

Г. А. Максимович, И. И. Енцов
НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ
Часть I. Зарубежные страны.
История развития карбонатных пород

Карбонатные породы (81) имеются начиная с наиболее древних известных нам докембрийских отложений (свита Каучичинг в США) и далее непрерывно вплоть до современных. Пока по этапам невозможно количественно оценить послеальгонское и докембрийское карбонатонакопление. По косвенным признакам можно предполагать, что в более поздние этапы – в протерозое и палеозое массы известковых пород были больше, чем в археозое. Н. М. Страхов обосновывает это предположение следующим образом. В ходе геологической истории площади платформ росли за счет геосинклинальных зон. Карбонатные же отложения тяготеют к платформенным структурам. Поэтому Н. М. Страхов считает вероятным, что по мере перехода от археозоя к альгонку, а от последнего к нижнему палеозою массы карбонатных пород возрастали. Это он выразил следующей диаграммой (рис. 1).

Древнейшие археозойские карбонатные породы не имеют органических остатков. По Н. М. Страхову это связано не с уничтожением остатков метаморфизмом, а объясняется тем, что организмы еще не использовали известь для постройки своих скелетов. Древнейшие карбонаты, как это показано на рис. 1, были химическими образованиями. В протерозое уже на отдельных горизонтах появляются массовые скопления секретий, выделяющих известь водорослей (строматолиты). С этого времени вплоть до наших дней в отложении карбоната

кальция нарастает роль организмов, выделяющих известь. В ходе эволюции Земли все новые группы организмов принимают участие в извлечении извести из растворов. Карбонатоосаждение нарастает. Для морей это показано на рис. 2. Причем в докембрийское время выделяющие известь организмы (водоросли) были исключительно в прибрежной зоне фотосинтеза на глубинах 0–50 м. С кембрия, а особенно с силура, заселяется вся площадь шельфа. С девона известны планктонные птероподы, которые участвуют в образовании осадков гемипелагического типа. В мезозое группы организмов, ранее бывших шельфовыми, таких как криноидеи, теребратулиды, ринхонеллиды, часть двустворок, уходят на значительные глубины. Начиная с юры, в больших массах появляются кокколитофориды и планктонные фораминиферы, которые становятся породообразующими организмами и слагают толщи осадков пелагического типа. В качестве примера можно указать верхнемеловые отложения.

Постепенно расширяются площади местообитания выделяющего известь бентоса и планктона. В истории Земли в море биогенное карбонатоосаждение непрерывно и прогрессивно подавляло химическое. В современный момент в океанах подавляющую роль играет биогенное карбонатонакопление, которое происходит на шельфе за счет бентоса, в пелагической области — за счет планктона. Ничтожную роль

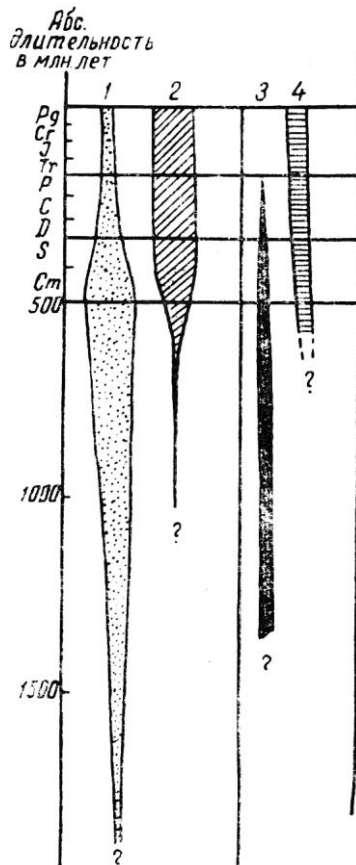


Рис. 1. Схема эволюции морских карбонатных пород в истории Земли (по Н. М. Страхову, 1963).

Кальцитобразование: 1 — химическое; 2 — биогенное.
Доломитообразование: 3 — первичное химическое; 4 — диagenетическое.

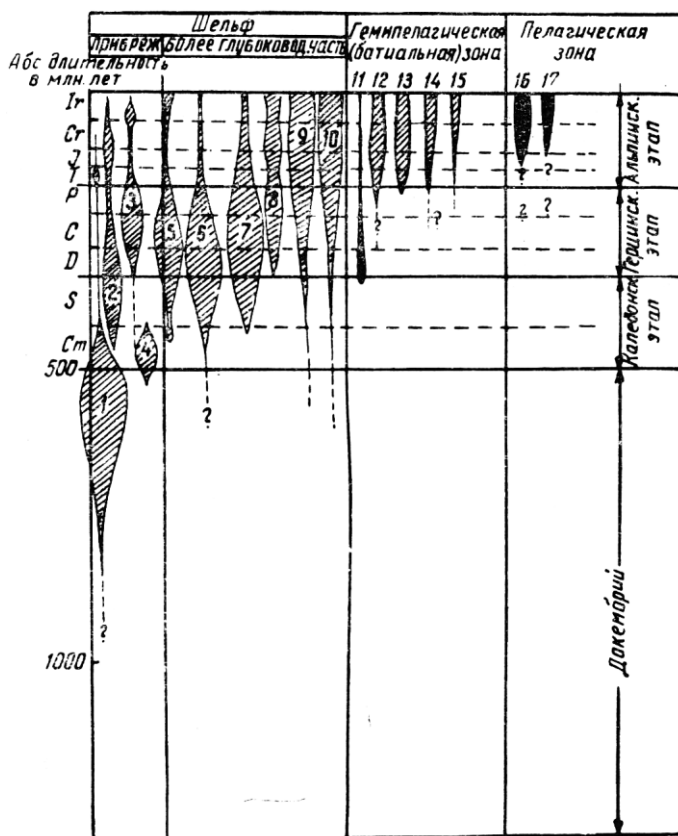


Рис. 2. Развитие биогенного карбонатакопления в морях в ходе истории Земли (по Н. М. Страхову, 1963): 1 – известковые водоросли; 2 – кораллы; 3 – донные фораминиферы (главным образом фузулины и нуммулиты); 4 – археоциаты; 5 – мшанки; 6 – брахиоподы; 7 – криноидеи; 8 – морские ежи; 9 – пелециподы; 10 – гастроподы; 11 – птероподы; 12 – глубоководные брахиоподы (теребратулиды и ринхонеллиды); 13 – глубоководные криноидеи; 14 – глубоководные двустворки; 15 – глубоководные ежи; 16 – кокколитофориды; 17 – фораминиферы. Косая штриховка – бентос, черное – планктон.

играет химическое карбонатонакопление, которое имеет место только в прибрежной зоне тропических морей. Это тип Багамской отмели. Только во внутренних морях, заливах и озерах засушливой зоны (Черное, Каспийское и Аральское ора, а также озера Иссык-Куль и Балхаш) главная масса карбонатов осаждается химическим путем. Послеальгонские органогенные известковые породы, вследствие быстрой эволюции организмов, характеризуются необратимой эволюцией структурно-текстурных черт.

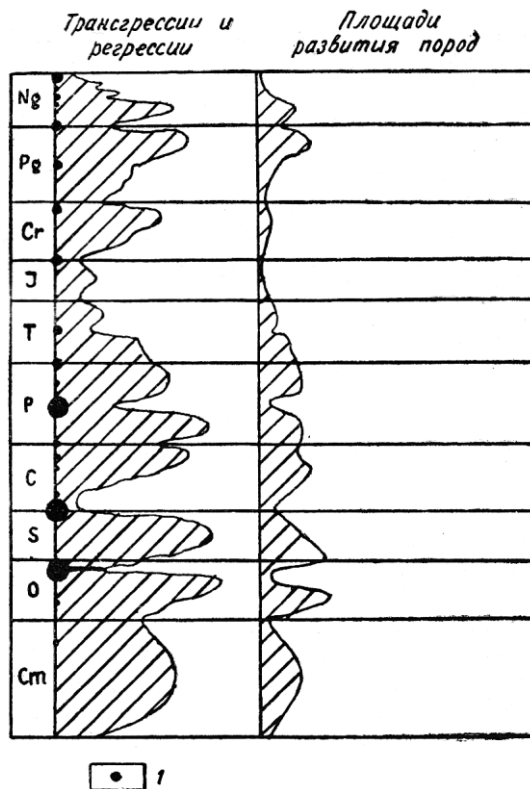


Рис. 3. Стратиграфическое распределение карбонатных пород (по Н. М. Страхову, 1963): / – фазы складкообразования.

В истории известняков отмечаются эпохи усиленного и ослабленного осадконакопления. Максимумы приходятся на средние отрезки каледонского, герцинского и альпийского тектогенезов. Начало и конец каждого тектонического этапа характеризуются минимумами развития карбонатных отло-

жений (рис. 3). Причина этого (81) заключается в условиях питания водоемов обломочным материалом.

Срединные части тектонических этапов являются эпохами максимального развития морских условий. На отдельных участках геосинклиналей многие острова опускаются ниже уровня моря. Это вызывает уменьшение площади участков, куда ранее приносился обломочный материал. Как следствие расширяется территория карбонатных осадков. На огромных площадях эпиконтинентальных морей платформ наблюдается малое поступление обломочного материала в виде узких полос. Преобладает накопление карбонатных осадков. Поэтому срединные части тектонических этапов названы Н. М. Страховым «карбонатными эпохами». Он считает, что главным, решающим фактором то большего, то меньшего развития известняков было меняющееся во времени «разбавление» накапливающихся карбонатов обломочным материалом. Наряду с этим в карбонатообразовании современной и прошлых эпох в некоторых случаях, например при образовании рифовых толщ, несомненно играла роль абсолютная интенсификация карбонатакопления. Широкое распространение карбонатных пород создало предпосылку и для возникновения коллекторов нефти и газа.

Карбонатные коллекторы

В публикуемой работе, представляющей первую часть, дается обзор нефтеносности и газоносности карбонатных коллекторов зарубежных стран. При этом особое внимание уделяется карстовому типу коллекторов. В специальной литературе по полезным ископаемым карста имеется представление, что залежи и месторождения нефти и газа в закарстованных породах «встречаются... сравнительно редко» (1). Нефтяные геологи также не всегда уделяют должное внимание палеокарстовым коллекторам (39). Часто, особенно в американской литературе, их называют ловушками, обусловленными изменением проницаемости. Проницаемость в свою очередь зависит от изменчивости кавернозности, обусловленной древним выветриванием (!!) известняков. В других случаях указывают, что пористость обусловлена древним выветриванием (!!) известняков, сопровождающимся доломитизацией. Эти формулировки, где слово карст не фигурирует, и ввели в заблуждение Ю. М. Абрамовича (1). В литературе, когда говорят о трещинных (или даже неправильно трещиноватых) карбонатных коллекторах, то к этой категории часто относят не только трещинные, трещинно-карстовые, но даже карстовые коллекторы.

Один из авторов уже выступал в печати на эту тему (60–67). В этих работах давалась классификация палеокарстовых коллекторов и приводились примеры приуроченных к ним залежей нефти и газа. При этом рассматривались главным образом останцовые и рифовые залежи и месторождения.

На земном шаре в последние годы резко возросла добыча нефти и газа из карбонатных коллекторов. По данным А. И. Леворсена (57), они содержат почти половину всех известных мировых запасов нефти. А. А. Ханин (85) и автор (65) считают, что в настоящее время более 60 % нефти добывается из карбонатов. В капиталистических странах с ними связано 50 % запасов газа крупнейших месторождений (25, 97).

В СССР в 1963 г. из разведанных 1180 залежей нефти и газа 214 (18 %) приходилось на карбонатные и 91 (8 %) на терригенно-карбонатные коллекторы (20).

На Ближнем Востоке, в Канаде и Мексике к карбонатам приурочена почти вся нефть. Все основные районы США, за исключением Калифорнии и Пенсильвании, характеризуются нефтеносностью карбонатных отложений (85). На Среднем Востоке, главным образом в Иране, Ираке, Кувейте и Саудовской Аравии, наблюдается наибольшая концентрация богатейших в мире нефтяных месторождений. Значительная часть нефти добывается из известняковых пород – коллекторов, приуроченных к крупным антиклиналям. Здесь разрабатывается несколько залежей, каждая из которых содержит 700 млн m^3 и более нефти (57).

В третичных и меловых известняках разведаны крупные залежи нефти и газа в Ливийской Сахаре (Киренаикская нефтегазоносная область). Общие запасы нефти определены в 7–8 млрд. т (17).

Девонские известняковые и доломитовые рифовые отложения являются коллекторами большинства богатых нефтяных месторождений Западной Канады.

В США карбонатные толщи свит сан-андрес, клирфорк, биглайм (пермь), элленбэргер и вайола (ордовик) в пределах Пермской впадины, арбокл и вайола (ордовик) Западного внутреннего бассейна, трентон (ордовик), ниагара (силур), корниферус (девон) в пределах восточных областей платформы (Иллинойсской, Мичиганской впадин и Цинциннатского свода) и Преаппалачской впадины отличаются региональной нефтегазоносностью и колоссальными ресурсами нефти и газа (7).

Меловые известняки нефтеносны в большей части мексиканских месторождений и дают большое количество нефти в Венесуэле (57).

Доля запасов нефти и газа, сосредоточенных в карбонатных породах Северной и Южной Америки, составляет не менее 25 %. Из них в 1957 г. добыто до 150 млн. *т* нефти (7).

В зарубежной Европе отметим Аквитанский бассейн Франции, где нефть и газ содержатся в юрских и меловых известняках и доломитах. Здесь располагается очень крупное месторождение газа Лак с запасами около 400 млрд. м^3 . Газ в основном приурочен к карбонатным породам верхней перми (73). Газ в этих отложениях известен также в Нидерландах и Великобритании (42). Коллекторами нефти и газа месторождений Италии – Рагуза, Джела и др. являются карбонатные породы (52).

