

Д. Хант

Геохимия и геология нефти и газа

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 54
ББК 24
Д11

Д11 **Д. Хант**
Геохимия и геология нефти и газа / Д. Хант – М.: Книга по Требованию, 2024. – 704 с.

ISBN 978-5-458-34489-0

В книге известного американского ученого Дж. Ханта освещены все важнейшие вопросы геологии и геохимии нефти и газа — состав нефти и ее производных, происхождение, миграция и аккумуляция, условия нахождения и преобразования, роль геохимических исследований при поисках и разведке нефтегазоносных бассейнов. Для специалистов в области геологии нефти и газа, преподавателей и студентов геологических вузов.

ISBN 978-5-458-34489-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРОВ ПЕРЕВОДА

Крупный американский специалист Дж. Хант широко известен геохимикам и геологам-нефтяникам нашей страны своими работами по геологии и геохимии углеродистого органического вещества в осадочной оболочке Земли, происхождению нефти и газа и формированию их скоплений.

В предисловии, написанном одним из известнейших и старейших американских геологов Холлисом Хедбергом, книга Дж. Ханта названа «сплавом химии и геологии». Действительно, это первая книга такого содержания, хотя следует отметить, что геохимия углеродистого вещества, в частности нафтидов, во многих работах наших исследователей (А. А. Карцев, А. Э. Конторович, С. Г. Неручев, В. А. Успенский и др.) рассматривается в органической связи с геологическими процессами. Дж. Хант хорошо знает работы советских геологов и геохимиков и широко использует их в данной монографии.

При переводе и редактировании книги возникли некоторые трудности, часть которых удалось преодолеть в результате переписки с автором. В ряде случаев они были связаны с разным пониманием в нашей и американской литературе некоторых широко распространенных терминов. Это относится, например, к стадиям литогенеза. Многие годы в США и у нас к диагенезу относили не только превращение осадка в породу, но и дальнейшие изменения породы по мере увеличения глубины ее залегания при погружении вплоть до наступления собственно метаморфизма. Такое содержание в термин *диагенез* вкладывал, например, И. М. Губкин, что явилось причиной неверного толкования его представлений о происхождении нефти. После работ А. Е. Ферсмана, Н. М. Страхова, Н. Б. Вассоевича большинство исследователей диагенезом стали называть только стадию превращения осадка в породу. Стадию изменения пород в результате процессов, протекающих в них при повышении температуры и давления, они называют катагенезом, выделяя в нем ряд подстадий (прото-, мета- и апокатагенез). Под влиянием этих работ и зарубежные исследователи стали более подробно расчленять литогенез, но границы стадий разными исследователями определяются неоднозначно. Так, Дж. Хант

в своей книге понимает диагенез более широко, включая в него и подстадию протокатагенеза (буроугольную подстадию); температурную границу между диагенезом и катагенезом он проводит по изотерме $+50^{\circ}\text{C}$. Нижней граничной температурой катагенеза Дж. Хант считает $\sim 200^{\circ}\text{C}$, относя подстадию апокатагенеза к метагенезу, что следует иметь в виду при чтении книги.

По-разному толкуется и термин *кероген*, используемый Дж. Хантом. Под керогеном шотландский химик Л. Крум-Броун, впервые употребивший этот термин, понимал органическое вещество шотландских горючих сланцев в целом. В таком же смысле применяет его и большинство советских исследователей. За рубежом, в частности в США, керогеном стали называть лишь ту часть рассеянного органического вещества, содержащегося в породах, которая нерастворима в органических растворителях, т. е. понятие керогена стало химико-аналитическим и более неопределенным, так как в разных лабораториях нередко применяют различные по составу растворители. При таком толковании не очень ясно представляется применение по отношению к керогену термина *созревание* (*maturation*).

