

УДК 553.98 : 551.763

В. А. Красилов

МЕЛОВОЕ НЕФТЕГАЗОНАКОПЛЕНИЕ

Приведен обзор меловых нефтегазоносных бассейнов мира, приуроченных к эпирифтовым прогибам, тафrogenным полуграбням на континентальных окраинах, тыловым морям островодужных систем. Благоприятная для накопления углеводородов ситуация — обширные эпиконтинентальные моря, солевая стратификация морских вод, безледниковый климат, высокопродуктивная растительность — сложилась в результате тектоно-магматической эволюции рифтовых систем, возникших в начале мезозоя, вертикальных движений и инерционного надвигания плит по краевым разломам.

Масштабы мелового нефтегазонакопления определились сравнительно недавно, и поэтому его связь с особенностями меловой истории еще слабо изучена. К мелу относится не менее четверти месторождений из категории гигантских, содержащих более половины мировых запасов нефти и газа [11, 32, 37, 40]*. Глубоководное бурение показало, что обогащенные органическим веществом меловые отложения широко распространены и в океанах.

В нижеследующем кратком обзоре учтены основные бассейны с меловыми запасами и нефтегазоматеринскими толщами.

ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ И ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКИЙ ПРОГИБ

Западно-Сибирский бассейн занимает около 2,8 млн. км² на суше и 0,4 млн. км² под Карским морем. Становление мезозойского структурного плана, по-видимому, контролировалось рифтовой зоной, пересекающей бассейн и уходящей в Карское море [18]. Нефтематеринские толщи приурочены к наиболее глубоководным фациям бореальной трансгрессии. Среди них особо отметим доманикиты (баженовиты) — битуминозные глинистые отложения волжского яруса — берриаса, содержащие прослой горячих сланцев [1]. Над глинистыми отложениями берриаса залегают преимущественно песчаная толща, возраст которой изменяется от раннего до среднего-позднего валанжина [2], а выше — фациально пестрый лагунно-дельтовый комп-

лекс (готерив — нижний апт). Неокомские резервуары дают нефть и газ большинства месторождений Среднего Приобья. Апт-сеноманская толща — континентальная (покурская серия), а на севере — прибрежно-морская. Газ месторождений — Уренгойского, Тазовского, Заполярного, Медвежьего — содержится главным образом в песчано-алевролитовой толще сеномана, перекрытой туронскими глинами (изредка также продуктивными).

Енисей-Хатангский прогиб, протягивающийся вдоль северного края Сибирской платформы, также, вероятно, обязан своим происхождением рифтогенезу [4]. Наиболее мощный разрез юры и мела в западной части прогиба — до 7 км. Берриас и нижний валанжин — глинистые морские толщи — возможный источник углеводородов, верхний валанжин — нижний апт — песчаники. Выше следуют угленосные отложения апта — сеномана и туронские глины. В валанжине — готериве — двенадцать продуктивных горизонтов, в барреме — сеномане — четыре, в верхнем туроне — сантоне — один.

ЮЖНЫЕ РАЙОНЫ СССР

Сюда относятся нефтегазоносные районы южной окраины Русской платформы, области палеозойской консолидации, именуемые Скифско-Туранской, Центральноевропейско-азиатской, Средне-Каспийской или Среднеазиатской платформой (от Крыма до Западного Узбекистана), и межгорных впадин Тянь-Шаня. Классификация этих районов довольно сложна и строится по принципу нефтегазоносных провинций или бассейнов [6, 19].

* Объем журнальной статьи заставил автора ограничить список использованной литературы.

Прикаспийская впадина на разбитом на блоки докембрийском фундаменте выполнена отложениями ряда разновозрастных структурных этажей. Ее заложение, вероятно, связано с развитием меридиональных грабенов, рассекающих Русскую платформу параллельно Уралу. Меловые песчаники баррема, апта и альба продуктивны на солянокупольных структурах Центрально-Эмбенского, Южно-Эмбенского и Мартышинского районов [4].

Тектонический шов, ограничивающий распространение соляных куполов, отделяет Прикаспийскую впадину от Туранской плиты. На северном борту Южно-Мангышлакского прогиба фундамент плиты образует ряд ступеней. К одной из них — Жетыбай-Узеньской — приурочены меловые месторождения нефти и газа. В валанжинско-готериве отлагались мелководные песчаники и мергели, в апте — мощная глинистая толща и дельтовые песчаники (основные коллекторы). В альбе образуются большей частью дельтовые отложения, а на Устюрте — угленосные. Отложения сепомана — нижнего турона терригенные (песчано-глинистая толща с фосфоритами), верхнего турона — карбонатные [10]. Нефтематеринскими, вероятно, могли быть глинистые толщи готерива и верхнего апта.

К неокому-апту относятся основные продуктивные горизонты п-ва Бузачи [12] и Дунгисского месторождения [4]. Узеньское нефтегазовое месторождение имеет 5 юрских и 10 меловых продуктивных песчано-алевролитовых горизонтов: в неокоме — один, альбе — семь, сеномане — один и туроне — один.

В Каракумском бассейне на юге Туранской плиты в валанжинке отлагаются глины, алевролиты с прослоями известняков, в готериве — континентальные красноцветы, в барреме — оолитовые известняки, в апте — песчано-глинистая толща с прослоями известняков, в нижнем альбе — глины с углефицированным растительным детритом, в среднем и верхнем альбе — песчаники, в сеномане — глины. С верхнего турона, как и в других районах Туранской плиты, начинают накапливаться карбонатные отложения [23]. Газовые залежи Зеагли-Дарвазской группы месторождений находятся главным образом в песчаных коллекторах апта и альба, однако отдельные продуктивные пласты есть и в готериве, сеномане и туроне, а в Газли (Амударьинская впадина) и на соседних месторождениях — в неокоме-апте. Для некоторых меловых резервуаров источником углеводородов могли быть юрские отложения, но апт-альбский газ скорее всего индигенный. На Бадхызском поднятии основные запасы газа сосредоточены в шатлыкском горизонте среднего готерива. Газоносны также песчано-глинистые отложения

верхнего готерива-баррема и аптские известняки.

В Ферганской впадине, отделенной от Туранской плиты Талассо-Ферганским разломом, с альба отлагаются грубообломочные породы, которые сменяются сульфатно-доломитовыми. В сепомане сначала развиваются дельтовые песчаники, лагунные известняки, гипсы и доломиты, а затем озерные фации. Начало туронской трансгрессии знаменует устричная свита (глины, мергели, известняки, доломиты), которая содержит продуктивный пласт известняка и может рассматриваться как нефтематеринская. Всего во впадине в меловых отложениях отмечено пять продуктивных горизонтов [16] и примерно столько же в Южно-Таджикской впадине.