ЗАРУБЕЖНАЯ АЗИЯ

Средний и Ближний Восток. В странах Среднего и Ближнего Востока, включающего Иран, Ирак, Саудовскую Аравию, Кувейт, Катар, Бахрейн, Турцию, на 1 января 1961 г. из суммарной добычи нефти 2200 млн. *т* не менее 1500 млн. *т* (68 %) получено из карбонатных коллекторов (8). Среди них исключительно высокими запасами нефти, исчисляемыми миллиардами тонн, особо выделяются карбонатные толщи асмари и «главный известняк» (третичная система) на территории Месопотамской платформы. Отдельные карбонатные толщи мезозойских и третичных отложений характеризуются региональной нефтегазоносностью на обширных пространствах, протяжением в несколько сотен километров.

Разведанные запасы нефти в странах Среднего и Ближнего Востока к концу 1955 г. достигали 17,1 млрд. г. что составляло около 70 % всех разведанных запасов в капиталистических странах (6). Добыча нефти в этих странах в 1959 г. составляла 23 % мировой (103).

Т а б л и ц а 1

Средняя добыча нефти на одну эксплуатационную скважину (1952 г.)

Страна	Число скважин на конец 1952 г.	Среднегодовая добыча нефти на одну скважину, тыс. т.
Всего по капиталистическим странам	480.555	1,2
в том числе:		
Ирак	42	444,3
Иран (данные за 1950 г.)	81	396,9
Саудовская Аравия	124	328,2
Кувейт	115	327,2
Катар	15	220,0
Венесуэла	8062	11,7
США	450.700	0,7

Коллекторские свойства карбонатных пород на нефтяных месторождениях Среднего и Ближнего Востока главным образом зависят от закарстованности и степени их трещиноватости. При этом отдельные системы трещин сообщаются между собой на большие расстояния (местами до S км и более), что обуславливает значительные притоки нефти в скважины, достигающие в ряде случаев $2500\text{--}6400\text{ м}^3/\text{сутки}$ при небольшом перепаде давления на забое (6).

Таблица 1 показывает, что в месторождениях Среднего и Ближнего Востока среднегодовая добыча нефти на одну скважину в десятки раз больше чем в Венесуэле и в сотни раз больше, чем средняя по капиталистическим странам и в США (99).

Месопотамская предгорная впадина. Основным продуктивным горизонтом нефтяных месторождений Юго-Западного Ирана является знаменитая толща известняков асмари (олигоцен и нижний миоцен), в Северном Ираке – карбонаты «главного известняка» (средний верхний эоцен, олигоцен и нижний миоцен). Эти толщи сложены в одних районах в основном фораминиферовыми мелкозернистыми известняками с малой первичной пористостью, в других – рифовыми известняками со значительной пористостью и проницаемостью. Мощность толщ известняков асмари и «главного известняка» составляет $300\text{--}400\text{ м}$, местами достигает $500\text{--}600\text{ м}$ (6, 8, 57, 2). Нефть месторождений Юго-Восточной Турции приурочена к карбонатам верхнемелового возраста (8).

Юго-Западный Иран. К началу 1961 г. суммарная добыча нефти месторождений Юго-Западного Ирана составляла около $554,7$ млн. т. Она была получена главным образом из карбонатных третичных отложений (8). Основным нефтегазоносным горизонтом являются известняки асмари. На наиболее тщательно изученных месторождениях Масджид-и-Судейман и Хафткель было установлено, что независимо от того, насколько сильно насыщенным нефтью был керн пород, получить высокодебитную скважину не удавалось, пока не происходила потеря циркуляции бурового раствора. По данным керна карбонаты имели пористость $2\text{--}15\%$ и проницаемость $0,00005\text{--}0,5$ миллиарды (57).

Залежи нефти в известняках асмари приурочены к перерыву в осадко-накоплении (85), а продуктивность в основном зависит от степени расширенной выщелачиванием трещиноватости. Без трещин в ряде месторождений не было бы отбора нефти. Нефтеносный горизонт на всей протяженности обладает свободной пропускной способностью, хотя известняки асмари имеют низкую проницаемость. Имеются доказательства гидродинамического сообщения участков, отстоящих друг от друга на 80 км (57).

В последние годы довольно крупные залежи нефти обнаружены также в карбонатных отложениях среднего мела* (Лали, Ага-Джари, Ахваз, Бинак, Биби-Хакимет, Кухе-Манд, Бахраган Сар), нижнего мела и юры (Дариус-Харг, Сирус-2); залежи газа встречены в карбонатных свитах кхами (нижний мел-юра) на месторождениях Гачсаран, Кешм и среднемеловом банджестанском известняке на месторождении Бахраган Сар (32, 100).

Наиболее крупным месторождением рассматриваемой территории является Ага-Джари. Оно относится к числу богатейших месторождений не только Ирана, но всего Ближнего и Среднего Востока. Месторождение открыто в 1937 г., а разработка началась в 1945 г. За период с 1945 по 1960 г. добыто свыше 180 млн. т нефти. В 1960 г. среднесуточная добыча при 33 эксплуатационных скважинах составляла 86 тыс. т. Продуктивные горизонты приурочены к толще известняков асмари мощностью до 250 м .

* В советской литературе принято двухчленное деление меловой системы.

со средней пористостью 7,6% и сильной трещиноватостью. Трещины хорошо сообщаются между собой, о чем можно судить по одинаковому давлению в скважинах, расположенных на расстоянии 12 км друг от друга.

Кроме Ага-Джари в Юго-западном Иране имеются другие богатые месторождения нефти: Хафткель, Масджид-и-Сулейман, Нефтсефид, Гачсаран, Нафтшах, Лали (8), Ахваз, Бинак, Биби-Хахимет, Халафабад, Кухе-Манд, Кешм, Дариус-Харг, Сирус-2, Бахраган Сар (32, 72, 79, 46).

С е в е р н ы й И р а к . К концу 1960 г. суммарная добыча нефти месторождений Ирака составляла около 362,67 млн. т (8). Основным продуктивным горизонтом является карбонатная толща «главный известняк» стратиграфически почти одновозрастная с известняками асмари и перекрытая мощным соленосным комплексом формации фарс. Кроме того, на ряде месторождений крупные залежи нефти обнаружены в карбонатных отложениях мела и триаса (8, 30).

Одним из богатейших месторождений не только Ирака, но всей нашей планеты является месторождение Киркук. Среднесуточная добыча нефти его из 44 скважин в 1960 г. достигла 85,1 тыс. т. Суммарная добыча с 1934 по 1960 составила около 273 млн. т (8). Основные продуктивные горизонты месторождения приурочены к трехсотметровой карбонатной толще «главного известняка», которая на некоторых месторождениях именуется свитой кальхур. Сильная трещиноватость известняков создала весьма благоприятные условия для скопления огромных запасов нефти. Благодаря сильной трещиноватости нефтесодержащих пород отмечается быстрая передача изменения давления, что обуславливает хороший дренаж эксплуатационных скважин на значительном расстоянии. У 35% действующих скважин при дебите 3200 м³/сутки перепад давления не превышал 0,35 ат, у 85% – 1,1 ат и ни в одном случае не превышал 1,7 ат (93, 95).

Крупными месторождениями Ирака с высокодебитными залежами в карбонатных отложениях также являются: Айн-Зала, Бутма, Нафтхане, Бай Гассан, Джамбур (8).

В Ю г о - в о с т о ч н о й Т у р ц и и, в пределах замыкания Месопотамской впадины обнаружены нефтяные месторождения: Раман, Гарзан и Гармик, имеющие небольшое практическое значение. Продуктивные горизонты их приурочены к карбонатным отложениям мелового возраста. В 1960 г. добыча нефти этих месторождений составила 639 тыс. т из 53 скважин (8). В 1964 г. в Турции впервые получен фонтан нефти с дебитом более 2130 т/сутки. Скважина расположена во впадине Диярбакыр и дает нефть из известняков верхнего мела. До этого в 1963 г. в этой впадине было открыто два месторождения – Куркан и Целики, а всего их 10. Нефтеносны карбонатные отложения маастриха (формация гарзан), а иногда и верхнего кампана (47).

В Турции открыты месторождения и в юго-западной части страны. Продуктивны здесь трещиноватые известняки миоцена и подстилающие их палеозойские доломиты. В скважинах Балгардагской площади, расположенной в 20 км от г. Адана, дебиты нефти достигали 160–210 т/сутки (45).

В Ц е н т р а л ь н о м И р а н е в срединном массиве открыты крупные месторождения нефти Алборц и Кум и газоконденсата – Сараджех. Продуктивные горизонты приурочены к карбонатным отложениям олигоцен- миоценовой формации кум, перекрытой толщей галогенных образований. Дебиты скважин на месторождениях Алборц и Кум очень высокие. При бурении скважины Алборц-5 произошло открытое фонтанирование с примерным дебитом 13 тыс. м³/сутки нефти удельного веса 0,835. Прежде чем скважина была заглушена, она выбросила около 800 тыс. м³ нефти (4,32).

На месторождении Кум начальный дебит скважины-открывательницы достигал 10 тыс. т/сутки нефти через 75-миллиметровый штуцер (8); дебиты других скважин – 2800–1000 т/сутки (45).

На месторождении Алборц в сутки добывается 11,1 тыс. m^3 нефти, на месторождении Сараджех – более 2,43 млн. m^3 газа (4).

Основные продуктивные горизонты в пределах восточной краевой части Аравийской платформы приурочены к отложениям юры и мела. В отложениях юры коллекторами являются главным образом карбонатные породы – трещиноватые известняки, местами представленные в рифогенной фашии; в меловых отложениях карбонаты продуктивны на о. Бахрейн. Карбонатные породы как юрских, так и меловых отложений, так же как и карбонатные коллекторы олигоцена и нижнего миоцена Месопотамской впадины, отличаются весьма высокой продуктивностью. Мощность каждого из продуктивных горизонтов от 10 до 60–70 м (6, 8).

В пределах Саудовской Аравии, Бахрейна, Катара наиболее богатой на разрабатываемых горизонтов является зона араб, относящаяся к верхам верхней юры. Она состоит из нескольких пластов трещиноватых, местами кавернозных известняков, разделенных между собой прослойками ангидрита или же глинистых сланцев и глин. Известняки зоны араб перекрываются толщей ангидритов, которая служит прекрасным нефтенепроницаемым перекрытием.

На территории Саудовской Аравии нефтегазоносны также карбонатные отложения зон хадрия (формация фенайф) оксфорд-келловей и фадили (формация друма) байос-бата, перми и триаса. Нефтяные залежи месторождений описываемой части Аравийской платформы высокопродуктивны. Начальные дебиты скважин колебались от 600–700 до 1500 т/сутки. На месторождении Абкаик отдельные скважины давали фонтаны нефти с дебетом до 2400 т/сутки (8).

Основным продуктивным горизонтом месторождений нефти в Саудовской Аравии являются известняки зоны араб. Кроме того, богатые залежи нефти имеются в карбонатных отложениях зон хадрия (оксфорд-келловей), ратави (нижний мел), фадили (байос-бат), джубайль (верхняя юра), хуфф (пермь).

Одним из крупнейших месторождений нефти Саудовской Аравии, а также одним из крупнейших в мире месторождений-гигантов является Гхавар. Добыча нефти по месторождению в 1960 г. достигла 34,5 млн. т. Среднесуточная добыча при 86 эксплуатационных скважинах составляла 96,3 тыс. т. За период с 1950 по 1960 гг. было добыто около 264,6 млн. т нефти. Главные продуктивные горизонты на месторождении приурочены к верхнеюрским известнякам формаций араб и джубайль.

Вторым по величине после Гхавар является месторождение Абкаик, по которому за период с 1943 по 1960 г. добыто 224 млн. т нефти. Среднесуточная добыча за 1960 г. при 59 эксплуатационных скважинах составила 35,3 тыс. т. Начальные дебиты скважин достигали 2 тыс. т. Основные скопления нефти на месторождении Абкаик сосредоточены в известняках араб. Кроме того, залежь нефти обнаружена в нижележащих отложениях зоны хадрия.

Богатые залежи нефти, связанные с карбонатными коллекторами, имеются также на месторождениях Катиф, Даммам, месторождения зоны поднятий Фадили-Абу-Хадрия, Манифа (8).

На полуострове Катар располагается месторождение Духан, продуктивные горизонты которого приурочены к известнякам араб верхней юры. Здесь выделяются два главных нефтяных горизонта, эффективная мощность которых 25 и 53–58 м. Известняки кое-где слегка трещиноватые. но крупные трещины и разрывы в них отсутствуют, и их физические свойства напоминают свойства песчаных коллекторов (78). Средняя пористость известняков 18–20 %, проницаемость 65–150 миллиардари. За период с 1949 по 1960 гг. на месторождении добыто около 58 млн. т нефти.

На острове Бахрейн эксплуатируется месторождение Бахрейн. Продуктивные горизонты приурочены к толще трещиноватых известняков, залегающих в верхней части формации вазия (верхний мел). Мощность продуктивной части 30–35 м. За период с 1933 по 1960 г. на месторождении добыто около 31,1 млн. т. Начальный дебит скважин равняется 200–300 т. В карбонатных отложениях формации араб на месторождении Бахрейн обнаружены залежи газа.

Основным нефтесодержащим горизонтом Нейтральной зоны и Кувейта являются песчаные отложения формации вазия (мел). Однако на месторождении Вафра (Нейтральная зона) залежи нефти обнаружены также в известняках эоцена и формации ратави неокомового возраста.

На одном из крупнейших месторождений Южного Ирака, а также всего Ближнего Востока, Зубаир, наряду с залежами в песчаниках, эксплуатируется залежь нефти, залегающая в известняках верхнего мела (8).