Труд Дж. Ханта высоко оценен в ряде появившихся в зарубежной печати рецензий, и мы полностью присоединяемся к такой оценке. В качестве одной из главных целей своей книги Дм. Хант считает пропаганду среди геологов-поисковиков знаний геохимии нефтидов, геохимических методов исследования органического вещества пород (сидикахитов) и внедрение результатов этих исследований при проведении поисковых работ на нефть и газ. Для книги Дж. Ханта характерны практическая направленность и убедительный показ необходимости геохимических исследований, тесной увязки геологии нефти с органической геохимией.

Несомненно, что эта книга будет весьма полезна не только специалистам, но и студентам в качестве хорошего учебного пособия.

Н. Вассоевич
А. Архипов

ПРЕДИСЛОВИЕ К АМЕРИКАНСКОМУ ИЗДАНИЮ

В наше время перед нефтяной геологией стоят такие задачи, которые требуют фундаментального знания природы нефти, ее происхождения и форм нахождения в земной коре. На ранних этапах нефтяной эры большинство нефтяников не задавались вопросами, *как, почему и когда* образовались нефть и газ; все, что они стремились узнать, сводилось к ответу на вопрос: *где* залегают эти полезные ископаемые? Те годы прошли, и теперь мы все больше и больше осознаем, что вопросы *как, почему и когда* являются ключевыми для повышения эффективности поисковых работ.

Кто-то сказал, что мы не решим проблему происхождения, миграции, аккумуляции и сохранения нефти до тех пор, пока не обнаружим последнюю ее каплю. Возможно, что это и так; но в равной мере верно и то, что мы не подойдем вплотную к открытию этой последней капли, пока не добьемся ответов на эти вопросы.

Несмотря на все более распространяющееся мнение об истощении нефтяных ресурсов, мы, вероятно, еще не разрабатываем и половины мировых нефтяных месторождений. Более того, вряд ли уже обнаружена половина имеющихся скоплений. Несомненно, впрочем, что мы открыли наиболее легкую, доступную и крайне дешевую часть запасов нефти и что для поисков и извлечения оставшейся их части потребуются более сложные методы, чем те, какие применялись в прошлом. И эти методы в значительной степени будут базироваться на лучшем знании химических и физических свойств нефти и тех законов физики и химии, которые контролируют ее генезис, перемещение и концентрацию в залежах промышленного значения, а также ее сохранение. Эти знания помогут нам не только во всем, что касается традиционных залежей нефти и газа, но также в освоении других источников углеводородов: асфальтовых песков, горючих сланцев, угольного газа, насыщенных газом вод и т. п.

Поэтому для геологов, геохимиков, геофизиков, инженеров, преподавателей, всех лиц, имеющих отношение к поискам и добыче нефти, очень ценно то, что один из наиболее опытных и крупнейших знатоков геохимии нефти при всей своей занятости

взял на себя труд написать и опубликовать монументальную монографию «Геохимия и геология нефти и газа».

Джон М. Хант получил звание доктора философии по химии в 1946 г. в Пенсильванском университете и после годичного пребывания в университете следующие шестнадцать лет проработал в исследовательской лаборатории Standart Oil Company of New Jersey (ныне Еххон) в Талсе, Оклахома, где с 1956 по 1963 г. руководил геохимическими исследованиями. На этом посту он близко познакомился с разносторонней исследовательской и производственной деятельностью крупной нефтяной компании. В 1964 г. он оставил промышленность и стал председателем отделения геохимии и геологии Океанографического института в Вудс-Холе (1964—1967), а затем председателем его отделения по химии (1967—1974). В настоящее время он является главным специалистом Океанографического института.

На всех этапах своей деятельности д-р Хант был тесно связан с исследованиями происхождения, миграции и распространения нефти и практическим применением этих исследований. Им лично или в соавторстве с другими опубликованы многочисленные статьи, многие из которых внесли выдающийся вклад в наши знания по этому предмету. Следует упомянуть исследование состава нефти в зависимости от ее стратиграфического положения, проведенное Хантом в Вайоминге (1953), статьи Ханта и Джеймисона о нефтематеринских породах (1956), Кидуэлла и Ханта о миграции нефти в молодых осадках на территории Венесуэлы (1958), Форсмана и Ханта о керогене в осадочных породах (1958), Дантона и Ханта о распределении низкомолекулярных углеводородов в современных и древних осадках (1962), о составе и происхождении битумов в бассейне Юинта (1963), о происхождении нефти в карбонатных породах (1967), Дикки и Ханта о поисках стратиграфических ловушек (1972) и его исследование легких углеводородов в образцах, полученных при глубоководном бурении (1974—1978).