Скифская (Предкавказская) плита отделяется от Русской платформы разломом и от Большого Кавказского хребта — Манычским предгорным прогибом. На западе плиты газовые залежи приурочены в основном к альбским песчаникам. Источником углеводородов для них могли быть альбские глины и мергели с сидеритовыми конкрециями. На востоке плиты широко распространены черные глины берриаса — возможная нефтематеринская толща. Валанжин представлен карбонатами с редкими прослоями гипсов и ангидритов. В Кумском районе, где сосредоточены нефтяные месторождения, наиболее продуктивны отложения верхнего баррема — нижнего апта, в Грозненском — алевролиты и тонкозернистые песчаники апта — нижнего альба [15].

Карбонатные толщи верхнего мела (в кампане — темные мергели) содержат нефтяные, газовые и газоконденсатные залежи в Чечено-Ингушетии и Дагестане, на южном склоне Большого хребта, в Рионо-Куринской низменности и на Аджаро-Триалетском поднятии. В Крыму, на Тарханкутском полуострове нижнемеловые песчаники содержат три газовых горизонта. Во внешней зоне Предкарпатского прогиба газ содержится в сенонских песчаниках. Многочисленные, но небольшие по запасам месторождения связаны с меловым флишем Карпат.

ВОСТОЧНАЯ АЗИЯ

К востоку от Сибирской платформы пока не известны значительные меловые месторождения, хотя перспективы нефтегазоносности многих районов оцениваются достаточно высоко [17, 40]. Перспективными считают также меловые отложения в Охотском море [28]. Меловые нефте- и газопроявления известны на Сахалине и Хоккайдо. Миогеосинклинальные толщи

этих островов протягиваются в Южно-Охотскую впадину, северную часть Японского моря и Татарский пролив, где мощность осадочного чехла достигает 6—8 км.

От Южного Приморья и Северной Кореи через Приамурье к Байкалу протянулась цепь впадин, в которых отлагались обогащенные органическим веществом глинистые осадки, в Забайкалье и Монголии — с прослоями битуминозных «бумажных сланцев» — потенциально крупный резерв органического углерода. С ними связаны нефте- и газопроявления в Боргайской и Гусино-Озерской впадинах и Восточно-Гобийские нефтяные месторождения.

Межгорные впадины герцинид Тянь-Шаня как на территории КНР, так и в Средней Азии имеют большой стратиграфический диапазон нефтегазоносности [3]. Меловые резервуары есть в Джунгарской (конгломераты, песчаники, красноцветные глины), Турфанской и Таримской впадинах. Принаньшанские впадины — Миньхе, Цюцюаньская, Миньло, Чжаошуйская — в основном тыловые прогибы позднемеозойской Наньшанской системы. Здесь развиты озерные отложения юры и нижнего мела с прослоями битуминозных сланцев. На юге, в Сычуаньском бассейне газосны триас, юра и мел (песчано-глинистая толща). В меловых известковых песчаниках есть и нефть.

ЗАПАДНАЯ ЕВРОПА

Северо-Западный Европейский бассейн охватывает впадины Северного моря, Нижнесаксонскую, Нидерландскую, Датско-Польский прогиб и часть Балтийского моря [27]. В начале триаса здесь возникла рифтовая система, включающая грабены Центральный, Викинг, Горн, Польско-Датский и другие. В юре и паралическом вельде формируются битуминозные толщи. В позднем мелу рифтогенез затухает, и впадина Северного моря испытывает блюдцевидное прогибание и растяжение. В грабенах накапливались карбонатные толщи мощностью до 2000 м, содержащие самые крупные залежи (Экофиск, Эдда, Элдфиск, Тор, Дан и др.) В Нижнесаксонском бассейне около 3/4 всех залежей находятся в песчаниках неокома, остальные — аптские и верхнемеловые.

Аквитанский бассейн в тылу Пиренейских герцинид испытал поднятие на рубеже юры и мела, поэтому лишь в отдельных впадинах накапливались вельдские фации и валанжинские доломиты. В апте возникает прогиб вдоль северного фронта Пиренеев, соединяющий Бискайский залив с Тетис. Прогиб заполняется мощной толщей конгломератов, темных сланцев и известняков апта и альба. В верхнем мелу прогиб делится на узкий флишевый трог и накло-

ненный к нему карбонатный шельф. Битуминозные породы известны в юре, валанжинке и сеномане [29]. Залежи нефти и газа связаны главным образом с юрско-меловым несогласием, доломитами портланда — валанжина и сенонскими известняками, локально — с альбскими песчаниками.

Меловые резервуары нефти есть в Испании (Бургос, устье р. Эбро) и в Паннонском бассейне.

БЛИЖНИЙ ВОСТОК

Побережье Персидского залива, его шельф и Месопотамия — богатейший нефтяной район мира — находятся между Арабским древним массивом на юго-западе и Загросским разломом на северо-востоке. Воздымание Загроса началось в позднем туроне и сопровождалось погружением флишевого трога. Максимальная складчатость, надвиги и образование офиолитов произошли в конце кампана — начале маастрихта. Современная структура Загроса сформировалась в неогене. В структурном отношении этот район делится на три зоны [29]. В юго-западной моноклиальной зоне главные резервуары юрские (арабская свита). К средней зоне слабо смятых отложений приурочены крупнейшие месторождения Бахрейна, Кувейта и Ирака. В Бахрейне, как и в Омане, нефтеносны среднемеловые известняки, а в Кувейте — дельтовые альбские (Бурган) и сеноманские песчаники. В Басре на юге Ирака основной резервуар аптский — песчаники, переслаивающиеся с черными «сланцами». Выше залегают аптские доломитовые известняки и альбские черные сланцы. В восточной зоне интенсивно смятых отложений, куда относятся нефтяные месторождения Ирана и Северного Ирака, большинство резервуаров палеогеновые и неогеновые, но нефтематеринские породы меловые, а также, возможно, верхнеюрские. Все ближневосточные месторождения нефти характеризуются некоторыми свойствами, указывающими на общность их происхождения. В районе Киркука и Мосула (Северный Ирак) бассейн с застойными условиями существовал в титоне — берриасе (мощная толща черных битуминозных глин с радиоляриями). Те же фации повторяются, чередуясь с мергелями и известняками, и выше по разрезу вплоть до сеномана [29].