В нефтегазозной провинции северо-западной части погружения Аравийской платформы, включающей Иорданию, ОАР, Ливан, Израиль, на довольно крупном месторождении Судр, расположенном на Синайском полуострове, нефть также извлекается из трещиноватых и кавернозных известняков эоцена (90). Залежь нефти в кавернозных доломитизированных известняках эоцена обнаружена и на месторождении Азл. В Сирийском районе ОАР в северо-восточной части страны открыт ряд месторождений: Хамзах, Улаян, Тель Румейлан, Кирбах и др. Здесь нефтеносны трещиноватые верхнемеловые известняки. Дебиты скважин колеблются от 220 до 290 т/сутки (45).

На территории Израиля в 1959 г. в пустыне Неджеб открыто газовое месторождение, приуроченное к юрским карбонатным отложениям.

На Трусильском побережье на площади Уим-Шайф выявлена залежь нефти в карбонатных отложениях нижнего мела. Начальный дебит одной из первых скважин составлял 300 т/сутки.

В Северо-Афганской впадине на Етымтагской и Хеджагурдакской структурах открыты промышленные залежи нефти и газа в отложениях мела. Нефть и газ содержатся как в песчаных, так и в карбонатных коллекторах. Свободные дебиты газа достигают от нескольких сотен тысяч до 1400 тыс. м³/сутки (8).

В пределах нефтегазозной провинции Индо-Гангской предгорной впадины залежи нефти, связанные с карбонатными коллекторами, обнаружены в эоценовых сакесарских отложениях. Здесь нефтегазозны массивные известняки горизонта средний лаки мощностью 80–90 м с прослойками гипса. Самым крупным месторождением провинции является Балкассар, которое дает 75 % годовой добычи нефти Пакистана. Продуктивные горизонты приурочены к известнякам эоценовых свит саке-сар и будрар. С 1946 по 1960 гг. на месторождении добыто 1700 тыс. т нефти. Из карбонатов добывается также нефть на месторождениях Кхаур, Дулиан, Джоя-Маир (8).

В Синдской газонефтеносной области продуктивные (газозные) горизонты приурочены к известняковой толще эоцена, в которой выделяются пакки: хабиб-рахи, суи-верхний, суи-главный и др. Самым крупным газовым месторождением области является Суи. Здесь газовые залежи выявлены в верхнем и главном известняках суи. Основные скопления газа находятся в суи-главном (8).

Эффективная мощность верхнего известняка суи около 15 м. Суи-главный сложен кристаллическими известняками, мелом, мергелями; мощность его 660 м. Пористость известняков 6,7–28,4 %, а в среднем 18 %, проницаемость 0,1–12,9 миллидарси. Газовая залежь занимает площадь около 194 км². Высота газовой залежи в своде структуры равна 226 м.

Промышленные запасы газа в верхнем и главном известняках суи составляют примерно 140–170 млрд. m^3 , из них 90 % приходится на долю главного известняка. Абсолютно свободный дебит газа после кислотной обработки известняков составил в скважине 1 около 2,5 млн. m^3 /сутки, в скважине 3 – около 3,3 млн. m^3 /сутки. К ноябрю 1958 г. на месторождении было добыто около 1 млрд. m^3 газа.

Крупные залежи газа в карбонатах установлены также на месторождениях Зин, Уч, Хайрпур, Мари, Джакобабад, Кандхкот (82).

В И н д о н е з и и на о-ве Ява к концу 1960 г. было добыто 21181 тыс. т нефти, в том числе в 1960 г. – 214,2 тыс. т. Нефтегазоносны здесь мергели свиты верхний калибенг (плиоцен) и песчаники миоцена и плиоцена (44).

В З а п а д н о м И р а н е открыто три месторождения: Кламоно, Васиан и Могой. Из этих месторождений в 1960 г. было добыто 207 тыс. т, а суммарная добыча к концу 1960 г. составила 3,370 млн. т (8).

На месторождении Кламоно нефть залегает в рифовых известняках верхнего миоцена. Общая мощность нефтеносных известняков 120 м. Дебиты отдельных скважин достигают 210 т/сутки. Нефть асфальтовая, удельного веса 0,94 (8,23). С 1948 до конца 1961 г. суммарная добыча нефти по месторождению превышала 3 млн. т, а в 1961 г. было добыто . 154 тыс. т (56).

На месторождениях Васиан и Могой нефтеносны также известняки верхнего миоцена. Дебиты скважин составляли 90–360 т/сутки. Удельный вес нефти 0.80. На месторождении Васиан суммарная добыча нефти с начала разработки по 1960 г. включительно составила 218,4 тыс. т, а на месторождении Могой –576 тыс. т (8).

В К и т а е в Сычуаньской провинции залежи газа, связанные с карбонатными отложениями, установлены на месторождениях Шиюгоу, Сунчан, Цзылюоцин. Газоносны пористые известняки, залегающие в Цзылинцзянской свите триаса. На месторождении Цзылюоцин помимо газа получены незначительные, но промышленные притоки нефти красноватой окраски (87).

АФРИКА

В последние годы в Ливийской Сахаре в К и р е н а и к с к о й нефтеносной области открыто в карбонатных породах более 20 крупных нефтяных и несколько газовых месторождений. К началу 1962 г. разведанные запасы нефти составили более 500 млн. т, а общие запасы исчисляются в 7–8 млрд. т (17). Основные запасы нефти приурочены к третичным (палеоген) и верхнемеловым известнякам. Одним из крупнейших месторождений является Целтен, открытое в 1958 г. Из первой же скважины получен приток нефти дебитом 2780 m^3 /сутки. Это самая высокодебитная скважина в Африке. Скважина 2 дала фонтан нефти дебитом 2384 m^3 /сутки. Удельный вес нефти 0,835 (84). Нефть содержится в рифовых кавернозных закарстованных известняках палеоцена мощностью около 100 м, в которых встречаются огромные погребенные полости. По образному выражению одного из местных специалистов «через каверны в целтенских нефтеносных известняках, вероятно, можно было бы протолкнуть целого быка» (17).

Скважиной 3 на месторождении Целтен выявлен второй продуктивный горизонт в известняках верхнего мела мощностью 15 м, из которого при опробовании получен приток нефти с дебитом 300 т/сутки (18).

Общая площадь месторождения Целтен 60 280 га, а общие запасы нефти к началу 1962 г. ориентировочно оценивались в 2 млрд. т, что значительно превышает запасы всей Западной Европы (17). Крупными месторождениями Киренаикской нефтегазоносной провинции являются также:

Бахи, Дахра, Беда, Захалиле, Рагуба, Хофра, Дефа, Ваха, Жиало, Антелла и др. с дебитом скважин 100–500 т/сутки.

В 1961 г. Ливия среди стран Африки по добыче нефти занимала четвертое место, хотя эксплуатировалось только одно месторождение Целтен. В 1964 г. Ливия вышла в Африке на первое место. Юго-западнее месторождения Ора получен приток нефти из нижнепалеозойских доломитов (47).

ОАР. К началу 1962 г. в ОАР было открыто 17 нефтяных месторождений. Все они расположены в Красноморском нефтегазоносном бассейне. Продуктивны терригенные и карбонатные породы миоцена и эоцена, реже мела и карбона. Наиболее крупными месторождениями являются Белаим и Рас-Гариб. На старейшем месторождении ОАР Гемза нефть добывается из миоценовых рифовых известняков. Суммарное количество извлеченной из этого месторождения нефти составляет 3,2 млн. *m* (15, 80).

До недавнего времени в Африке из карбонатных отложений нефть и газ добывались только в районе Красного моря, а затем в Ливийской пустыне. Автор уже указывал (62), что бурение на нефть вскроет карбонатные толщи во многих районах и даст сведения о древнем погребенном карсте.

В М а р о к к о в 1963 г. имелось более 20 месторождений, в 1951 г. в эксплуатации из них находилось 13. По добыче нефти в Африке Марокко занимает восьмое место (от 2 до 49 тыс. т в год). Наиболее крупным месторождением является Хариша, где добывается до 49 млн. тыс. т нефти в год.

В 1961 г. открыто нефтяное месторождение Сиди Рхалем, которое, вероятно, окажется одним из самых крупных в стране. Нефтегазоносен здесь а р г о в и й с к и й трещиноватый и кавернозный известняк мощностью 30 м. Начальные дебиты скважины-открывательницы составляли 120 т/сутки. На других месторождениях нефть залегает в трещиноватых доломитах и известняках и терригенных отложениях. Промышленные залежи газа в известняках доггера разведаны на месторождении Бу-Драа (80).

С е н е г а л . В районе города Дакар в 1956 г. открыто небольшое месторождение нефти Дьям Нянде, где нефтеносны маастрихтские доломиты и песчаники. В 1961 г. добыча нефти составила 2000 *m* (80).

В Г а б о н е , в дельте р. Оуге на о. Манджи, на структурных поднятиях Кап-Лопес и Пуант-Клеретт в свите икандо (эоцен) прослойки и линзы доломитов нефтеносны. Предполагается, что нефть поступила снизу из верхнемеловой свиты клеретт. В месторождении М'Бега нефтеносны и газоносны линзообразные прослойки доломитов в миоценовой свите алевана. Дебит скважин 100–1000 м³/сутки (36, 75).

К о н г о (столица Браззавиль). В 1956 г. открыто нефтяное месторождение Пуант-Эндиен. Нефть заключена в известняках и песках аптальской формации кокобич. В 1961 г. на месторождении добыто 115 тыс. *m* нефти (16).

А н г о л а . В Анголе к началу 1962 г. в бассейне Кванза было открыто 8 нефтяных месторождений. Нефтеносные горизонты приурочены к трещиноватым известнякам апта (формации бинга и бенфика), альба (формации кабо-ледо и кунга гратидао) и эоцена (формация куво-калукала).

В 1955 г. было открыто месторождение Бенфика, в 1957 г. – Луанда, в 1958 г. – Какуако, в 1959 г. – Бом Джезус и Галинда, в 1961 г. – Уаконго и Тобиа. Последнее является крупнейшим в Анголе – годовая добыча составляет 56 тыс. т нефти (80). Дебиты нефти из известняков альба на месторождении Луанда в отдельных скважинах достигают 1300 т/сутки (19).

ЗАРУБЕЖНАЯ ЕВРОПА

Германская демократическая республика. К началу 1957 г. в ГДР имелись 3 нефтяных скважины на площади Филлштейн, 3 газовых в Мюльхаузене и 5 газовых в Лангензальце. Нефть и газ были получены из главного доломита верхнепермского возраста. В 1958 г. добыча нефти на месторождении Филлштейн составила около 4500 т (22). В 1961 г. на нефтяном месторождении Райнкенхаген с глубины 2299 ж из отложений главного доломита получен мощный газонефтяной фонтан. Этим была доказана нефтегазоносность Северогерманского бассейна на территории ГДР. Продуктивный пласт месторождения имеет пористость 4–6 % и до 20 %, а проницаемость около 5 миллиарда (22, 34, 92, 102).

Федеративная республика Германии. В ФРГ в 1955 г. было добыто 3147,2 тыс. т нефти и 239,6 млн. м³ газа. До 31 декабря 1955 г. всего было добыто 25442,9 тыс. т нефти и 1195,7 млн. м³ газа. Запасы нефти на 1 января 1959 г. составляли 65, 36 млн. т. Газ добывается в основном из доломитово-известняковых горизонтов цехштейна верхнепермского возраста (71). Промышленные скопления нефти приурочены к пористым и трещиноватым известнякам верхней юры и маастрихтского яруса, а также к песчаным горизонтам рэта, юры и нижнего мела (76).

Важнейшей нефтегазоносной областью ФРГ является бассейн Северо-Западной Германии. Всего до конца 1955 г. в нем было добыто 25 104 486 т нефти и 1 148 326 тыс. м³ газа. Нефть получена главным образом из мезозойских отложений, где наряду с песчаными отложениями продуктивны карбонатные коллекторы, а газ – из известняково-доломитовых пород цехштейна (12). На нефтеносной площади Хейде залежи нефти, связанные с карбонатными породами, встречаются в отложениях цехштейна (участки Рикельсхоф, Лит, Хаммингстадт, Эпенвёрден, Мельдорф-Хавен, Эльперсбюттель) и верхнего мела. Всего на 31 декабря 1955 г. на площади Хейде было добыто 1,7 млн. т нефти (21).

На месторождениях Рейтбрюк и Макельфельд в окрестностях Гамбурга наибольшие запасы нефти сосредоточены в пористых и сильно трещиноватых известняках рейтбрюкских слоев маастрихтского возраста. Пористость известняков в среднем 25 %, проницаемость – 1–2 миллиарда. Начальные дебиты многих скважин из этих отложений на месторождении Рейтбрюк составляют 100–300 т/сутки через 10-миллиметровый штуцер. Общая добыча из маастрихтской залежи Рейтбрюка составила около 1,5 млн. т нефти (14).

В Нижнесаксонском бассейне между Везером и Эмсом крупнейшим источником газа служит газоносная площадь Реден, где продуктивен цехштейновый главный доломит. Площадь с 1955 г. ежегодно дает 180 млн. м³ газа (29) или более 50 % газовой добычи страны (33). В Нижнесаксонском бассейне западнее Эмса газоносны карбонатные горизонты толщи плитчатого и главного доломита цехштейна. Здесь разведаны газовые месторождения Бентгайм, Франсвеген, Иттербек, Адорф, Эмлихгайн (5). На месторождении Бентгайм мощность газоносного горизонта (плитчатый доломит) достигает 40 м. В верхней части доломит интенсивно разбит трещинами (27).

На нефтяном месторождении Далум основные нефтеносные горизонты приурочены к нижнемеловым ракушечниковым слоям вельда и ракушечниковым и трещиноватым известнякам белой юры. На 31 декабря 1955 г. это месторождение дало 914 126 т нефти (89).