Профессиональная деятельность д-ра Дж. Ханта в компании Еххон и в Океанографическом институте Вудс-Хола была связана с поездками в районы, где эти организации проводили активные исследования. В 1964 г. он был признан лучшим лектором Американской ассоциации геологов-нефтяников и вел занятия на курсах повышения квалификации с момента их организации. С 1966 г. он стал помощником редактора «Бюллетеня Американской ассоциации геологов-нефтяников». Многие годы был председателем консультативного комитета JOIDES (Joint Oceanographic Institution for Deep Earth Sampling) по органической геохимии, а в настоящее время состоит членом этого комитета и комитета JOIDES по пассивным континентальным окраинам. Он — научный руководитель экспедиций

■ Красное (1966) и Черное (1969) моря. Результаты последней опубликованы в «Записках Американской ассоциации геологов-нефтяников» (№ 20). Он читал лекции по геохимии во многих странах мира, и на его работы в этой области часто ссылаются в иностранных публикациях.

Предлагаемая читателю книга охватывает широкий круг вопросов. Это поистине удачный сплав химии и геологии в вопросах, касающихся нефти и газа. Вслед за вводным разделом (часть I), посвященным углероду и составу нефти, в книге помещены 3 объемистые главы части II, в которых автор отвечает на вопросы: как образуется нефть, как образуется газ и как происходит их миграция и аккумуляция? В двух главах части III описываются материнские породы и коллекторы. Часть IV, озаглавленная «Применение геохимических методов», посвящена поверхностным нефтепроявлениям, методам наземной и глубинной разведки, корреляции нефтей и оценке перспектив. Многочисленные таблицы и рисунки, краткие выводы к главам и весьма подробная библиография, помещенная в конце, делают книгу в еще большей мере доходчивой и полезной.

История научных достижений в области разведки нефти полна примеров, когда новые направления и новые методы вначале применялись весьма редко, но, будучи признаны, начинали внедряться с преувеличенным энтузиазмом, подогревавшимся первыми успехами. Антиклинальная теория, в которую однажды уверовали, долгое время доминировала при проведении поисковых работ. Это привело к недооценке перспектив, связанных с многочисленными ловушками неантиклинального типа, которые, как мы теперь знаем, реально существуют в природе. Микропалеонтология, исследование тяжелых минералов, электрокаротаж, метод отраженных сейсмических волн, воздушная магнитометрия, превращение глинистых минералов, стратиграфические ловушки, новая глобальная тектоника, метод яркого пятна, понятие о температурном окне (главной фазе нефтеобразования) — вот примеры ныне признанных, но когда-то новых концепций (и методов), которые сыграли и продолжают играть весьма полезную роль в разведке нефти, но значение которых нередко переоценивалось. Органическая геохимия довольно молода, чтобы ее методы могли широко применяться при разведке нефтяных залежей, тем не менее ее успехи уже феноменальны. Впрочем, и при внедрении этих методов нужен осторожный и разумный подход, иначе мы рискуем впасть в предубеждение относительно их эффективности.

Мне кажется, что, внимательно прочитав книгу д-ра Ханта, нельзя не осознать разнообразия и сложности проблем, стоящих перед геохимической наукой: это касается и нерешенных

вопросов, которые еще остаются, и различий между бытующими точками зрения. Для успешного практического использования больших потенциальных возможностей органической геохимии нам необходимы опыт, ознакомление с концепциями ведущих специалистов, которые в каждом случае базируются на индивидуальном опыте, и широкая пропаганда этих концепций. Более того, геохимия должна быть надлежащим образом, как это сделал д-р Хант, увязана с возможностями геологии, геофизики и других наук о Земле, каждая из которых играет значительную роль в разведке нефти.