АФРИКА

В верхнем мелу или еще в альбе началось прогибание обширного бассейна, протянувшегося на юго-восток от залива Большой Сирт к Киренаике. Меловой трог в южной — юго-западных частях бассейна выполнен черными глинами мощностью более 1000 м (нефтематерин-

СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

ская толща), известняками и доломитами, а на карбонатном шельфе отлагались рифовые известняки и песчаники. Палеогеновый рифтогенез проявился в образовании на южной границе Сирта грабена Хон, параллельного Восточно-Африканским рифтам, которые по морфологии и времени заложения сопоставимы с Рейнским грабеном [31].

В дельте Нигера с раннего альба начал формироваться авлакоген Бенуэ-Абакалики, который заполнен тафрогенными отложениями альба — нижнего сенона, а на прилегающих шельфовых площадях отлагались мелководные морские и паралические толщи. В сантоне-кампане эти отложения были подняты и смяты. Южнее расположен грабен Иканг, ориентированный параллельно побережью, который погружался непрерывно в течение альба-палеогена, заполняясь дельтовыми песчаниками, а в трансгрессивные фазы — глинисто-карбонатными отложениями. Нефтепроявления и битумы известны в коньяке и маастрихте. Основные залежи здесь третичные [39, 40].

В Ангольском бассейне отложения верхнего альба — сантона обогащены органическим веществом и рассматриваются как потенциальный источник углеводородов [50]. К востоку от Кабинды, возле п-ова Порт Жангиль в Габоне и у берегов Конго нефтеносен тафрогенный неокон. Нефтематеринской здесь могла быть глинистая толща в основании аптского эвапоритового разреза [40].

В восточной Африке перспективен быстро погружавшийся в юре и мелу прибрежный пояс от Сомали до Агульяс, включающий ряд бассейнов, большая часть которых имеет подводное продолжение. В грабенообразном прогибе Мозамбикского пролива нефте- и газопроявления известны в морских отложениях юры и мела [40].

АВСТРАЛИЯ

На юге штата Виктория [26] расположены три нефтегазоносных бассейна — Отуэй, Басс и Гипсленд. Авлакоген Гипсленд на 3/4 скрыт водами Тасманова моря. В нем накопилось 5000 м верхнемеловых, преимущественно континентальных песчано-глинистых отложений (серия Латроб Вэлли). К позднему мелу приурочен андезитовый вулканизм. Нефтематеринскими считают нижнемеловые отложения, из которых получены притоки нефти, а также верхнемеловые и палеоценовые отложения. Газ происходит из угленосного эоцена. Крупные залежи приурочены к песчаным горизонтам серии Латроб Вэлли.

На западной окраине Австралии, в Карнарвонском бассейне нефтеносны неоконские песчаники [48].

На Аляске, в предгорьях хр. Брукс расположен меловой продуктивный пояс. Главные резервуары тяжелой нефти в месторождениях типа Симпсон-Умиат меловые — четвертичные, а легкой сернистой нефти в месторождениях типа Барроу — Прадхо каменноугольные-меловые [36]. Нефть находится в палеозойских и раннемезозойских резервуарах под несогласно залегающей меловой толщей. По геохимическим показателям она разновозрастная (220—87 млн. лет), но доля мелового источника, по-видимому, наиболее значительна [36].

В рифтовой зоне Бофорт-Маккензи газовые залежи приурочены к мелководным песчаникам Парсонс (берриас — валанжин). Позднее здесь формируется глубоководный трог, выполненный мощной толщей турбидитов баррема — альба (среднеальбские черные сланцы — возможный источник углеводородов). Верхнемеловые отложения залегают несогласно и соответствуют основной фазе опускания рифтового бассейна. В основании лежит трансгрессивная толща битуминозных сланцев (Баундери Крик, коньяк — сантон). В дальнейшем море отступает, отлагаются дельтовые песчаники — основные коллекторы [27, 40].

На западе Канады залежи нефти содержатся в девонских рифах и меловых песчаниках Викинг, Cardium и Белли Ривер, а гигантские газовые резервуары — в песчаниках Медисин Хат [29, 48]. Почти половина нефтяных запасов Альберты приходится на нижний мел Атабаски [38]. На размытой поверхности девонских рифов здесь залегают пропитанные нефтью дельтовые пески Мак-Мэррей и выше сланцы Клируотер — отложения борейальной трансгрессии, которые можно рассматривать как возможный источник углеводородов.

В США к нефтяной провинции Скалистых гор относятся бассейны (с севера на юг): Биг Хорн, Паудер Ривер, Винд Ривер, Ларамии, Грин Ривер, Денвер, Блэк Меса и Сан Хуан, которые выполнены отложениями всех систем огромной мощности. Структура этих бассейнов сформировалась в конце мела и палеогена, но как области погружения они определились еще в палеозое. Меловой разрез мощностью до 6000 м обычно начинается конгломератами и песчаниками, трансгрессивно залегающими на юре и переходящими выше в пестроцветные «сланцы» (алевролиты и аргиллиты) местами угленосные. Нефть (частично происходящая из более молодых сланцевых толщ) в этой части разреза содержится практически во всех бассейнах (свиты Кутеней, Лакота, Дакота, серия Кловери с песчаниками Фолл Ривер и др.). Выше (серии Колорадо и Монтана) чередуются «сланцы», известняки и дель-

товые песчаники. Кластический материал поступал с запада и с еще невысоких Кордильер. Пик нефтеносности приходится на верхний альб — коньяк. В бассейне Паудер Ривер — это свиты Фронтье (сеноман — турон) и Коуди (коньяк — сантон). Из наиболее известных нефтеносных толщ назовем Маури (верхний альб), Уолл Крик (турон), Найобрэра (верхний коньяк — сантон), сланцы Пьер с рядом подчиненных им горизонтов (верхний сантон — маастрихт). К несогласному контакту мела и палеогена приурочены нефтяные месторождения бассейна Уинта [29].

Нефтяная провинция Мексиканского залива обрамлена с севера и северо-запада палеозойской складчатой системой Уачита. В юре залив представлял собой мелкий эвапоритовый бассейн. В мелу началось интенсивное погружение котловины залива и его окраины, сопровождавшееся образованием серии дугообразных разломов. Карбонатные илы отлагались на пологих шельфах Флориды и Юкатана. Эти выступы континентальной коры разделены абиссальной равниной Сигсби с корой переходного типа, свойственной краевым морям. Разрыв или деградацию континентальной коры на этом участке связывают с развитием меловой кубинской геосинклинали Санта Клара [51]. На шельфе и континентальном склоне отлагались «парагеосинклинальные» дельтовые толщи огромной мощности. В обрамлении залива на склонах купола Сабля в Восточном Техасе и северной Луизиане гигантские резервуары приурочены к сеноманским дельтовым отложениям (свита Вудбайн). Нефтеносны также нижнемеловые песчаники и трещиноватые известняки. В мексиканском секторе параллельно берегу прослеживается барьерный риф Эль Абра с нефтяными залежами. Нефтеносные известняки слагают антиклинорий, расположенный между Вилья-Эрмоса и северной оконечностью Юкатана, и заполняют грабенообразную впадину на шельфе.