В Нидерландах газ добывается в девяти месторождениях из карбонатной толщи верхнепермского главного доломита и плитчатого доломита цехштейна (26). Запасы в 1957 г. оценивались в 4–5 млрд. м³, а прогнозные – 15 млрд. м³. Добыча, составлявшая в 1950 г. 8 млн. м³, в 1958 г. достигла 250 млн. м³.

В Великобритании к этим же отложениям, называемым верхние и нижние магнезиальные известняки, приурочено газовое месторождение Эксдейл (42, 58).

Франция. Широко известен Аквитанский бассейн Франции, где большие запасы нефти и газа содержат юрские и меловые известняки и доломиты (94). Здесь располагается ряд крупных месторождений нефти и газа: Лак, Паренти, Мот, Сен-Марсе и др. (10). Крупнейшим месторождением газа во Франции является Лак. Первоначальные запасы его исчислялись около 392 млрд. m^3 . По запасам оно занимает третье место в мире после месторождений Пенхендл-Хьюготон, Хасси-р'Мель (100). Продуктивные горизонты на месторождении приурочены к известнякам и доломитам от верхнеюрского до аптского возраста (70, 96).

На месторождении Лак добывается и большое количество нефти. Годовая добыча в 1953 г. достигла 300 тыс. m и составляла 80 % всей добычи страны (33).

В 1954 г. было открыто первое значительное нефтяное месторождение Франции Паренти, являющееся также одним из наиболее значительных месторождений Западной Европы (70). Залежи нефти приурочены к неравномерно доломитизированным известнякам юрского и мелового возраста, содержащим пустоты и трещины. Доломитизированные зоны наиболее продуктивны благодаря пористости их основной массы, а также наличию пустот и трещин. Начальные дебиты скважины-первооткрывательницы через 25-миллиметровый штуцер достигали 2550 m^3 /сутки. Скважина была пущена в эксплуатацию с дебитом 560 m^3 /сутки (48). Месторождение Паренти в настоящее время дает около 80 % добычи нефти Франции (54).

Венгрия. Самое крупное месторождение в Венгрии – Надьлендское. В 1955 г. оно давало 60 % всей добычи нефти страны (33), а в 1961 г. – 67 % (35). На этом месторождении залежи нефти обнаружены в доломитах триаса, верхнемеловых мергелях, литотамниевых известняках тортона и небольшие залежи в глауконитовых песчаниках тортона. Основным коллектором является гипсуритовый известняк, залегающий среди пелитовых отложений мелового возраста (35). Эффективная пористость карбонатных коллекторов на месторождении обусловлена системой трещин (49).

На месторождении Хохот коллекторами служат зернистые литотамниевые известняки тортона и трещиноватые известняки триаса с карстовыми пустотами (49).

К западу от Надьлендского месторождения в последние годы открыто небольшое месторождение Барабашег, на котором нефтеносен гипсуритовый известняк мелового возраста, а там, где он отсутствует, – триасовый доломит (35, 51).

В Западной Австрии в Молассовом бассейне в ряде глубоких скважин незначительные нефтепроявления приурочены к верхнеоценовым пористым нуммулитовым известнякам с прослойками песчаников мощностью 25–100 m (91).

Румыния. Залежи нефти и газа, связанные с карбонатными коллекторами, в Румынии обнаружены на месторождениях внешнего платформенного склона предгорного прогиба Южных Карпат. Здесь залежи нефти (месторождение Хирлаешть западнее Бухареста) и залежи газа (месторождение Чурешть севернее Крайова) содержат верхнемеловые известняки сенона. В отложениях триаса, представленных в основном доломитами, на структуре Боми выявлены залежи нефти. Коллекторские свойства продуктивных пород обусловлены процессами доломитизации и выщелачивания карбонатов, а также явлениями трещиноватости (41).

Болгария в Нижнедунайской впадине в Тюленовском месторождении (Добруджа) нефтеносны и газоносны нижнемеловые валанжинские известняки. Приток нефти получен из интервалов, где наблюдался

провал инструмента и поглощение бурового раствора (38). В районе города Плевен нефтеносны Гигенская и Долен-Дыбникская структуры. В Гигене мощность нефтеносных кавернозных доломитов валанжина 25 м. В Долен-Дыбникской структуре интервал нефтеносности среднетриасовых известняков и доломитов 150 м. Залежь массивного типа. В 1936 г. на северо-западе Болгарии в районе г. Вратца открыто первое газовое месторождение в среднетриасовых доломитах и известняках. При вскрытии за сутки было получено около 100 000 м³ газа при давлении 170 ат (3, 38,98).

Италия. В 1953 г. в Сицилии было открыто первое крупное месторождение Италии Рагуза. Залежи нефти здесь связаны с толщей доломитов триаса мощностью до 517 м. Доказанные запасы нефти месторождения ч Рагуза определяются в 10–50 млн. т, и в 1958 г. суточная добыча нефти составила 4760 т. Нефть тяжелая, удельного веса 0,93–0,94 (52). Годовая добыча нефти была около 1,41 млн. т, а суммарная добыча к концу 1960 г. достигла около 5,73 млн. т (31). Нефтегазоносная залежь содержится в массивном резервуаре высотой 532 м, из которых 136 м приходится на газовую шапку. Коллекторские свойства доломитов связаны с трещиноватостью. Запасы газа в газовой шапке оцениваются в несколько миллиардов м³ (50).

Значительные запасы тяжелой сернистой нефти (уд. вес. 1,037) открыты в Джеле в среднетриасовых доломитах и доломитизированных известняках. Дебит скважины-первооткрывательницы достигал 165–200 т/сутки (52). Доломиты сильно трещиноваты и содержат большое количество каверн. На некоторых уровнях пустот так много, что порода приобретает губчатый вид. Дебиты скважин обычно около 20–30 м³/сутки, но в отдельных случаях достигают 400 м³/сутки (77). Годовая добыча на месторождении достигла 0,51 млн. т, а суммарная добыча с начала 1957 г. превысила 1 млн.т (31).

На о. Сицилия нефть извлекается из карбонатных отложений триаса также на месторождениях Ното, Дирилло, Каммаранта (31).

В северо-западной части Апеннинского района (гора Майелла) в Италии обнаружены обширные залежи асфальтов, связанные с битуминозными пористыми известняками среднего миоцена и эоцена. Это асфальтовое месторождение одно из крупнейших в Италии.

В Южной Италии нефть в промышленных количествах получена из известняков миоцена близ Валле, Латина, Токко, Трамутола (11).

АМЕРИКА

Канада. Более 90 % известных запасов нефти Канады находится на площади западных равнин, а из них около 80 % сосредоточено в провинции Альберта. Породы-коллекторы большей части богатых месторождений представлены девонскими известняковыми и доломитовыми рифовыми отложениями (рис. 4). В 1953 г. рифовые известняки верхнего девона давали около 87 % нефти, добываемой в Альберте (43). Здесь продуктивны верхнедевонская свита ледюк, среднедевонская ниску мощностью от 10–15 до 70 м. На 31 декабря 1958 г. 45 % нефти и конденсата и 16 % газа, добытых на месторождениях Западной Канады, приходились на рифы свиты ледюк (69). Считают, что известняки ледюк содержат 32 млн. м³ извлекаемых запасов нефти.

На ряде месторождений залежи нефти обнаружены в трещиноватых известняках миссисипского возраста (7). В Юго-Западной части Канады выявлены залежи нефти в силурийских известняках (53).

Крупным месторождением Канады является Пембина. Коллекторами нефти здесь служат миссисипские карбонатные породы и песчаники юры (59).

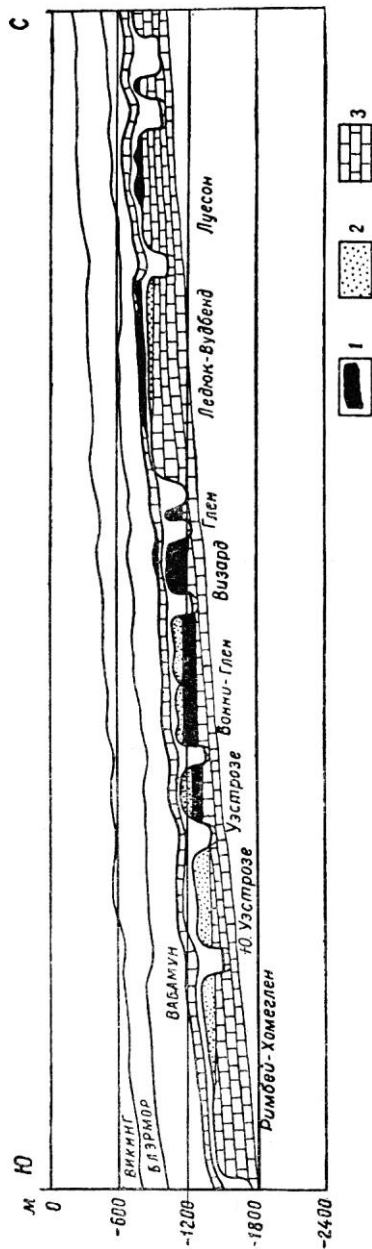


Рис. 4. Продольный разрез через зону «рифового простирания» с указанием залежей нефти и газа (по А. А. Бакирову, 1950): 1 – нефть; 2 – газ; 3 – рифовые массивы.

На следующих по значимости месторождениях Редуотер, Ледюк и Тернер-Валли вся нефть сосредоточена в карбонатах. На месторождениях Редуотер и Ледюк нефтеносны известняки рифовой формации ледюк (88), на месторождении Тернер-Валли нефть добывается из органогенно-обломочных миссисипских доломитов. Пористость в доломитах карстовая, она обусловлена главным образом выщелачиванием ископаемых остатков, представленных в основном обломками криноидей (28). До 1949 г. месторождение Тернер-Валли давало 80–90 % всей добычи нефти в провинции Альберта (33).

Большое число месторождений нефти сосредоточено в рифовой зоне Римбей-Сент-Альберт. Пористость рифовых пород изменяется от точечной до каверновой (37). Примерами рифовых месторождений являются: Ледюк, Редуотер, Голден-Спайк, Уизар-Лейк, Стеттлер, Биг-Валли, Старджеон-Лейк. Каждое из них имеет оцененные промышленные запасы свыше 160 000 м³ (43).

С Ш А . Месторождения нефти и газа с залежами, приуроченными к карбонатным коллекторам, в США весьма многочисленны. Все основные районы США, за исключением Калифорнии и Пенсильвании, характеризуются нефтеносными карбонатными отложениями (85).

Рифовые известняки ниагара (силур) содержат много залежей в Онтарио, Индиане, Кентукки и Иллинойсе. Пенсильванские (карбон) известняки канзас сити-лэнсинг являются одним из важных продуктивных горизонтов на обширной площади в Центральном Канзасе. Группа арбоккл-элленбэргер, представляющая доломиты и известняки с небольшими прослойками кремня, песка, сланцев (кембрий-ордовик), содержит много богатых залежей нефти в районе Мид-Континента, Канзаса, Оклахомы и Техаса. Район Западного Техаса и юго-восточной части Нью-Мексико с палеозойскими известняковыми и доломитовыми коллекторами, известный под названием Пермского бассейна, относится к богатейшим площадям США. Здесь в 1958 г. было добыто свыше 700 млн. м³ нефти и приходится около 20 % всей добычи нефти страны (57).

А п п а л а ч с к а я н е ф т е г а з о н о с н а я п р о в и н ц и я . В этой провинции значительные скопления нефти и газа встречаются и в карбонатных породах от раннеордовикского до миссисипского возраста. Продуктивность карбонатных отложений определяется интенсивностью закарстовывания и доломитизации под поверхностями несогласия, а также степенью трещиноватости (7, 83). Большое промышленное значение имеет миссисипский известняк биг лайм, относящийся к свите гринбрайер. Нефть и газ приурочены к оолитовым зонам и зонам трещиноватости (83).

В отложениях среднего девона нефтегазоносны известняки данди, развитые в южной части штата Онтарио, и брекчиевидные известняки хентерсвил – онондэйга в центральной части бассейна (24).

Продуктивные горизонты имеются в нижнедевонских известняках корниферус. Там, где эти известняки закарстованы и несогласно перекрыты сланцами охайо, они являются основным продуктивным горизонтом. В Восточном Кентукки к этому горизонту приурочен ряд газовых месторождений. В пределах Восточного Кентукки силурийские известняки ниагара нефтеносны местами там, где они закарстованы и несогласно перекрыты миссисипскими сланцами. На месторождении Биг Синкинг, расположенном в западной части Аппалачской впадины, в верхах известняка ниагара имеются три пористые зоны, дающие нефть и газ.

В Восточном Кентукки основным нефтегазоносным горизонтом являются известняки корниферус (девон-силур), дающие более 50 % добычи штата. Большое значение имеют также известняки биг лайм.

В ордовикских слоях газовые горизонты имеются в трентонских известняках в штатах Нью-Йорк, Огайо, Кентукки (83), Тенесси и юго-восточной части штата Виргиния (24).

Цинциннатский свод. В области этого свода наиболее богатые залежи нефти и газа приурочены к карбонатными коллекторам свит трентон (ордовик) и ниагара силурийского возраста.

В районе Лима - Индиана (штаты Огайо и Индиана) из пород свиты трентон добыто 75 % нефти общей добычи (7). До 1900 г. почти вся нефть и газ района были получены из трентонского известняка. В этом районе максимальная добыча была в 1904 г., когда было получено 3,5 млн. т нефти, что составляло тогда 21 % всей добычи США (2). В известняках трентон выделяются несколько пористых и хорошо проницаемых зон.

Взгляды на происхождение зон повышенной кавернозности и пористости трентонского известняка Лимы-Индианы изменялись. Мелчер считал пористость первичной. По Ортону она возникла в результате вторичной доломитизации известняка. Вер Вибе образование пористости связывает с закарстовыванием трентонского известняка (у него выветриванием). Этим обусловлено несогласие в верхней части, изъеденность и пещеристость известняка, а также провалы инструмента при бурении на 2–3 м.

