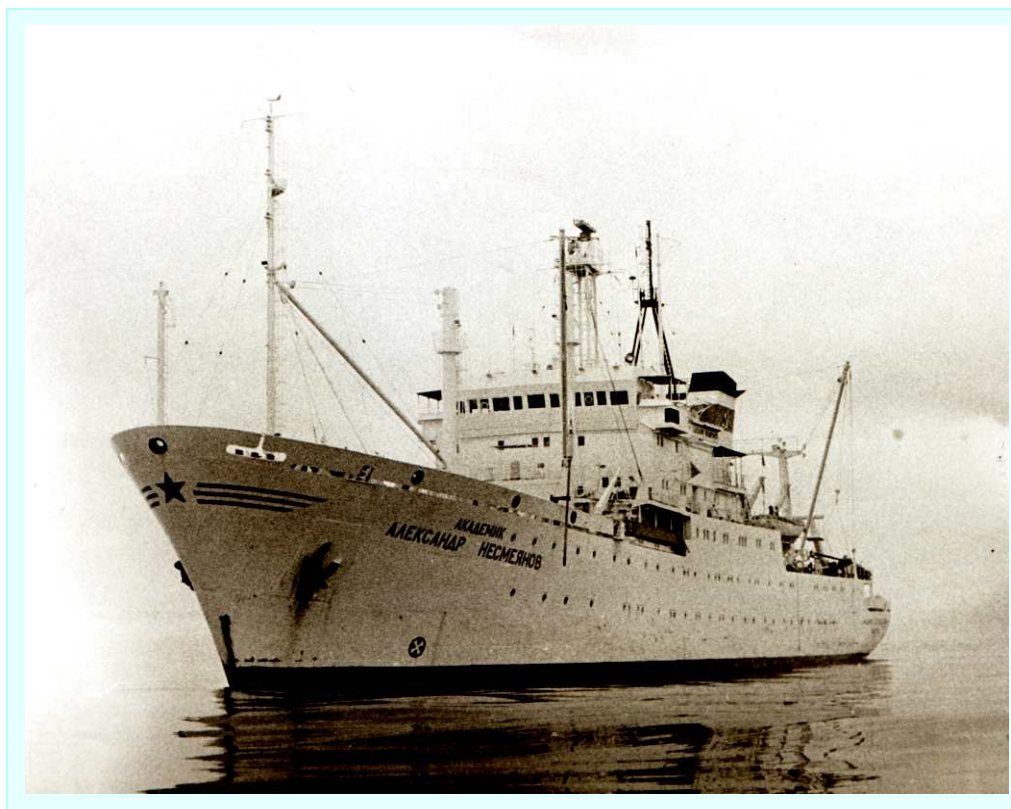
вверх через надвинутую континентальную плиту и концентрируется, образуя большие скопления в осадочных породах (Х. Хедберг, О. Г. Сорохтин и др.) [5]. Отсюда следует и новый механизм обогащения углеводородов в краевых и предгорных прогибах, выжимавшихся из зон поддвига плит и мигрировавших затем по напластованиям осадочного чехла прогибов в сторону самих платформ. Этот

## Результаты фундаментальных исследований

механизм оказывается очень мощным. В таких зонах в результате тектоно-сейсмической деятельности выделяется более 95% всей механической энергии Земли.

С этой точки зрения интересны работы якутских ученых по выявлению роли природных тектоно-сейсмических факторов в реализации процессов образования и накопления углеводородов. Лабораторные эксперименты по моделированию

нического вещества донных осадков озера Байкал, расположенного в пределах Байкальской рифтовой зоны, показало, что оно достигло высокой степени преобразования, соответствующей бурогоугольной стадии [7]. Исследование органического вещества современных осадков Охотского моря, расположенного в активной зоне сочленения Азиатского континента и дна Тихого океана, позволило выявить высокую степень битуминизации и



*Рис. 3. Всесоюзная научно-исследовательская экспедиция на Охотском море проводила свои наблюдения на судне «Академик Александр Несмеянов», седьмой рейс - 16 мая по 25 июня 1985 г.*

воздействия этих факторов на осадочную толщу, содержащую органическое вещество, показали, что процесс преобразования органического вещества сопровождается генерацией широкой гаммы углеводородов [6]. Достоверность разработанных моделей, которые учитывают роль механической энергии в геохимических процессах, доказана в работах автора по изучению органического вещества современных осадков регионов с активной тектоно-сейсмической деятельностью [7-9].