ЮЖНАЯ АМЕРИКА

На западе континента, между Гвианским щитом и Андами развиты меловые отложения Маракайбо-Перуанского прогиба, расчлененного в палеогене поперечными поднятиями на ряд бассейнов — Маракайбо (Венесуэла), Магдалена (Колумбия), Ориенте (Эквадор, Перу), Сантьяго (Перу) и другие. Мел везде залегает несогласно на триасовых и юрских красноцветах. В основании разреза обычно находятся песчаники. Средний мел — известняки, дельтовые песчаники и черные битуминозные сланцы. Верхняя часть разреза регрессивная. В бассейне Маракайбо средне-меловые известняки двух типов:

светлые мелководные и темные, битуминозные, с прослоями сланцев в более глубоководной анаэробной зоне (Ла Луна — турон-коньяк, максимум трансгрессии). Залежи приурочены большей частью к залегающим под Ла Луна трещиноватым известнякам Коголло [29]. В конце мела и палеогена появляются континентальные угленосные фации. Сходные условия существовали в бассейнах Магдалена и Ориенте, где находятся нефтеносные песчаниковые толщи нижнего (Путумай) и среднего (Эсперанца, Агуа) мела. Продуктивны также верхне-меловые песчаники регрессивного цикла (Виван).

В бассейне Бени возле Санта-Крус (Боливия) продуктивны меловые континентальные отложения. В Аргентине между гранитными массивами Пампы и Патагонии развит ряд грабенов северо-западного простирания. В одном из них — Неукен — нефть содержится в морских отложениях юры и мела [27]. В Магеллановом бассейне и, вероятно, в его подводном продолжении — Мальвинском бассейне залежи нефти приурочены к толще верхней юры — альба (Спрингхилл), нефтематеринскими считают вышележащие черные сланцы с иноцератами.

Восточно-Венесуэльский бассейн (включая Тринидад) также испытал погружение в начале мела. Серия Тембладор — мелководные песчано-глинистые и карбонатные фации — ложится на метаморфический фундамент, включающий юрские отложения. Нефтеносны более глубоководные фации Гайута и Санта Анита. В верхнем мелу здесь распространены вулканы островодужного типа.

На Восточном побережье и шельфе Бразилии бассейны (с севера на юг) Сеара, Сержипи-Алагоиньяс, Эспириту-Санту, Кампус и Сантус — грабенообразные впадины, опустившиеся по продольным разломам вдоль края континента и, по крайней мере в некоторых случаях (Сеара?), по трансформным разломам. Их заполняют континентальные отложения неокома, лагуно-морские эвапоритовые толщи апта, мелководные карбонатные отложения альба — сантона и относительно глубоководные кластические толщи трансгрессивной серии кампана — маастрихта. Нефтеносен практически весь разрез. Продукентами нефти служили глинистые битуминозные отложения застойных впадин на шельфе, коллекторами — дельтовые песчаники, турбидиты и известняки [27, 40]. Авлакоген Рекопкаво протягивается параллельно прибрежному бассейну Сержипи-Алагоиньяс. Здесь продуктивны аллювиально-озерные и дельтовые, частично красноцветные отложения серии Баия (неоком). Выше с размывом залегают отложения апта с гипсом и озерными известняками — эквивалент эвапоритовой толщи прибреж-

ных бассейнов. Континентальные песчано-глинистые отложения нефтеносны и в грабенообразном бассейне Сан-Хорхе.

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА

Размещение меловых нефтегазоносных областей показано не на реконструкции предрифтового расположения континентов для мелового периода, а на карте современного расположения материков (см. рисунок), так как растительно-климатические зоны мела приблизительно параллельны современным широтам и пересекают предполагаемые меловые палеошироты [8]. Автор выделяет северную умеренную (севернее 50° с. ш.), теплую (около 50° с. ш. — 30° ю. ш.) и южную умеренную зоны [33]. Основная особенность состоит в том, что в секторе 115° з. д. — 80° в. д. происходили обширные трансгрессии, захватившие стабильные кратоны, тогда как в противоположном секторе, особенно в поздне меловую эпоху, преобладали восходящие движения. Фитогеографические области *Norma* и *Aquila* приблизительно соответствуют этим секторам. Можно даже предположить наклон континентальных плит в сторону Атлантики.

Находки рогатых динозавров в Северной Америке, Монголии, на Мадагаскаре и гадрозавров в Северной Америке, Южной Америке, Евразии свидетельствуют о сухопутных связях (хотя бы периодических) между всеми континентами. Массивы суши и архипелаги в центральных частях современных океанов [9] могли способствовать расселению наземных организмов. Обмен морской фауной между Северной и Южной Атлантикой усилился в туроне, как полагают, в результате разделения Африки и Южной Америки, хотя причиной могла быть и перестройка системы течений. Представление о формировании океанических котловин в меловой период трудно согласуется с обширными трансгрессиями, происшедшими в этот период. Если предположить, что количество воды в океанах оставалось неизменным, то опускание котловин должно было, наоборот, вызвать регрессию. Трансгрессии такого масштаба можно связать с общим поднятием дна океанов, которые стали относительно мелководными. Мелководные меловые отложения с остатками наземных растений, местами даже с прослоями лигнита, обнаружены в центральных частях Атлантического, Индийского и Тихого океанов [9, 21, 35, 46]. По последним данным глубоководного бурения [46], подводные возвышенности центральной и северной Пацифики представляли собой архипелаги. Органическое вещество в осадках здесь в основном растительного происхождения [47].