Начальные дебиты нефти в скважинах, эксплуатирующих трентонский известняк, в среднем колебались от 2 до 70 т/сутки, в исключительных случаях достигали 1200 т/сутки; начальные дебиты газовых скважин открытым фонтанированием обычно были от 15 до 150 тыс. м³/сутки и в редких случаях до 400 тыс. м³/сутки (83).

В районе Лима-Индиана залежи нефти местами встречаются также в силурийских известняках Клинтон (7) и сент-питер (83).

В районе Кемберлендской седловины продуктивные горизонты приурочены к ордовика, силуру, девону, а также миссисипскому и пенсильванскому отделам карбона. В ордовикских, силурийских и девонских отложениях коллекторами служат главным образом карбонатные породы (известняки трентон, ниагара и корниферус), а в каменноугольных – карбонатные и песчаные породы. Наиболее богатые горизонты связаны с карбонатными коллекторами силура и ордовика (7).

Самым крупным продуктивным горизонтом на западном склоне Кемберлендской седловины является ниагарский известняк среднего силура. В нем имеются несколько пористых зон мощностью от 0,3 до 6 м.

Ордовикские известняки нефтегазоносны главным образом в штате Теннесси. Продуктивные зоны повышенной пористости залегают в толще пород мощностью более 300 м, включающей трентонские известняки. Эти зоны связаны главным образом с внутрiformационными несогласиями. Самым крупным горизонтом является зона саннибрук. Девонские известняки корниферус дают значительную добычу нефти и газа на западном склоне седловины. Продуктивны кавернозные и пористые зоны мощностью 1–5 м. Некоторые скважины из известняка корниферус в начальный период эксплуатации давали дебиты нефти до 150 т/сутки и газа около 200 тыс. м³/сутки.

Миссисипский известняк бивер крик является практически единственным крупным нефтяным горизонтом на восточном склоне седловины. В верхнемиссисипских известняках сент-луис в ряде мест имеются залежи нефти, приуроченные к карстовым воронкам. Начальные суточные дебиты нефти в скважинах, эксплуатирующих горизонт сент-луис, достигали 650 т/сутки, но быстро падали (83).

Мичиганский бассейн. В этом бассейне 99 % всей нефти получено из карбонатных пород девона, где выделяются три основных продуктивных горизонта: роджерс-сити-данди, траверс и Детройт ривер. Наиболее продуктивным горизонтом бассейна являются известняки роджерс-сити-данди, из которых на 1 января 1956 г. было добыто 73 % общей добычи нефти в бассейне (9). Кавернозность и пористость известняков обуслов-

лена закарстовыванием, на что указывает ячеистый характер образцов пород, полученных из скважины (2).

Свита роджерс-сити-данди промышленно нефтегазонасна в основном в центральной части бассейна, где нефть эксплуатируется на месторождениях Маунт Плезент, Портер, Бакай, Тэмпл, Рид Сити, Уинтерфилд и др. Начальные дебиты скважин из известняков роджерс-сити-данди достигали 400 т/сутки нефти и 700 тыс. м³/сутки газа.

Известняки траверс на 1 января 1956 г. дали 21 % всей суммарной добычи нефти бассейна. Они служат основным продуктивным горизонтом в юго-западной и западной частях Мичигана – месторождений нефти: Нью Сэлем, Сэлем, Маскегон, Блумингдэйл, Коломбия и др. Начальные дебиты скважин, эксплуатирующих известняки свиты траверс, равнялись 30–40 т/сутки, доходя до 90 т/сутки (83). Пористость известняков траверс первичная, а также вторичная за счет закарстовывания и доломитизации.

Из продуктивного горизонта Детройт ривер на 1 января 1956 г. было добыто всего около 5 % суммарной добычи нефти. Это обычно доломиты с низкой проницаемостью, залегающие линзами среди ангидритов и непроницаемых известняков (9). На месторождении Рид Сити формация Детройт ривер является основным эксплуатационным горизонтом, представленным двумя пористыми зонами мощностью менее 1 м каждая. Дебиты скважин здесь небольшие, порядка 4–10 т нефти в сутки.

В Мичиганском бассейне, помимо описанных горизонтов, небольшое количество нефти извлекается из трентонских известняков ордовика. Дебиты скважин, эксплуатирующих эти известняки, достигали 85 т/сутки (83).

Единственным крупным месторождением, где эксплуатируются трентонские известняки, является Лайма. Здесь добыто 79,5 млн. м³ нефти и около 226 млрд. м³ газа. Наибольшая добыча на этом месторождении приходилась на 1890–1910 гг., когда извлекалось около 3,2 млн. м³ нефти в год, что составляло тогда около трети общей добычи США (13).

В о с т о ч н ы й в н у т р е н н и й б а с с е й н . Крупное промышленное значение в этом бассейне имеют нефтяные залежи, приуроченные к известняковым толщам нижнего отдела миссисипских слоев и девона,

В миссисипских отложениях нефтеносны пористые известняки свит сент дженевив, мак клоски, сент луис и осэйдж. Пористые зоны в некоторых случаях (известняки сент луис и осэйдж на антиклинали Ла Саль) возникли вследствие древнего закарстовывания известняков в пределах структурных поднятий под поверхностью несогласного залегания пенсильванских отложений. Местами пористые зоны образуют определенные горизонты, часто оолитового сложения.

В Иллинойсе основным продуктивным горизонтом миссисипских известняков является оолитовый горизонт мак клоски, залегающий в низах свиты сент дженевив. Этот горизонт является и одним из наиболее богатых во всей провинции, разрабатывается на многочисленных месторождениях центральной части бассейна (Сентралия, Сэлем и др.), а также в районе р. Уобаш (Гриффин и др.) и на старых площадях антиклинали Ла Саль. Горизонт мак клоски отличается также высокой проницаемостью. Мощность продуктивной зоны обычно 3–5 м. Горизонт мак клоски обладает и высокой нефтеносностью. Начальные суточные дебиты скважин доходят до 300–750 т/сутки, а в отдельных случаях до 1300 т; в среднем же они равны около 25 т/сутки. Известняки мак клоски до 50-х годов нашего века давали основную добычу Восточного внутреннего бассейна. Открытие залежей нефти в песчаных горизонтах честер и девонских известняках оттеснило горизонт мак клоски на второе место.

В миссисипских известняках залежи нефти имеются и ниже горизонта мак клоски. Здесь выделяются горизонты сент луис и сэлем. Горизонт

сент луис продуктивен местами в пределах антиклинали Ла Саль в отдельных закарстованных выступах древнего рельефа миссисипских известняков, перекрытых пенсильванскими осадками (месторождения – Мартинсвилл, Вестфилд). Нефтегазоносная зона мощностью 6–7-м располагается на глубине 1,5–3,5 м ниже кровли известняков.

Горизонт сэлем является одним из основных горизонтов одноименного месторождения Сэлем в центральной части бассейна, на остальных – он дает небольшую добычу. На месторождениях антиклинали Ла Саль в верхах свиты сент дженевив имеется от 1 до 3 пористых зон, при этом в одних скважинах нефтеносна верхняя пористая зона, в других – нижняя. Распределение кавернозности и пористости нижнемиссисипских известняков в пределах антиклинали Ла Саль зависит от древнего рельефа и связано с древним карстом. В центральной части бассейна пористость миссисипских известняков является первичной, а зоны повышенной пористости приурочены к району закарстованных крупных сводовых поднятий.

Девонские продуктивные горизонты в Восточном внутреннем бассейне в последнее время приобрели большое значение. Они разрабатываются большей частью в центральной его части на месторождениях Сэндовал-Сентрاليا, Сэлем, Лауден. Продуктивные пористые зоны приурочены к верхней закарстованной части доломитизированного известняка и характеризуются кавернами растворения, а также трещиноватостью. Начальные дебиты в скважинах из девонских известняков достигали 200–350 т/сутки, а в некоторых случаях (Сэлем) – 1500–4000 т/сутки (83).

В Иллинойсе в девоне нефтеносны карбонатные породы формации роджерс-сити. Наиболее крупным месторождением здесь является Дип-Ривер. Пористость коллектора обусловлена доломитизацией, имеет ограниченное распространение и не зависит от структурных условий. Формация роджерс-сити, обычно представленная известняками, здесь выражена пористыми доломитами. Там, где известняк закарстован и доломитизирован, он порист и нефтеносен. Доломитовая зона является вертикальной или почти вертикальной. Предполагается, что локальное развитие пористости обусловлено карстующими водами, которые, проникая по вертикальным трещинам в формацию роджерс-сити, выщелочили известняки и превратили в доломит (9).

Девонские известняки нефтеносны также на месторождениях антиклинали Ла Саль и по окраинам бассейна в Западном Кентукки и Индиане, где за этим горизонтом сохранилось название корниферус.

Нефтеносен и ордовикский трентонский известняк. Разрабатывался он издавна на отдельных месторождениях западного крыла бассейна (Коломбия), антиклинали Ла Саль (Вестфилд) и Западного Кентукки. Притоки нефти из этого горизонта 3–4 т/сутки, а в отдельных случаях достигали 15–25 т.

В центральной части бассейна трентонские известняки нефтеносны на месторождениях Сентрاليا и Сэлем, где они дают незначительную добычу. Дебиты нефти не превышают 35 т/сутки (83).

Западный внутренний район. По добыче нефти и газа, а также по количеству разрабатываемых месторождений этому бассейну принадлежит ведущая роль в США (7). Основные нефтегазоносные горизонты бассейна приурочены к пенсильванским и ордовикским отложениям. В последних наряду с известняками нефтегазоносны и песчаники (83).

На месторождениях Западного Канзаса, в частности на крупнейшем в мире газовом месторождении Хьюгтон, газоносны доломиты и известняки нижней перми. Месторождение протягивается с севера на юг на 200 км, ширина местами достигает 56 км. В карбонатной толще биг блу (нижняя пермь) выделяются три газоносные зоны: херингтон, уинфилд и форт райли суммарной мощностью около 75 м. Они связаны между собой и образуют единый газовый резервуар.

Верхняя зона херингтон мощностью 10–13 м представлена в основном доломитами. Средняя зона уинфилд имеет мощность около 13 м и сложена известняками и доломитами с примесью глинистого материала. Нижняя зона форт райли представлена преимущественно известняками, местами оолитовыми, имеющими мощность около 30 м. Полагают, что пористость газоносных зон вторичного происхождения и связана с карстовым выщелачиванием известняков. Первичная пористость наблюдается только местами в оолитовых известняках зоны форт райли (83). Продуктивные зоны перекрыты толщей газонепроницаемых глин мощностью 100–150 м с прослойками ангидритов. Карбонатные породы продуктивной толщи биг блу по восстановлению постепенно обогащаются терригенным материалом и коллекторские свойства их резко ухудшаются. С 1922 по 1955 г. суммарная добыча газа месторождения Хьюгтон превысила 16 млрд. м³, а начальные дебиты скважин достигали 1,5–2 млн. м³/сутки (7).

Значительные нефтяные и особенно газовые горизонты приурочены к пенсильванским известнякам свит Канзас сити и лэнсинг, продуктивных на поднятиях Центрального Канзаса.

В верхах свиты лэнсинг нефть добывается из известняков освальд, где выделяются от 2 до 8 пористых зон оолитового сложения мощностью от нескольких дюймов до нескольких футов. Наиболее крупными месторождениями, где нефть сосредоточена в этих зонах, является Фэрпорт и Коннингэм. Начальные дебиты скважин здесь доходили до 320 т/сутки.

В отдельных районах бассейна в кровле миссисипских известняков залегают своеобразный конгломерат, называемый «остаточной кремнистой породой», образовавшийся в результате выщелачивания карбонатных кремнистых пород во время допенсильванского континентального перерыва. Это рыхлая кремнистая щебенка мощностью до 50 м является остаточным элювиальным продуктом выщелачивания миссисипских известняков, залегают на склонах погребенных палеокарстовых останцов. Она местами выделяется под названием горизонта уэлч и содержит нефть и газ. Широко распространенным продуктивным горизонтом в Западном внутреннем бассейне являются миссисипские известняки, которые под закарстованными поверхностями несогласия часто становятся кавернозными и пористыми, что обуславливает их локальную нефтегазоносность (поднятия Центрального Канзаса, Восточный Канзас, округ Осэйдж в Оклахоме). Распространенные в неравномерно пористой зоне известняковой толщи, залежи обладают обычно небольшими дебитами нефти. На поднятиях Центрального Канзаса миссисипские известняки дают большое количество газа (месторождения Медисин Лодж в округе Мак Ферсон). Они газоносны также в округах Элк и Чотоква Восточного Канзаса.

Девонско-силурийские известняки хонтон промышленно нефтеносны под поверхностью миссисипского несогласия на поднятиях Центрального Канзаса и в Центральной Оклахоме. Дебиты нефти из известняков хонтон в Центральном Канзасе достигают 75 т/сутки.

Горизонты в ордовикских слоях, где главными являются известняки вайола и бромайд, доломитизированные известняки арбокл и песчаники вилкокк (83), отличаются региональной нефтегазоносностью на обширных территориях и концентрацией в них очень богатых ресурсов нефти и газа (7).

Известняки вайола продуктивны на ряде месторождений погребенного кряжа Немаха и на склонах поднятий Центрального Канзаса. Из них добывается газ на месторождении Коннингэм с начальными дебитами скважин в среднем 100 тыс. м³ в сутки. В 1936 г. в этих же отложениях открыта залежь нефти в Юго-Западном Канзасе в пределах бассейна Доддж-Сити.

В свите бромайд в Центральной Оклахоме на месторождениях Фиттс и Джесси выделяется несколько высокопродуктивных горизонтов общей мощностью около 100 м (83).