Я надеюсь, что каждый, кто интересуется нефтью — вторым после воды по распространенности в земной коре флюидом, — будь то в научных или практических целях и где бы он ни работал: в академии или в качестве профессионального геолога-разведчика — найдет возможность прочитать, изучить и осмыслить этот выдающийся труд.

Январь 1979 г.

Холлис Д. Хедберг,
проф. геологии
Принстонского университета

Первым ученым, работавшим в конце 1940-х и начале 1950-х годов в отделе геологических исследований бывшей Картеровской исследовательской лаборатории в Талсе, Оклахома

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Эта книга написана для студентов, изучающих в качестве основных предметов геологию и химию, а также для лиц, работающих в нефтяных компаниях и интересующихся применением геохимии при разведке нефти. Автор полагает, что книгу можно будет использовать не только как учебник, но и как справочное руководство. В ней рассматриваются вопросы геохимии и геологии нефти, хотя упор сделан на геохимию.

Тридцать лет назад применение геохимии нефти крупнейшими нефтяными компаниями ограничивалось такими аспектами, как поиски залежей с помощью исследований на поверхности, корреляция нефтей и выявление нефтематеринских пород. Сегодня — это весьма разветвленная прикладная наука, в активе которой имеются разнообразные геохимические концепции и методы, играющие важную роль в решении проблем, связанных с разведкой нефти. Цель этой книги — объяснить основные принципы геохимии нефти и научить эффективно использовать их вместе с геологическими и геофизическими данными при поисках нефти и газа.

Материал в книге подобран и изложен с таким расчетом, чтобы он был одинаково легко доступен как геологу, так и химику. Любая геохимическая концепция сначала описывается с достаточной детальностью, и лишь затем следует обсуждение возможностей ее практического применения. Чтобы ознакомить читателя с объектом исследования, в начале книги приводятся общие сведения о составе нефти и основных областях ее использования.

В настоящее время общей тенденцией стало стремление к упрощению измерений. Международная система единиц (СИ), которую иногда называют метрической системой, уже принята более чем 30 странами и предназначена стать универсальной в науке и торговле. В этой книге используются как единицы СИ,

так и единицы английской системы мер и весов, чтобы читатель мог постепенно привыкнуть к единицам СИ.

В основу книги легли заметки, составленные для курсов повышения квалификации, которые проводились в виде семинаров при университете и на предприятиях для лиц, непосредственно занимающихся разведкой. Автор участвовал в работе этих курсов с начала 1960-х годов, когда компания Jersey Production Research (бывшая Картеровская исследовательская лаборатория) в Талсе, штат Оклахома, создала школу для сотрудников филиалов компании Еххон, разбросанных по всему миру. Позднее А. Леворсен, один из лучших лекторов нашего первого преподавательского коллектива, предложил мне написать эту книгу. Меня ободрили также замечания студентов о курсе, прочитанном мною в крупных городах США, Канады, Южной Америки, Европы, Африки и Ближнего Востока. При чтении лекций я отмечал для себя, насколько часто задавались те или иные вопросы, и здесь постарался по возможности более подробно ответить на них. Я также решился рассказать о некоторых интересных случаях из практики моих полевых исследований и наблюдений во время поездок по США, Канаде, Венесуэле и СССР.

В настоящее время геохимия нефти представляет собой быстро обновляющуюся науку, и данная книга должна заложить основу для понимания ее основных концепций и принципов. Однако читатель должен следить за новыми достижениями в этой области по научным публикациям и посещая курсы повышения квалификации. Литература по нефтяной геохимии так обширна, что я не смог сослаться на все важные работы в этой области знания. Я хочу поблагодарить моих многочисленных друзей-геохимиков, тех, кто присылал копии своих статей до их опубликования и тем самым предоставил возможность сослаться на некоторые последние работы.