Мы уже говорили о мелководности «пелагических» нефтеносных фаций. Отметим, что ме-

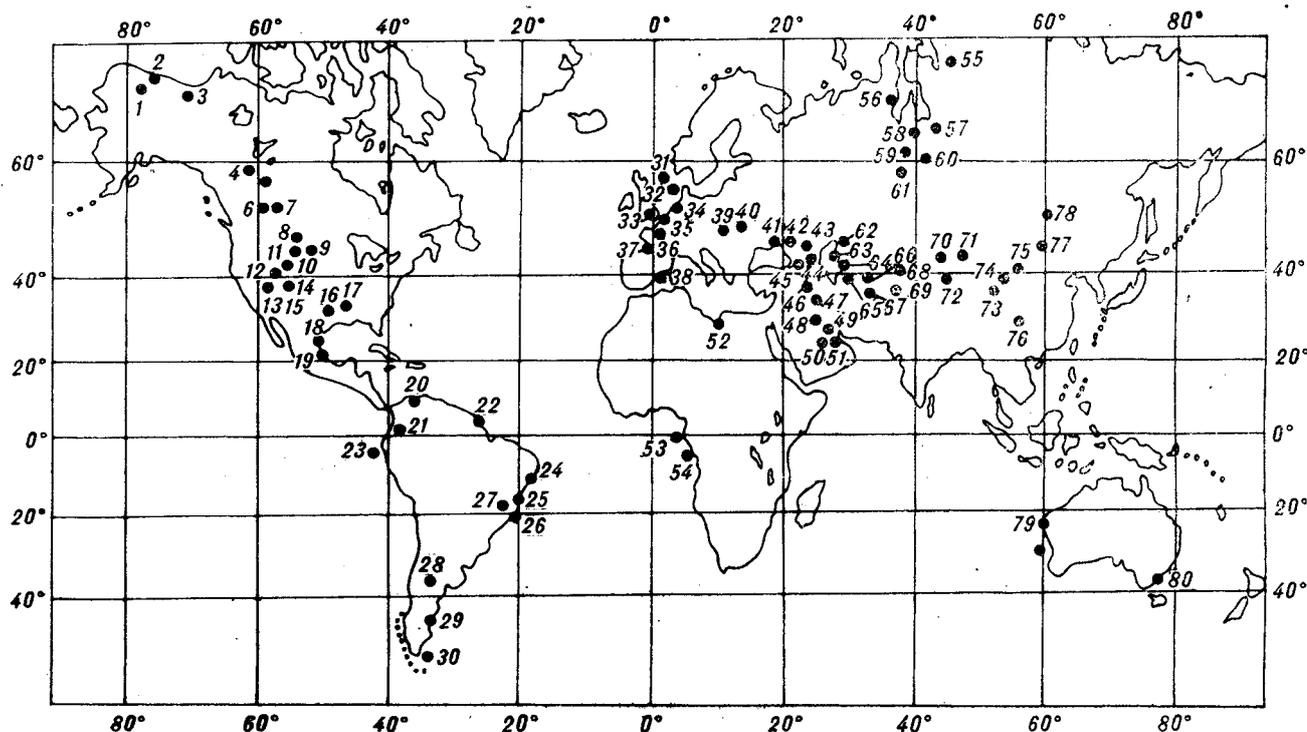
лоподобные мергели и даже песчаный мел нередко содержат остатки растений хорошей сохранности. Обмеление океана и разобцение шельфовых впадин хорошо объясняют широкое развитие застойных условий, тогда как эвксинизация глубокого океана — трудно объяснимое явление, не имеющее актуалистической модели.

В условиях безледникового климата, относительно мелких океанов и обширных трансгрессий вертикальная структура океанических вод сильно отличалась от современной. Вместо психросферы была, по-видимому, развита зона теплых вод повышенной солености, источником которых могли служить хорошо прогреваемые эпиконтинентальные моря, а малая скорость донных течений способствовала накоплению карбонатных илов.

Распространение меловых отложений на океаническом дне согласуется с представлением о неглубоких периферических котловинах и поднятиях над уровнем моря срединных возвышенностях. При поднятии дна котловин в зону активной седиментации попадают участки океанического дна, практически лишенные более древних осадков, — мел здесь залегают на базальтах. Хиатусы и хардграунды в пелагических толщах могут свидетельствовать о резком погружении котловин (например, на границе мела и палеогена). В области обширных срединных поднятий осадконакопление в мелу было весьма ограниченным. Прогрессировавшее после мела погружение срединных поднятий, по-видимому, нашло отражение в известном феномене омоложения осадков по мере приближения к осевым зонам подводных хребтов.

Накопление обогащенных органическим веществом осадков в условиях дефицита кислорода происходит: 1) в крупных озерах при незначительных сезонных колебаниях температуры (Маракайбо, Танганьика), 2) в замкнутых морских бассейнах с положительным водным балансом (Черное, Балтийское), 3) в апвеллинговых зонах (например, у побережья Перу), 4) в открытом океане, например, в северо-восточной части Тихого и на севере Индийского [25]. Меловые нефтематеринские толщи формировались главным образом в бассейнах первого и второго типов.

Глубоководное бурение, вскрывшее обогащенные органическим углеродом пиритизированные пелагические фации, породило идею периодической эвксинизации Мирового океана [30]. С. Шлангер и Г. Дженкинс [43] отмечают широкое развитие подобных фаций в мелу Атлантического океана и Карибского моря. В Тихом океане, на возвышенности Шатского и хр. Хесса, битуминозные прослои содержатся в карбонатно-кремнистых толщах апта и сеномана — турона. Такие же породы развиты на подводных плато южной Пацифики в барреме — апте



Нефтегазоносные районы с источниками и залежами углеводородов в меловых отложениях.

Америка: 1 — Умиат, 2 — Прюдо, 3 — Маккензи, 4 — Рейнбоу, 5 — Атабаска, 6 — Пембина, 7 — Медисин Хэт, 8 — Биг Хорн, 9 — Паудер, Ривер, 10 — Винд Ривер, 11 — Грин Ривер, 12 — Уинта, 13 — Блэк Меца, 14 — Денвер, 15 — Сан Хуан, 16 — Восточный Техас, 17 — Монро, 18 — Тампико, 19 — Туспан, 20 — Маракайбо, 21 — Магдалена, 22 — Восточно-Венесуэльский бассейн, 23 — Талара, 24 — Алагоиньяс, 25 — Эспирито Санто, 26 — Кампус, 27 — Реонкаво, 28 — Неукен, 29 — Сан-Хорхе, 30 — Огненная Земля. Европа, Ближний Восток, Африка: 31—32 — Северное море, 3 — южная Англия, 34 — Северо-Германский бассейн, 35 — Нидерландский бассейн, 36 — Парижский бассейн, 37 — Аквитанский бассейн, 38 — Эбро, 39 — Паннонский бассейн, 40 — Карпаты, 41 —

Крым, 42 — Кубанская впадина, 43 — Ставропольский район, 44 — Грозненский район, 45 — Грузия, 46 — Киркук, 47 — Басра, 48 — Кувейт, 49 — Бахрейн, 50 — Катар, 51 — Абу-Даби, 52 — Сирт, 53 — Порт Жангиль, 54 — Кабинда. Северная, Средняя и Восточная Азия, Австралия: 55 — Енисей-Хатангский прогиб, 56—61 — месторождения Западной Сибири — Ново-Портовское, Тазовское, Уренгойское, Сургутского вала, Нижневартовского вала, Межевское, 62 — Прикаспийская впадина, 63 — Бузачи, 64 — Узень, 65 — Каракумы, 66 — Амударьинская впадина (Газли), 67 — Вадхыз, 68 — Фергана, 69 — Таджикская впадина, 70 — Джунгария, 71 — Турфан, 72 — Тарим, 73—75 — Принальшанские впадины, 76 — Сычуань, 77 — Гоби, 78 — Забайкалье, 79 — Карнарвор и соседние шельфовые бассейны, 80 — Гипсленд.