Известняки арбокл высокопродуктивны в верхней закарстованной части, которая часто называется свитой кремнистого известняка, или горизонтом тэрки маунтин. Иногда в известняках арбокл имеются и внутриформационные несогласия и появляются несколько продуктивных зон, часто также связанных с древним карстом. На крупнейшем месторождении Оклахома Сити (рис. 5) с 1928 по 1957 г. было добыто около 101 млн. т нефти, богатейшие залежи приурочены к карбонатной толще арбокл (7). На-

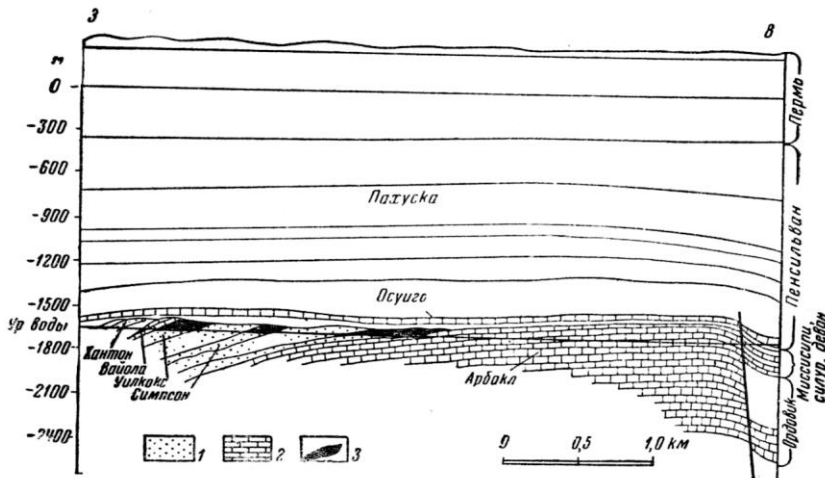


Рис. 5. Поперечный разрез через месторождение Оклахома-Сити (по А. А. Бакирову, 1959): 1 – песчаники и пески; 2 – известняки и доломиты; 3 – нефть.

чальные дебиты в некоторых случаях достигали 2250 т нефти в сутки (Эльдорадо), а в Западном Канзасе они были 50–350 г. Известняки арбокл продуктивны на ряде месторождений Оклахомы, а в Западном Канзасе они являются наиболее богатым горизонтом (83).

В провинции Вичита - Амарилло на площади Пэнхендл и на соседнем месторождении Сайр нефтеносны и газonosны доломиты и известняки пермского и пенсильванского возраста, объединяемые в промышленовой практике в свиту биг лайм. Начальные дебиты из этих отложений достигали 3 млн. м³ газа в сутки. В ордовикских отложениях залежи нефти имеются в известняках вайола, арбокл и песчаниках свиты симпсон. Из этих отложений получено большое количество нефти на месторождениях Крайнервилл, Хилдон, Робберсон и месторождениях на северо-восточном склоне гор Вичита (83). За последние годы в некоторых районах области Ред Ривер обнаружены значительные залежи нефти в известняках свиты элленбэргер, являющейся стратиграфическим аналогом толщ арбокл (7).

С в о д Б е н д . Ранее на своде большая часть нефти добывалась из пенсильванских отложений, где наряду с известняками нефтеносны и песчаники. На западном склоне свода в месторождении Эвока нефтеносны пористые известняки в низах свиты кэньон мощностью 3–10 м. Дебиты скважин из них достигали 150 т/сутки. Известняки кэньон местами про-

мышленно нефтеносны и на северо-западном склоне свода Бенд. В свите смитуик нефть и газ имеются в известняках кэддо и песчаниках лэйк. Известняки кэддо в основном нефтеносны. В них выделяются до 15 продуктивных зон. Верхняя зона, или зона брекениридж, дает основную добычу нефти в округе Стивенс. Она имеет мощность 13–17 м.

Самые богатые нефтяные и газовые горизонты в известняках свиты биг сэлайн приурочены к закарстованным и трещиноватым участкам.

В верхнепенсильванских отложениях наибольшее значение имеет горизонт рэнджер. Он продуктивен на одном из крупнейших месторождений свода Рэнджер. Горизонт линзовидный и представлен кавернозным и песчанитым известняком, а местами песчаниками и мелким конгломератом. Мощность горизонта от 0 до 13 м. Начальные дебиты нефти достигали 1500 т/сутки, но большей частью они были менее 350 т/сутки. Дебиты газа колебались от нескольких тысяч до нескольких миллионов м³ газа в сутки. В 1938 г. обнаружена промышленная нефть в известняках миссисипского возраста с дебитами, достигавшими 20 т/сутки.

В различных пунктах свода небольшие залежи нефти и газа имеются в верхней части ордовикских известняков элленбэргер. Они обычно дают менее 10 т в сутки на скважину, хотя иногда начальные дебиты доходили до 500 т/сутки. В округах Шэкльфорд, Коллахэн и Истлэнд в известняках элленбэргер был обнаружен и газ (83).

В Пермском бассейне большая часть месторождений дает нефть и газ из отложений пермского возраста. Все главные продуктивные горизонты бассейна приурочены к пористым, кавернозным, трещиноватым и проницаемым зонам в доломитовых известняках сан андрес и рифовым известнякам кэпитен (рис. 6). Реже пористые продуктивные зоны имеются в нижележащих известняках клирфоркс и вышележащих доломитизированных известняках зоны северный кауден.

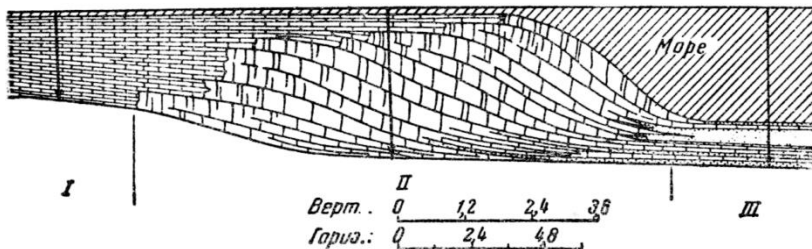


Рис. 6. Схема строения рифа Кэпитен (по А. А. Бакирову, 1959): I – тыловая, зарифовая область; II – рифовая зона; III – Делаверский бассейн.

Рифовые известняки кэпитен отличаются кавернозностью и очень высокой пористостью. Пористость их в ряде случаев достигает 30 %. Размеры каверн колеблются от величины грецкого ореха до 3–5 и даже 10 м (Ейтс, Хоббз). При бурении часто происходили провалы бурового инструмента в карстовые полости. На месторождении Хоббз при фонтанировании нефти из древней пещеры был даже в ы б р о ш е н с т а л а к т и т .

Как правило, все кавернозные и пористые известняки отличаются высокой проницаемостью. Из богатых резервуаров в рифовых известняках вследствие их очень высокой кавернозности отсутствовал вынос керн (Хоббз и др.). Те же известняки, в которых из керн сочилась нефть, не обладали высокой отдачей. Пермские известняки отличались очень высо-

кими дебитами. В некоторых скважинах начальные дебиты превышали 25 тыс. *т* нефти в сутки (83).

На месторождении Ейтс скважины давали 24–46 тыс. *т* нефти в сутки. Это месторождение к концу 1952 г. дало 63760 тыс. m^3 нефти из пермских известняков (86); в 1957 г. из них получено около 1,27 млн. *т* нефти. Мощность нефтенасыщенных известняков на месторождении Ейтс около 40 м. Продуктивность известняков превышает 13 тыс. т на 1 га (7).

На месторождении Хендрик начальные дебиты доходили до 13 тыс. *т* в сутки, на месторождении Хоббз – до 3 тыс. т. Для месторождений Пермского бассейна начальные дебиты в 1–3 тыс. т/сутки обычны. Начальные суточные дебиты газа в пермских известняках очень высоки, особенно в рифовых известняках кэпитен, – до 2,5 млн. m^3 на месторождении Кэпитен и до 4 млн. m^3 на месторождении Хоббз.

На большей части месторождений бассейна разрабатывается одна основная нефтеносная зона в пермских известняках.

Большинство американских геологов считает, что все каверновые и пористые зоны в пермских известняках и доломитах связаны с континентальными перерывами, документируемыми несогласиями. Образование пористости и кавернозности связано с воздействием поверхностных вод на карбонатные породы в периоды поднятия структур над уровнем пермского моря. Вследствие неоднородного состава известняков, закарстовывание их происходило неравномерно и обусловило появление отдельных зон высокой пористости и проницаемости.

В Пермском бассейне большое значение начинают приобретать глубокие горизонты. На месторождении Биг Лэйк нефтеносен и газоносен горизонт криноидных известняков, залегающий в основании пенсильванских отложений. На месторождении Тодд обнаружена промышленная нефтеносность криноидных известняков рифового происхождения, относящихся к свите строун. Дебиты нефти здесь достигали 240 т/сутки. На месторождении Шили промышленная нефть получена из кавернозной зоны в силурийских криноидных известняках. Начальные дебиты скважин достигали 400 *т* нефти в сутки.

В 1944 г. открыта промышленная нефтегазоносность девонских доломитов. Дебиты из некоторых скважин достигали 500 т/сутки. Девонский горизонт является основным эксплуатационным объектом на месторождении Ти-Экс-Л в округе Эктор.

Большое значение в южной части Центральной платформы имеют и ордовикские известняки элленбэргер. На месторождении Тюбб продуктивная зона мощностью 3–17 м находится в верхней части этих кавернозных и трещиноватых известняков. Начальные дебиты нефти 110–1100 *т* в сутки. На месторождении Нью Сэнд Хиллс начальные дебиты нефти известняков элленбэргер достигали 700 т/сутки (83). Суммарная добыча нефти из этих коллекторов к концу 1952 г. превысила 44,8 млн. m^3 (86).

Запасы нефти Пермского бассейна к концу 1946 г. исчислялись 535 млн. т. Суммарная добыча к этому времени составила 340 млн. т. Особенностью бассейна является высокая производительность месторождений и наличие крупных месторождений (рис. 7). Семь месторождений: Ейтс, Уоссон, Слотер, Кистон, Голдсмит, Хендрик и Фуллертон заключали в своих недрах 390 млн. т из 875 млн. т Пермского бассейна, т. е. около 40 %. По своим запасам бассейн стоит на первом месте среди палеозойских провинций США (83).

На побережье Мексиканского залива в породах юрского и мелового возраста имеются залежи нефти в карбонатных отложениях. Верхнемеловые известняки остин нефтеносны в семнадцати месторождениях Юго-Восточного и Центрального Техаса. Самое большое месторождение Персолл к концу 1952 г. дало 411,2 тыс. m^3 нефти. Около половины получено из мелоподобных известняков остин. Меловые трещиноватые и

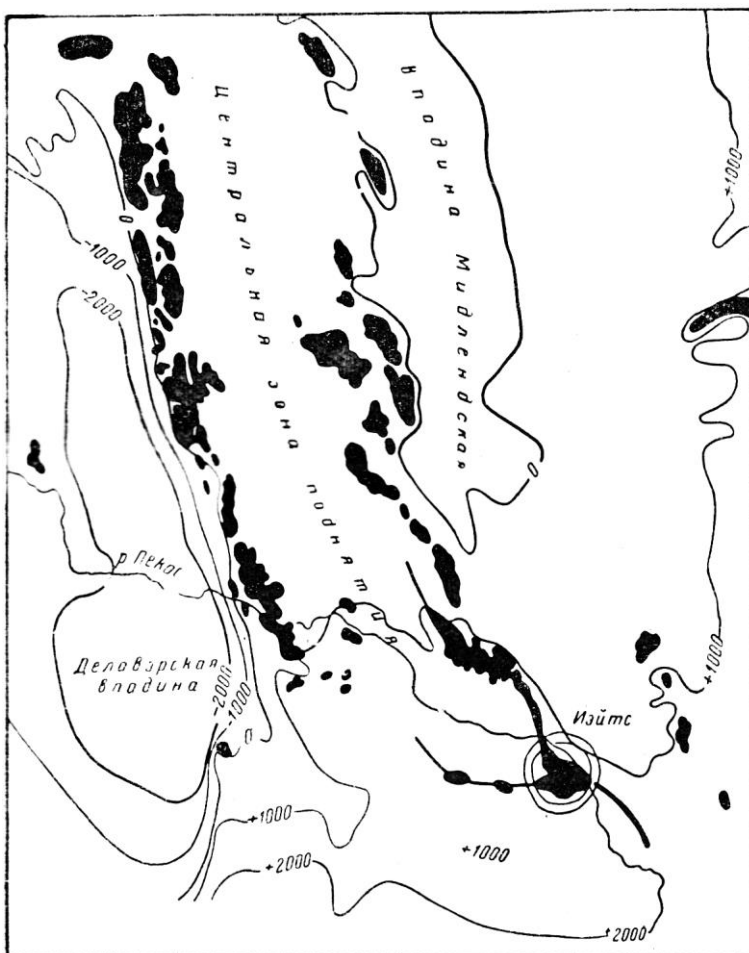


Рис. 7. Схематическая карта расположения главных месторождений нефти в Пермской впадине на западе штата Техас и юго-востоке штата Нью-Мексико (по А. А. Бакирову, 1959).

кавернозные известняки саратогааннона тейлор, также верхнемелового возраста, нефтеносны в другой группе месторождений, расположенной в Северо-Западной Луизиане. Самое большое из этих месторождений Эволле в Сабин-Париш к концу 1952 г. дало 2496 тыс. m^3 нефти. В эту группу входят также месторождения Каддо, Ред Ривер-Булл, Байю, Блу Лейк, Конверс. Верхнемеловые известняки селма дают около четверти добычи на месторождении Гилбертаун в Западной Алабаме.

Нижнемеловые известняки промышленно нефтеносны на месторождении Дарст-Криг в округе Гуадалуп в Юго-Восточном и Центральном Техасе (86).