Химико-битуминологическое изучение орга-

высокое содержание углеводородов, сопоставимое с их количеством в органическом веществе пород, залегающих на глубине нескольких километров на континентах [8] (рис. 3). Другим примером современных осадков с глубоким преобразованием без участия термальных факторов органическим веществом являются осадки Черного моря, а также Японского моря в районе глубоководного желоба Нанкай. Оба района находятся в зонах повышенной сейсмичности [9].

Результаты исследований позволяют сде-

лать вывод о том, что тектоно-сейсмические процессы оказывают существенное, а в некоторых случаях и определяющее влияние на генерацию углеводородов органическим веществом. Они играют роль движущих сил в перераспределении и аккумуляции углеводородов. Основные области их образования связаны с приграничными зонами литосферных плит, в пределах которых выделяется большая часть механической энергии Земли.

Анализ распределения нефтегазоносных бассейнов мира показал, что приблизительно 80% мировых залежей нефти и газа действительно тяготеют к современным, особенно к существовавшим в прошлые геологические периоды фанерозонам поддвига плит [10]. Сюда относятся и уникальные углеводородные бассейны Персидского залива, Венесуэлы, Среднего Запада США, Канады, Аляски, Индонезии, классические месторождения Аппалачей, Предуралья, прогиба Кавказа, Карпат и других регионов мира. Открытие крупных месторождений нефти и газа в поднадвиговых зонах горных сооружений Северной Америки - яркий пример удачного прогноза существования в конкретном месте полезных ископаемых, данного с позиций теоретического представления тектоники литосферных плит.

В наступившем столетии, по всей вероятности, будет создана общая теория нефтегазообразования, объединяющая существующие сегодня органический, неорганический и космический подходы к данной проблеме. Это даст возможность более эффективно и рентабельно осваивать углеводородные ресурсы недр Земли.

### Список литературы

1. Губкин И. М. Учение о нефти. - М.: Наука, 1975. - 384 с.
2. Вассоевич Н. Б. Теория осадочно-миграционного происхождения нефти // Известия АН СССР. Сер. "Геология". - 1967. - № 11. - С. 135-156.
3. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. - М.: Мир, 1981. - 504 с.
4. Соколов Б. А. Флюидодинамическая модель нефтегазообразования. - М.: Геос, 1999. - 76 с.
5. Сорохтин О. Г., Ушаков С. А., Федынский В. В. Динамика литосферных плит и происхождение месторождений нефти // Доклады АН СССР. - 1974. - Т. 214. - № 6. - С. 1407-1410.
6. Черский Н. В., Царев В. П., Сороко Т. И., Кузнецов О. Л. Влияние тектоно-сейсмических процессов на образование и накопление УВ. - Новосибирск: Наука, 1985. - 224 с.
7. Сороко Т. И., Захарова С. С. Геохимия ОВ донных осадков озера Байкал // Влияние механических и температурных полей на процессы генерации и аккумуляции УВ. - Якутск, 1985. - С. 14-31.
8. Сороко Т. И., Захарова С. С. Органическое вещество акваторий и роль сейсмо-тектонического фактора в его преобразовании. - Якутск, 1991. - 152 с.
9. Захарова С. С., Царев В. П. Геохимические показатели нефтегазообразования в современных осадках высокоомобильных регионов // Влияние механических и температурных полей на процессы генерации и аккумуляции УВ. - Якутск, 1985. - С. 5-13.
10. Сорохтин О. Г., Ушаков С. А. Роль океанов в формировании месторождений полезных ископаемых и нефтегазоносных бассейнов континентов // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа: Материалы V Международной конференции - М.: Изд-во МГУ, 2001. -

### Новые книги

**Научное обеспечение развития горно-промышленных комплексов Республики Саха (Якутия) / Под ред. А. Н. Алексеева, В. Ю. Фридовского. - Новосибирск: - Наука, 2003. - 383 с.**

В книге отражены результаты комплексного исследования горно-геологических, технико-технологических, социально-экономических и медико-экологических проблем развития горно-промышленных комплексов Республики Саха (Якутия). На геодинамической основе охарактеризована минерация золота восточной окраины Северо-Азиатского кратона. По генетическим критериям оценены перспективы алмазности юго-востока Якутии. Предложены ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии добычи и переработки твердых полезных ископаемых. Выполнены онтогенетические исследования алмазов и показаны направления их использования. Раскрыты проблемы безопасной эксплуатации стальных конструкций производственных зданий. Описано численное моделирование процессов тепломассопереноса в криолитозоне. Проанализированы социально-экономические условия функционирования алмазопромышленных комплексов. Рассмотрено состояние природных экосистем и здоровья населения.

Книга предназначена для геологов, специалистов горно-промышленных комплексов, экономистов, экологов, археологов, медиков.