и на гайотах срединного хребта в туроне. Они сопоставимы с битуминозными пиритизированными известняками и мергелями Венесуэлы и Тринидада (сеноман — коньяк), Калифорнии (два интервала — апт — альб и сеноман — турон), Средиземноморья (главным образом, апт и турон — битуминозный мергель «Livello Voparelli»), Восточной Англии (на несогласном контакте сеномана и турона в толще пшечега мела) и других стран. Однако эти отложения не были глубоководными. Приходится допустить, что в эпохи эвксинизации дефицит кислорода в океанах существовал уже на глубине около 300 м [43].

Подобные мнения можно найти в работах М. Артура, А. Фишера, П. Шолле и других авторов [24, 44, 49]. Выделяют два основных эпизода эвксинизации: в позднем барреме — позднем альбе, позднем сеномане — раннем туроне и второстепенный — в коньяке — сантоне, для которых постулируется связь с температурными максимумами и выполаживанием широтного температурного градиента. Изменение наземной

флоры указывает на температурные максимумы в титоне — берриасе, апте, туроне и кампане. Минимумы приходятся на готерив — баррем, альб — сеноман, коньяк и поздний маастрихт — даний [33]. Недостаточно высокая разрешающая способность палеоботанического метода позволяет наметить лишь самые общие тенденции эволюции климата, на фоне которых проявились частные колебания, улавливаемые физико-химическими методами. Этим, вероятно, объясняются некоторые расхождения между климатическими реконструкциями, выполненными разными методами.

Из приведенного в предыдущем разделе обзора следует, что в нефтегазоносных провинциях отложения титона — берриаса — основной источник углеводородов. Баженовская свита Западной Сибири, берриасские битуминозные сланцы, известняки и радиолариты Киркука и Басры на Ближнем Востоке, битуминозный вельд Северо-Германского, Нидерландского и Англо-Парижского бассейнов, нефтематеринские толщи в тафrogenном вель-

де по обе стороны Атлантики — все это проявления исключительно широкого распространения нефтематеринских отложений на рубеже юры и мела.

Аптскому пику соответствуют нефтематеринские толщи Персидского залива, Западного Казахстана, побережья Бразилии и Гвинейского залива. С ним связано отложение солей в окраинных бассейнах Атлантики, глинистых покровов в Западной Сибири, карбонатных коллекторов в Туркмении. Общая тенденция апта — уменьшение энергии эрозионных процессов по сравнению с неокомом и альбом.

К альбу и сеноману относятся важнейшие нефтяные и газовые резервуары в дельтовых толщах северных районов Западной Сибири, Казахстана и Средней Азии (Узень, Газли и др.), моря Бофорта, западной (Дакота) и юго-восточной (Вудбайн) нефтеносных провинций США, а также Персидского залива (Бурган). Если прибавить к этому дельты атлантических побережий Африки и Южной Америки, а также Гипсленда (Латроб Вэлли), то альб — сеноман можно будет по праву назвать временем великого дельтообразования. Известны и нефтематеринские толщи этого возраста (например, Маури на западе США).

На границе сеномана и турона во многих бассейнах отмечены несогласие и (или) резкая смена фаций (Туранская плита, Северная Европа, Альпы, Персидский залив, Мексика и др.). Отметим, что к этому рубежу приурочены значительные биоценоотические события как в море, так и на суше. Туронский возраст имеют важнейшие нефтематеринские толщи Ферганы, запада США, Маракайбо и Магдалены (Ла Луна), Тарфая в Марокко [42].

Резкое похолодание и развитие океанической циркуляции в конце мела сочетались с регрессией, почти повсеместными перерывами в осадконакоплении и общим сокращением нефтеобразования.

Довольно отчетливо намечается связь между трансгрессиями, потеплениями и распространением нефтематеринских осадков. Регрессии сопровождались похолоданиями и развитием относительно грубозернистых толщ. По-видимому, уменьшение альbedo земной поверхности во время трансгрессий — наиболее вероятная причина потепления и ослабления климатической зональности.

В сапропелевых толщах нередко доминирует органическое вещество наземных растений [47]. Биохимически распознаются липидные компоненты, характерные для папоротников и хвойных, что хорошо согласуется с палеоботаническими данными о развитии хвойных лесов и папоротниковых маршей на обширных приморских низменностях. Меловые покрытосемянные,

вопреки довольно популярному мнению [24], были не столь многочисленны, чтобы существенно повлиять на содержание органического вещества в осадках. В этой связи стоит отметить концентрацию нефтегазоносных бассейнов южнее 50° с. ш., совпадающую с областью максимального развития Classopollis — пыльцы предположительно мангровых растений. В сеноманских мергелях Крыма, сопоставимых с нефтематеринскими толщами, автор собрал большую коллекцию хвойных и беннетитов мангрового облика. Для северного нефтегазоносного пояса характерно развитие приморских папоротниковых маршей. Во время трансгрессий море размывало мангровые торфяники — возможный источник органического вещества.

ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Интерпретация меловых событий зависит от принимаемой геотектонической модели, которая сильно влияет и на представления о природе нефтегазоносных бассейнов [22, 32]. Поэтому отметим лишь наиболее очевидные тектонические особенности, такие как отсутствие меловых траппов (лишь в конце периода начинают формироваться деканские траппы) и широкое распространение офиолитового меланжа в Тетическом и Тихоокеанском поясах. Раннемезозойские траппы связаны с воздыманием и раскалыванием континентальных областей. В мелу рифты и прилежащие участки литосферы проседали, возможно, в связи с оттоком магматического вещества к рифтам и истощением находящихся под ними магматических очагов (можно предположить, что впадины по обе стороны срединно-океанических хребтов, например, Ангольская и Бразильская, имеют именно такую природу).