В южных районах штата Арканзас значительные залежи нефти и газа обнаружены в нижнемеловых и юрских карбонатных коллекторах. Среди юрских особо выделяются региональной нефтегазонасностью отложения свиты смаквер. В юрских карбонатных отложениях значительные залежи нефти открыты также на территории Восточного Техаса. К их числу относится крупная газоконденсатная залежь на месторождении Нью-Хоп в округе Франклин (7).

На полуострове Флорида известны два месторождения нефти – Саниленд и Фелда, эксплуатирующие залежи в нижнемеловых известняках (47).

В Скалистых горах залежи нефти и газа приурочены к отложениям миссисипского и пенсильванского отделов карбона, а также перми, юры, мела и реже третичным. Наряду с песчаниками коллекторами служат закарстованные трещиноватые палеозойские известняки и доломиты свит мэдисон, эмбар, фосфория и др. (7). Известняк мэдисон миссисипского возраста является исключительно нефтеносным в районе Суинпрас Арч северной центральной Монтаны, где его часто называют продуктивным пластом кемпбел (2).

В области Фоур-Корнерс нефть добывается из пенсильванских карбонатных продуктивных горизонтов. Нефтеносны известняки дю-мойн и в частности горизонты дезерт-крик и блафф, образующие рифоподобные массивы. Наиболее крупным является массив на площади Анет, где мощность горизонта дезерт-крик достигает 60 м. На ряде месторождений из пенсильванских известняков и доломитов добывается газ (74).

На многих структурах в результате доюрского закарстовывания каменноугольные известняки мэдисон нижнемиссисипского возраста обладают различной кавернозностью и нефтенасыщенностью. Так, на структуре Кевин-Санбэрст (Монтана) скважины, дающие большое количество нефти из закарстованных известняков, окружены сухими или малодобитыми. В девонских доломитах газ содержит много сероводорода и углекислоты. Закарстованность известняков мэдисон констатирована и на структуре Пондера в том же штате Монтана. Нефть здесь добывается только в 12 м зоны у кровли тонкокристаллического доломитизированного известняка мэдисон, кавернозность которого изменчива в зависимости от степени закарстованности.

Нефть добывается также в структуре Силвертин (Вайоминг) из пермского известняка фосфория.

На площади Боттино (Северная Дакота) нефть извлекается главным образом из известняка мэдисон, срезанного и несогласно перекрытого триасовыми отложениями. Из этого же известняка добывается некоторое количество нефти и в месторождениях Кат Бэнк (Монтана), Нессон (Северная Дакота), Солт Крик, Лост Солджер (Вайоминг). В месторождении Элк Бейсин в штате Вайоминг много нефти добывается из пермского и миссисипского известняков. В месторождении Сидар Крик (Монтана) из кавернозных трещиноватых карбонатных пород миссисипского, силурийского и ордовикского возраста добыто около 1 млн. m^3 нефти. Основными нефтеносными слоями являются ордовикские доломиты (40).

В бассейне Санта-Мария Тихоокеанского побережья основным коллектором является формация монтерей верхнемиоценового возраста, состоящая из трех литологически различных свит. Верхняя представлена плитчатыми кремнистыми сланцами, средняя сложена трещиноватыми кремнистыми известняками, нижняя представлена трещиноватыми известковистыми сланцами. Общая мощность формации монтерей изменяется от нуля до 750 м, а средняя мощность составляет около 450 м. Наилучшим коллектором является трещиноватый кремнистый известняк, из которого получают около 60 % всей нефти бассейна. Средняя проницаемость зоны кремнистых известняков была оценена в 10–15 дарси при максимальных значениях до 35 дарси (86).

Мексика. В Мексике карбонатным коллекторам принадлежит ведущая роль. Знаменательным событием в истории мексиканской нефтяной промышленности было вскрытие скважиной № 3 Сан-Диего, которая более известна как скважина Дос-Бокас, 4 июля 1908 г. на глубине 555,95 м меловых известняков, откуда получен мощный фонтан нефти, на 30 м превысивший высоту буровой вышки. Под давлением нефти и газов из скважины были выброшены обсадные трубы и за несколько минут сметены с лица земли все наземные сооружения. Сплошная газовая завеса поднялась над скважиной, газы воспламенились от топки парового котла, возник опустошительный пожар, который продолжался до августа 1908 г. Огонь был погашен притоком соленых вод. Предполагают, что в период фонтанирования на поверхность выбрасывалось до 32 тыс. м³ нефти в Таким образом, за короткое время, с 4 июля по 30 августа, из скважины было выброшено 1,8 млн. м³ нефти (10). Это, получившее всемирную известность событие, содействовало быстрому развитию работ по добыче мексиканской нефти в пределах Примексиканской краевой впадины.

Коллекторами нефти и газа в отложениях плиоцена, миоцена и олигоцена являются главным образом песчаники; в отложениях эоцена – песчаники и известняки, а в отложениях меловой и юрской систем – известняки. Карбонатным коллекторам принадлежит ведущая роль. С 1901 по 1955 г. в Мексике было добыто около 430 млн. т нефти, в том числе из карбонатных коллекторов более 380 млн. т, или 88,4 %.

Очень высокой продуктивностью отличаются карбонатные коллекторы мелового возраста. Большие начальные дебиты особенно характерны для залежей, приуроченных к трещиноватым известнякам свит эль-абра, тамаулипас и сан-фелипе. Общая мощность продуктивных зон в карбонатных толщах этих свит достигает 200–250 м. Каждая продуктивная зона разделяется пачками плотных плохо проницаемых известняков на несколько самостоятельных продуктивных горизонтов (7).

В области Тампико-Тукспан из карбонатов мелового возраста получено около 90 % всей добычи нефти бассейна (10). Нефть добывается в округах: Эбано-Пануко, Золотой пояс, Поса-Рика и в области впадины Вера-Крус.

Основные продуктивные горизонты на месторождениях округа Эбано-Пануко приурочены к трещиноватым известнякам меловых свит сан-фелипе и тамаулипас. В последние годы крупные залежи нефти открыты в известняках верхней юры – месторождения Тамаулипас, Конституионес и др. (7). Наиболее крупным месторождением округа является Пануко. Здесь 31 % от общего количества продуктивных скважин нефть добывают из известняков нижнего и верхнего горизонтов формации сан-фелипе, 48 % – из формации сан-фелипе или из верхнего горизонта формации тамаулипас и 21 % – из горизонтов, залегающих глубже известняков тамаулипас. Во всех случаях нефтеносными оказывались вторично-пористые известняки. Суммарная добыча месторождения к декабрю 1955 г. составила 53 365 тыс. м³ нефти. Скважины на месторождении высокодебитные. Так, дебиты первой богатой скважины равнялись 800–1600 м³/сут-

ки, из нее было получено 1760 тыс. m^3 нефти; скважина 3 Сурита дала 3360 тыс. m^3 нефти (10). Крупными месторождениями являются также Тамаулипас, Эбано-Чапакао, Конституционес, Корковадо и др. (7).

Округ Золотой пояс. В 1914–1921 гг., когда добыча нефти в Мексике достигла максимума, округ занимал первое место, давая около 60 800 m^3 нефти в сутки. Почти вся нефть добывается из рифовых известняков формации эль-абра. Процессы закарстовывания обусловили значительную вторичную пористость, которая наряду с первичной пористостью определила коллекторские свойства известняков и благоприятные условия для скопления в них нефти. Крупнейшим месторождением округа является Моралильо. Оно приурочено к куполовидному поднятию, сложенному в ядре рифовыми известняками, которые в сводовой части сильно закарстованы. Рифовые известняки этого месторождения по добыче нефти стоят на втором месте в Мексике после месторождения Поса-Рика. Большую часть нефти дают меловые известняки тамабра. Дебит скважины Моралильо на 8-миллиметровом штуцере достигал 6112 m^3 нефти в сутки. С 1948 по 1959 г. на месторождении добыто 1301 тыс. m^3 нефти (10).

Начальные свободные дебиты скважин на месторождениях Хуан-Кассино, Паранжо, Асул и др. достигали нескольких тысяч тонн. На каждом из них было добыто 8–10 млн. m нефти. Главнейшими месторождениями округа являются Паранжо-Серро, Асул, Ордонес, Санта-Агуэда, Акдатема, Моралильо и др.

Округ Поса-Рика в настоящее время дает наибольшее количество нефти. Основные продуктивные горизонты приурочены к рифогенным известнякам свиты тамабра мелового возраста, в которых выделяются две самостоятельные нефтеносные зоны, разделенные пачкой (50–70 m) плотных слабо проницаемых известняков (7). Общая мощность каждой нефтеносной зоны составляет 180–200 m (7).

Главным месторождением округа и всей Мексики является Поса-Рика. Основной его продуктивный горизонт приурочен к среднемеловым известнякам тамабра (10). В 1949 г. 80 % доказанных запасов нефти было приурочено к этому месторождению, дававшему около 60 % общей добычи нефти в стране (33). В 1955 г. месторождение Поса-Рика дало 5,56 млн. m^3 нефти. К 31 мая 1956 г. суммарная добыча составила 103 533 тыс. m^3 нефти и 224 256 млн. m^3 газа (10).

В последнее время в округе открыты богатые залежи в карбонатных отложениях свиты сан андрес нижнего мела на главнейших месторождениях Сан Андрес, Эль-Халацго и др. и верхней юры на месторождениях Гран-Мориос, Индепенденсия, Эскобал и др.

Во впадине Вера-Крус продуктивные горизонты связаны с трещиноватыми верхнемеловыми известняками свиты эскамела. Начальные дебиты скважин из этих отложений достигали 200 т/сутки. Наиболее крупные месторождения области – Ангостура и Касабланка. В последние годы здесь открыты месторождения Трехигуерас, Сан-Пабло, Номалтепек и др. (7).

Венесуэла. На территории Венесуэлы в области Маракайбской впадины промышленные нефтегазоносные горизонты встречаются в отложениях меловой и третичной систем. В третичных отложениях коллекторами служат песчаники, в меловых – главным образом трещиноватые известняки и доломиты, но местами также и песчаники.

В Маракайбской области залежи нефти, связанные с карбонатами, имеются в районах Маракайбо-Мара и Юго-Западном.

Район Маракайбо-Мара. Основные продуктивные горизонты связаны с карбонатными коллекторами свит коголло и ла-луна мелового возраста и с песчаными коллекторами третичной системы. Наиболее крупным месторождением района является Ла-Пас, где богатейшие залежи обнаружены в известняковой нижнемеловой толще свит ла-луна и коголло.

Начальные дебиты некоторых скважин достигали 1200 т/сутки, в то время как начальные дебиты скважин из залежей, приуроченных к песчаным коллекторам третичной системы, не превышали 70–80 т/сутки. Продуктивные горизонты нижнего мела имеют общую мощность около 500 м и характеризуются незначительной первичной пористостью (до 2–3%). Большие дебиты скважин объясняются главным образом высокой степенью трещиноватости известняков. Крупные залежи нефти в карбонатных отложениях нижнего мела имеются также на месторождениях Консепсьон, Боскани, Мара (рис. 8) и др.

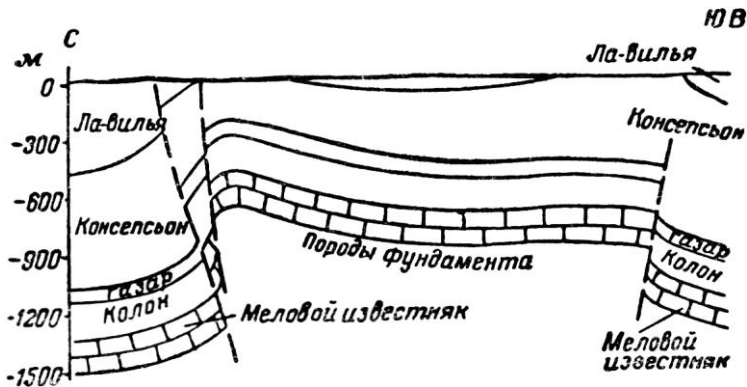


Рис. 8. Разрез через месторождение Мара (по А. А. Бакирову, 1959).

Залежи нефти на месторождениях Юго-Западного района незначительны. Получаемая из них нефть составляет 2% добываемой в Маракаибской области. Продуктивные горизонты приурочены к карбонатным отложениям свиты урибанте мелового возраста и песчаным коллекторам эоцена (7, 55, 101).

Колумбия. В Колумбии залежи нефти, связанные с карбонатными коллекторами, имеются в областях Маракаибской и Прикарибской впадин.

Область Маракаибской впадины. Маракаибская область по добыче нефти стоит на втором месте в Колумбии. Продуктивные горизонты обнаружены в третичных и меловых отложениях. В меловых отложениях коллекторами служат трещиноватые известняки (свиты ла-луна, коголло и урибанте), а в третичных – песчаники. Главными месторождениями являются: Тибу, Петролера, Рио-де-Оро, Сукуава.

Область Прикарибской впадины. Основной продуктивный горизонт на месторождениях Дифисил и Сикус в Прикарибской впадине приурочен к толще карбонатных пород олигоценного возраста, залегающей непосредственно на породах фундамента на глубине 1600–1800 м. Мощность продуктивной части коллектора около 10 м (7, 53).

* * *

На этом мы закончим рассмотрение нефтегазоносности карбонатных коллекторов зарубежных стран. Работа не претендует на полноту, так как в литературе все время появляются новые данные. Мы поставили своей целью показать

широкое распространение этих коллекторов. Некоторая схематичность характеристик многих территорий была обусловлена небольшим размером статьи, освещающей столь обширную территорию, а зачастую и неполнотой литературных данных.

Как уже указывалось, работа была предпринята для установления роли карста в формировании коллекторов. Проведенные ранее исследования (65), а также настоящая статья расширили наши представления.