Я особенно благодарен многочисленным рецензентам, не пожалевшим своего времени и энергии для улучшения этой книги. Холлис Хедберг и Джеймс Гиллули составили детальные отзывы на монографию в целом. Дж. Уилан просмотрел химические разделы, а Брайан Хитчон — все, что касается геохимии. Гл. 6, посвященную миграции нефти, рецензировали Филип Лоу, Парк Дикки, Питер Гретенер и Джерард Лиймбах, который просмотрел также и гл. 5.

Ценные комментарии к отдельным частям монографии прислали А. Вудфорд, Т. Мак-Каллох, Т. Голдстейн, Оливер Зафириу и К. Эмери.

Я также благодарен моей жене Филлис Лейкинг, которая взяла на себя составление библиографического списка и указателей, а также переписку с исследователями, материалы ко-

торых были использованы в этой книге, и другую разнообразную работу, требовавшую больших затрат времени. Опыт, приобретенный ею при составлении ранее опубликованной собственной книги «Черное море. Библиография» (Океанографический институт, Вудс-Хол, 1974 г.), оказался очень полезным при доработке настоящего текста.

Особую благодарность я приношу Шарон Каллахан и Джулии Кертисак, которым пришлось несчетное число раз считывать рукопись, и Кристин Джонсон, которая перепечатывала ее ранние варианты.

Джон М. Хант

Январь 1979 г.

Геохронологическая шкала

Эра	Северная Америка			Европа			Приблизительный возраст, 10 ⁶ лет
	период	эпоха	век	период	эпоха	век	
Кайнозойская	Четвертичный	Современная Плейстоценовая		Неогеновый	Голоценовая Плейстоценовая		1,6
	Третичный	Плиоценовая Миоценовая			Плиоценовая Миоценовая		5
		Олигоценвая Эоценовая	Джексонский Клайборнский Чилкоксский Мидуэйский	Палеогеновый	Олигоценвая Эоценовая	Хаттский Виртонжский	23
		Палеоценовая			Палеоценовая	Далжский	37
							53
Мезозойская	Меловой	Поздняя	Маастрихтский Сенонский Туронский Сеноманский	Меловый	Поздняя	Маастрихтский Сенонский Туронский Сеноманский	65
		Ранняя	Альбский Аптский Неокомский		Ранняя	Альбский Аптский Неокомский	100
	Юрский	Поздняя Средняя Ранняя	Кимериджский Батский Тоарский	Юрский	Поздняя Средняя Ранняя	Мальмский Доггерский Лейпсский	136
	Триасовый	Поздняя Средняя Ранняя	Кейперский Анизийский Скифский	Триасовый	Поздняя Средняя Ранняя	Кейперский Анизийский Скифский	190
							230
Палеозойская	Пермский	Поздняя Ранняя	Очорнский Гвадалупский Леонардский Вульфемпский	Пермский	Поздняя Ранняя	Цехштейн Красный лежень	280
	Пенсильванский	Поздняя Средняя Ранняя	Вирджильский Миссурийский Десмоинзский Атокский Морроуанский	Каменноугольный (карбон)	Поздняя	Стефанский Вестфальский Намюрский	325
					Ранняя	Визейский Турнейский	360
	Миссисипский	Поздняя Средняя Ранняя	Честерский Мерамекский Оседжский Киндерхукский				
	Девонский	Поздняя Средняя Ранняя	Чатуагванский Сенекский Эридский Онескеванский Орисканский Гельдерберский	Девонский	Поздняя Средняя Ранняя	Фаменский Франский Живетский Кувинский Зигенский Мединский	400
	Силурийский	Поздняя Средняя Ранняя	Кейюганский Ниагарский Мединанский	Силурийский	Поздняя Ранняя	Лудловский Венлокский Лландоверийский (Валентийский)	435
	Ордовикский	Поздняя Средняя Ранняя	цинциннатский Шамплейнский Канадский	Ордовикский	Поздняя Средняя Ранняя	Ашгиллский Карадокский Аренигский	500
	Кембрийский	Поздняя Средняя Ранняя	Крукский Альбертский Вакобский	Кембрийский	Поздняя Средняя Ранняя	Туорский Амгинский Алданский	570
Докембрийская	Протерозойский Архейский						