Нет оснований думать, что по мере развития рифтов континентальные траппы могли смениться океаническими базальтами. Промежуточные по составу «траппы» Земли Франца-Иосифа [20], судя по геологической ситуации, формировались в зоне глубинного разлома на границе континентальной и океанической коры. По-видимому, материал для новой (или переработанной) океанической коры поступал в основном по таким разломам, а не по рифтам срединных хребтов. Меловой период характеризуется интенсивными вертикальными движениями по краевым разломам. Вероятно, по этой причине компоненты обрамлены океанической корой преимущественно мелового возраста. Если вертикальные движения сопровождались надвиганием континентальной коры на океаническую, то перед фронтом надвига формировался офиолитовый меланж (альтернативные гипотезы

происхождения офиолитов изложены в [45]). Надвигание может объясняться ротационной инерцией — различным моментом инерции континентальных и океанических блоков — и не обязательно связано с конвекционной субдукцией океанической коры.

В целом тектонический стиль мелового периода, по-видимому, характеризовался погружением впадин, крупномасштабными вертикальными движениями по краевым разломам, надвиганием континентальной коры на океаническую в Тетическом и Тихоокеанском поясах. Эти особенности в основном предопределили размещение нефтегазоносных бассейнов, среди которых можно выделить три основные группы (см. рисунок).

1. *Эпирифтовые бассейны*. Рифтовые системы, заложение которых большей частью относится к триасу, во многом определили структуру позднемезозойских бассейнов [18], которые можно назвать эпирифтовыми. Сюда относятся следующие бассейны — Западно-Сибирский с меридиональной рифтовой зоной, уходящей под Карское море; Енисей-Хатангский; бассейн Северного моря с субмеридиональной системой грабенов; Бофортский с рифтом Бофорт-Маккензи, а также авлакогены Ситр, Бенуэ, Гипсленд, Неукен, Реконкаво и Сан-Хорхе. Рифтовую природу имеют Прикаспийская впадина и, по-видимому, впадины Туранской плиты и Тянь-Шаня, тяготеющие к Талассо-Ферганскому разлому, а также впадины Забайкалья. Высокоширотные рифты Северного полушария ориентированы меридионально — возможное указание на полярное сжатие как главный фактор рифтогенеза в этой области. Другие рифты ориентированы вдоль (Реконкаво) или поперек (Бенуэ, Гипсленд) срединных хребтов. В последнем случае они, возможно, связаны с трансформными разломами.

2. *Тафрогенные краевые бассейны*. Это полуграбены, образующиеся в результате ступенчатых сбросов по краевым разломам континентов. В меловом периоде они получили ши-

рокое распространение в силу интенсивных вертикальных движений по краевым разломам. Сюда относятся краевые нефтегазоносные зоны Атлантики (Аквитанский бассейн, Гарфая, побережье Габона и Анголы, Бразилии, Матурин-Тринидадский бассейн) и Индийского океана (Мозамбикский, Карнарвонский и другие бассейны). Открытия новых месторождений этого типа можно ожидать в первую очередь на арктическом побережье и шельфе Евразии.

3. *Тыловые моря островных дуг*. Примерами крупнейших нефтеносных бассейнов этого типа могут служить меловые впадины Мексиканского и Персидского заливов. Для них характерна большая мощность миеогеосинклинальных отложений, флишевые трогги, офиолиты в складчатом обрамлении. Известное сходство с ними имеют меловые бассейны Предкавказского, Предкарпатского, Принапьянского, Прикордильерского прогибов. К последнему относится нефтеносная область Великих равнин Канады и США, бассейны Маракайбо-Перуанского прогиба. Как и в бассейнах предыдущего типа, важную роль в их развитии сыграли краевые разломы и рифты, например, рифт Сигсби в Мексиканском заливе или Куринский в Закавказье. Меловая история краевых морей западного побережья Тихого океана недостаточно изучена. По некоторым гипотезам их заложение относится к началу раннемеловой эпохи [34]. Проверка этих гипотез будет одновременно оценкой перспектив открытия здесь меловой нефти.

Меловой структурный план островных дуг и тыловых впадин западной Пацифики нарушен и замаскирован тектонической перестройкой на рубеже эоцена и олигоцена с последующими тектоно-вулканическими процессами и резким опусканием краевых морей в позднем неогене. Можно предположить, что его фрагменты сохранились под олигоцен-миоценовым акустическим фундаментом [5] и отражены в отмерших островных дугах типа хр. Бауэрс в Беринговом море (Ямато в Японском?).

ЛИТЕРАТУРА

1. Грамберг И. С., Бро Е. Г., Сороков Д. С. Нефтегазоносные толщи мезозойских прогибов севера Сибирской платформы. — В кн.: Нефтегазоносность Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1981.
2. Гулари Ф. Г., Трушкова Л. Я. Стратиграфия продуктивных отложений. — В кн.: Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности. М.: Недра, 1972.
3. Гэн Ч., Цин-да Ч., Забаринский П. П. Нефть и газ месторождений Китайской Народной Республики. М.: Гостоптехиздат, 1958.
4. Джумагалиев Т. Н., Чакабаев С. Е. и др. Геологическое районирование Западного Казахстана в связи с его нефтегазоносностью. — В кн.: Геология и нефтегазоносность Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1977 (Тр. Ин-та геол. наук, т. 37).
5. Косыгин Ю. А., Дуничев В. М. и др. Перспективы нефтегазоносности Охотоморской платформы. — Геол. и геофиз., 1982, № 1.
6. Кравченко К. Н., Муратов М. В. и др. Тектоника нефтегазоносных областей юга СССР. М.: Недра, 1973.

7. Красилов В. А. Тектоника плит и ротационный режим планеты.—Изв. АН СССР. Сер. геол., 1976, № 1.
8. Красилов В. А., Бураго В. И., Шорогова С. А. Изофлоры Северной Пацифики.— В кн.: Эволюция органического мира Тихоокеанского пояса. Владивосток, ДВНЦ АН СССР, 1977.
9. Красный Л. И. «Океанские земли» и микроматерия Тихого океана.— Тихоокеанская геол., 1982, № 1.
10. Ли А. Б., Гребенкина Л. Т. и др. Сравнительная характеристика палеогеографии мела и палеогена западных и восточных районов Туранской плиты.— В кн.: Геология и нефтегазоносность Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1977 (Тр. Ин-та геол. наук, т. 37).
11. Муди Дж. Д. Размещение и особенности геологического строения нефтяных месторождений-гигантов.— В кн.: Нефтегазоносность и глобальная тектоника. М.: Недра, 1978.
12. Надиров Н. К., Уразгалиев Б. У. и др. Нефти полуострова Бузачи. Алма-Ата: Наука, 1979.
13. Пушаровский Ю. М. Проблемы тектоники и нефтегазоносности Тихоокеанского кайнозойского тектонического кольца.— Геотектоника, 1965, № 1.
14. Розанов Л. Н., Герман Е. В. и др. Зональное размещение типов и состава нефтей и газов по территории платформенных областей СССР.— В кн.: Тектонические факторы размещения зон нефтегазонакопления. Л., 1979 (Тр. ВНИГРИ).
15. Саламагин А. Е. Перспективы нефтегазоносности нижнемеловых отложений Северо-Восточного Кавказа.— В кн.: Геология и нефтегазоносность Восточного Предкавказья и Кавказа. Грозный, 1974 (Тр. ВНИГРИ).
16. Симаков С. Н., Клейнберг В. Г. и др. Геологическое строение и нефтеносность Ферганы. Л.: Гостехиздат, 1957.
17. Смирнов В. Н. К проблеме нефтегазоносности меловых отложений кайнозойских бассейнов Корякско-Камчатского региона.— В кн.: Тектоника и нефтегазоносность Востока СССР. Л., 1972 (Тр. ВНИГРИ, вып. 309).
18. Сурков В. С., Трофимук А. Л. и др. Триасовая рифтовая система Западно-Сибирской плиты, ее влияние на структуру и нефтегазоносность платформенного мезозойско-кайнозойского чехла.— Геол. и геофиз., 1982, № 8.
19. Строганов В. П. Закономерности размещения и условия формирования зон преимущественного нефте- и газонакопления в меловых отложениях юга СССР.— Сов. геол., 1979, № 7.
20. Тараховский А. Н., Фишман М. В. и др. Возраст траппов Земли Франца Иосифа.— ДАН СССР, 1982, т. 266, № 4.
21. Тектоника и проблемы нефтегазоносности Северной Атлантики. Л.: Недра, 1981.
22. Хаин В. Е. Глобальные закономерности нефтегазоносности в свете современного понимания структуры земной коры.— В кн.: Теоретические и методические вопросы геологии нефти и газа. Новосибирск: Наука, 1981.
23. Хуснутдинов З. Б. Геологические условия формирования и закономерности размещения газовых залежей Центральной Туркмении. Ашхабад, Каз. ИМС, 1970.
24. Arthur M. A., Schlanger S. O. Cretaceous "oceanic anoxic events" as causal factors in development of reef-reservoired giant oil fields.— Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 1979, v. 63, N 6.
25. Demaison G. J., Moore G. T. Anoxic environments and oil source bed genesis.— Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 1980, v. 64, N 8.
26. Douglas J. G., Ferguson J. A. Geology of Victoria.— Geol. Soc. Australia Spec. Publ., 1976, N 5.
27. Facts and principles of world petroleum occurrence. Calgary: Can. Soc. Petrol. Geol. 1980. Mem. 6.
28. Geodekyan A. A., Trotsyuk V. Ya., Pilyak V. L. Geological-geochemical peculiarities of oil and gas formation beneath the floor of the Sea of Okhotsk.— Pacific Geology, 1960, v. 14.
29. Habitat of oil. Tulsa: Amer. Ass. Petrol. Geol. 1958.
30. Hallam A. The depth significance of shales with bituminous laminae.— Marine Geol., 1967, v. 5.
31. Hecht F., Furst M., Klitzsch E. Zur Geologie von Libyen.— Geol. Rundschau, 1964, Bd 53.
32. Klemme H. D. Giant oil fields related to their geological setting: a possible guide to exploration.— Bull. Can. Petrol. Geol., 1975, v. 23, N 1.
33. Krassilov V. A. Climatic changes in Eastern Asia as indicated by fossil floras, 2.— Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 1975, v. 17.
34. Krassilov V. A. Palaeobotanical evidence on the origin of Japan Sea.— Pacif. Geol., 1975, v. 10.
35. Ludwig W. S., Krashennnikov V. et al. Tertiary and Cretaceous paleoenvironments in the Southwest Atlantic Ocean: preliminary results of DSDP, Leg 71.— Bull. Geol. Soc. Amer., 1980, v. 91, pt. 1.
36. Magoon L. B., Claypool G. I. Two oil types in North Slope of Alaska—implications for exploration.— Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 1981, v. 65, N 44.
37. Moody J. D., Emmerich H. H. Giant oil fields of the world.— In: 24 Session Intern. Geol. Congr., sect. 5, Montreal, 1975.
38. Mossop G. D. Geology of the Athabasca oil sands.— Science, 1980, v. 207.
39. Petters S. W. Stratigraphic evolution of the Benue trough and its implications for the Upper Cretaceous paleogeography of West Africa.— Jour. Geol., 1978, v. 86.
40. Proceedings of the 9 World Petroleum Congress. London: Applied Sci. Publ., 1977, v. 2.
41. Rainwater E. H. Petroleum in deltaic sediments.— In 24 Session Intern. Geol. Congr., sect. 5, Montreal, 1972.
42. Rahhali J. Le Cénomanién supérieur et la Turonien inférieur bitumineux du Bassin côtier de Tarfaya et des Haut Atlas.— Min., geol. energ., 1979, N 46.
43. Schlanger S. O., Jenkyns H. C. Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences.— Geol. en Mijnbouw, 1976, v. 55, N 3—4.
44. Scholle P. A., Arthur M. A. Carbon isotope fluctuations in Cretaceous pelagic limestones: potential stratigraphic and petroleum exploration tool.— Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 1980, v. 64, N 1.
45. Tethyan ophiolites.— Ofioliti, special issue, 1980, v. 1.
46. Thiede J., Dean W. E. et al. The geologic history of the mid-Pacific Mountains in the central North Pacific Ocean—a synthesis of deep-sea drilling studies.— Init. Repts DSDP, Washington, 1981, v. 62.
47. Timofeev P. P., Bogolyubova L. I. Cretaceous sapropelic deposits of deep sea drilling project sites 463, 465 and 466.— Init. Repts. DSDP, 1981, v. 62.
48. Tiratsoo E. N. Oilfields of the world. 2nd ed. Beaconsfield: Sci. Press. Ltd., 1976.
49. Tissot B. Effects on prolific petroleum source rocks and major coal deposits caused by sea-level changes.— Nature, 1978, v. 277, N 5696.
50. Tissot B., Demaison G. et al. Paleoenvironment and petroleum potential of Middle Cretaceous black shales in Atlantic Basins.— Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 1980, v. 64, N 11.
51. Wilhelm O., Ewing M. Geology and history of the Gulf of Mexico.— Bull. Geol. Soc. Amer., 1972, v. 83.

БПИ ДВНЦ АН СССР
Владивосток

Поступила в редакцию
21 июня 1982 г.