Карбонатные отложения в периоды континентальных перерывов в осадконакоплении закарстовывались. Процесс этот с разной интенсивностью продолжался и после погружения ниже уровня моря. Возникает и противоположный процесс – заполнения карстовых каверн и других полостей. Немалую роль здесь играет кальцитизация. При этом из подземных вод выпадал карбонат кальция, попавший в них в результате предшествующего карстового выщелачивания. Учитывая огромные суммарные объемы полостей карбонатных отложений, можно утверждать, что подземная кальцитизация в районах нефтяных и газовых месторождений по своим масштабам во много раз превосходит более изученный карбонатный литогенез пещер и других карстовых полостей зоны гипергенеза.

Не рассматривая все разнообразие глубинного карста, формирование которого было начато во время континентальных перерывов, по условиям сохранности и залегания можно выделить следующие шесть типов.

I тип б р о н и р о в а н н о г о карста, когда над карбонатной толщей сохранилась древняя кора выветривания. В СССР она была установлена и изучена М. Ф. Филипповой (65). При последующей трансгрессии часть коры выветривания была абрадирована и унесена. Однако, предохраненные от размывания оставшимися продуктами выветривания, подстилающие карстовые полости сохранились полностью. Во время континентального перерыва они были частично выполнены натечными и обломочными отложениями.

Этот тип погребенного карста легко выделяется по наличию древней перекрывающей, бронирующей толщи коры выветривания.

II тип с волнистой поверхностью закарстованного массива. Перекрывающие морские отложения залегают на лишенной коры выветривания слабо расчлененной закарстовыванием поверхности карбонатных пород. Это чередование карманов и бугров может быть крупными каррами, карстовыми воронками и другим формами. В карстовых пони-

жениях иногда сохраняются и продукты выполнения различного происхождения. В литературе такая поверхность обычно описывается как обладающая карманами размыва (!) и бугристым рельефом.

III тип о с т а н ц о в ы й . Это погребенные карбонатные карстовые останцы, перекрытые более молодыми отложениями. Этот тип был подробно освещен одним из авторов (61, 64–66). По величине останцов он может быть разделен на несколько подтипов. В перекрывающей толще возникают экзоструктуры облекания различного масштаба.

По-видимому более редким является IV тип б р о н и р о в а н н ы х о с т а н ц о в . Он ранее уже был показан на примере Западного внутреннего бассейна США. Здесь на склонах погребенных карстовых останцов залегает так называемый горизонт уэлч. Это рыхлая щебенка в кровле миссисипских известняков представляет своеобразный конгломерат, именуемый также и «остаточной кремнистой породой». Возникла эта кора выветривания мощностью до 50 м во время допенсильванского континентального перерыва, как остаточный продукт выветривания миссисипских кремнистых известняков. Там, где этот конгломерат содержит нефть и газ, он называется горизонтом уэлч.

V тип – р и ф о в ы й . Это погребенные рифы, перекрытые более молодыми отложениями. Они освещены в работах автора (63, 65). Как и в III типе в перекрывающей толще возникают экзоструктуры облекания с различной высотой. Ранее уже указывалось, что в ряде случаев карбонатные останцы являются отпрепарированными рифами (61, 65). Это переходные образования между типами III и V.

VI тип а б р а з и о н н ы й . Под трансгрессивно залегающей верхней толщей залегают абрадированные закарстованные карбонатные отложения. При медленном опускании некогда возвышавшегося закарстованного во время континентального перерыва массива верхняя часть его была уничтожена абразией. Под перекрывающей толщей здесь залегает уцелевшая нижняя часть. Этот тип имеет широкое распространение. Поверхность погребенных карбонатных отложений почти не расчленена. Карст выражается только в виде каверн и реже других полостей внутри толщи. В результате выщелачивания карстовыми водами происходила и доломитизация. В зависимости от площади развития континентальных условий возникают локальные или регионально-каверновые коллекторы. Расширение их подземными водами продолжается и в дальнейшем под трансгрессивно перекрывающей толщей. Отсутствие расчлененного рельефа и был

причиной тому, что этот тип коллекторов долгое время не считали карстовым.

Возможны и другие типы поверхности погребенного карста.

В карбонатных отложениях можно различать следующие основные типы коллекторов: поровые, каверновые, трещинные, порово-каверновые, порово-трещинные, каверново-трещинные, порово-каверново-трещинные, сутуро-стилолитовые и другие. К сожалению, характер настоящей работы, а также имеющиеся материалы не позволили более подробно остановиться на этом вопросе.

ВЫВОДЫ

1. Карбонатные отложения широко развиты в палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложениях. Карбонатные коллекторы нефти и газа имеются во многих нефтегазоносных провинциях. Наибольшая концентрация нефтяных и газовых месторождений, связанных с карбонатными отложениями, отмечается в районах, прилегающих к Мексиканскому заливу и Карибскому морю, а также в странах Среднего и Ближнего Востока. Распределение промышленных скопления нефти и газа на земном шаре показано на рис. 9. Значительные скопления нефти и газа содержат также карбонаты в Западной Канаде, Ливии, Западной Европе.

2. Промышленные залежи нефти и газа находятся в карбонатных коллекторах от ордовика до неогена. Однако запасы в них распределены неравномерно.

Карбонатные коллекторы ордовика содержат большие скопления нефти и газа во многих месторождениях США. Дебиты отдельных скважин нередко превышают 1000 т нефти и 1 млн. m^3 газа в сутки.

Силурийские известняки и доломиты высокопродуктивны также в США (штаты Онтарио, Индиана, Кентукки и Иллинойс). Небольшие залежи нефти в силурийских карбонатных породах имеются в Канаде и в Скалистых горах (США).

Девонские карбонатные отложения слагают породу-коллектор большого числа нефтяных месторождений США и Канады. На ряде месторождений США притоки нефти из девонских карбонатных коллекторов в отдельных скважинах превышают 1 тыс. т в сутки.

Залежи нефти и газа в карбонатах каменноугольной системы имеются в большом числе нефтегазоносных областей США и Канады. Дебиты скважин из них на некоторых месторождениях США свыше 1 тыс. т нефти и 1 млн. m^3 газа в сутки.

Пермские карбонатные коллекторы нефтегазоносны в США, Саудовской Аравии, ФРГ и ГДР, Нидерландах, Англии. Исключительной нефтегазоносностью отличаются они в Пермском бассейне США, где дебиты скважин достигали 25 тыс. *m* нефти в сутки.

Роль триасовых карбонатных коллекторов в добыче нефти и газа зарубежных стран невелика. Наиболее значительные залежи нефти, приуроченные к ним, имеются в Ираке и Италии. Небольшие промышленные скопления нефти и газа разведаны в Румынии, Болгарии и Китае.

Юрские карбонатные отложения содержат богатые залежи нефти и газа в странах Среднего и Ближнего Востока и Франции. Меньшие залежи установлены в Израиле, Марокко, США, Мексике, ФРГ.

Карбонатные коллекторы мелового возраста в зарубежных странах наиболее распространены. Они высокопродуктивны на Среднем и Ближнем Востоке, в Африке, Мексике, Колумбии, Венесуэле.

Широкое распространение и огромное значение в добыче нефти и газа зарубежных стран имеют также залежи, приуроченные к карбонатным коллекторам третичной системы. Особенно велика их роль на Среднем и Ближнем Востоке, где в известняках асмари и «главном известняке» заключены колоссальные ресурсы нефти. Стратиграфическое распределение нефтегазоносных коллекторов приведено в таблице 2. Таблица показывает, что пока в Зарубежной Азии, Зарубежной Европе и Африке нефть и газ добываются из карбонатных отложений не древнее перми*. В Северной Америке преобладает нефтегазоносность палеозойских отложений и только на побережье Мексиканского залива и в Флориде – мезозойских, а в Тихоокеанской геосинклинали – неогеновых. В Мексике и Южной Америке эксплуатируются мезокайнозойские залежи.

3. Карбонатные коллекторы содержат половину мировых запасов нефти, к ним приурочено более 60 % добываемой в настоящее время нефти на земном шаре. В капиталистических странах с ними связано 50 % запасов крупнейших месторождений газа. В нефтегазоносных областях Среднего и Ближнего Востока, Канады, Мексики, Ливии в карбонатах заключены основные ресурсы нефти и газа. Богатые залежи нефти и газа имеются также во многих нефтяных районах США, Аквитанском бассейне Франции, Североευропейском платформенном бассейне Германии.

* В Ливии уже получены притоки нефти из нижнепалеозойских доломитов.

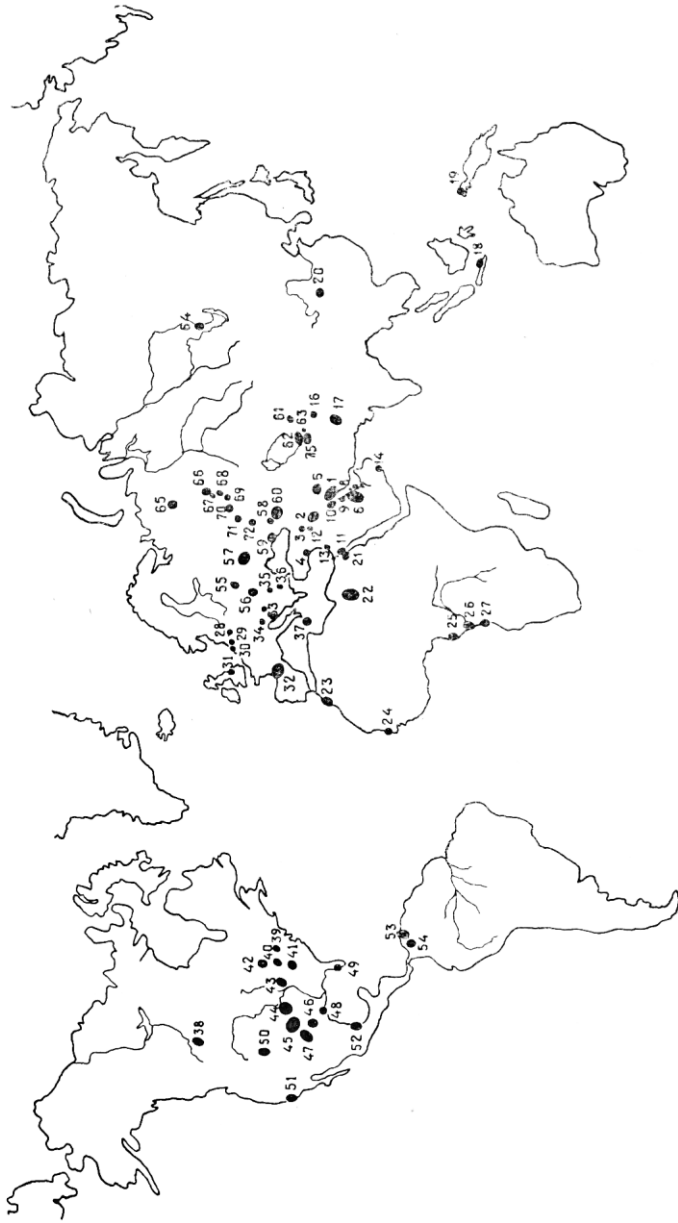


Рис. 9. Распределение месторождений нефти и газа на земном шаре, связанных с карбонатными коллекторами: 1 – Ага-Джари, Юго-Западный Иран; 2 – Киркук, Северный Ирак; 3 – Диярбакыр, Юго-Восточная Турция; 4 – Балгардаг, Юго-Западная Турция; 5 – Алборц, Центральный Иран; 6 – Гхавар, Саудовская Аравия; 7 – Духан, п-ов Катар; 8 – Бахрейн, о-в Бахрейн; 9 – Вафра, Нейтральная зона и Кувейт; 10 – Зубаир, Южный Ирак; 11 – Судр, ОАР; 12 – Хамзах, Сирийский район ОАР; 13 – Неджеб, Израиль; 14 – Уим-Шайф, Трусильское побережье; 15 – Етымтаг, Афганистан; 16 – Балкассар, Пакистан; 17 – Суи, Синдская область; 18 – м-ния о-ва Ява; 19 – Кламоно, Западный Ириан; 20 – Шиогоу, Китай; 21 – Белаим, Красноморский бассейн ОАР; 22 – Целтен, Ливия; 23 – Хариша, Марокко; 24 – Дьям Ньяде, Сенегал; 25 – Кап-Лопес, Габон; 26 – Пуант-Эндиен, Конго (столица Браззавиль); 27 – Тобиа, Ангола; 28 – Райнкенхаген, ГДР; 29 – Хейде, ФРГ; 30 – м-ния Нидерланд; 31 – Эскдейл, Великобритания; 32 – Лак, Франция; 33 – Надльендель, Венгрия; 34 – м-ния Австрии; 35 – Хирлаешь, Румыния; 36 – Тюленевское, Болгария; 37 – Рагуза, Италия; 38 – Ледюк, Канада.

Месторождения США: 39 – Биг Синкинг, Аппалачская впадина; 40 – м-ния Лима-Индианы; 41 – м-ния Кемберлендской седловины; 42 – Лайма, Мичиганский бассейн; 43 – Сзлем, Восточный внутренний бассейн; 44 – Хьюгтон, Западный внутренний бассейн; 45 – Пенхендл, провинция Вичита-Амарилло; 46 – Рэнджер, свод Бенд; 47 – Ейтс, Пермский бассейн; 48 – Персолл, побережье Мексиканского залива; 49 – Саниленд, Флорида; 50 – Суинпрас Арч, Скалистые горы; 51 – м-ния Тихоокеанского побережья; 52 – Поса-Рика, Мексика; 53 – Ла Пас, Венесуэла; 54 – Тибу, Колумбия.

Месторождения СССР: 55 – Речицкое, Белоруссия; 56 – Рудки, Западная Украина; 57 – Шебелинское, Восточная Украина; 58 – Прасковейское, Ставропольский край; 59 – Зыбза, Краснодарский край; 60 – Карабулак-Ачалуки, Чечено-Ингушская АССР; 61 – Шор-Су, Ферганская впадина; 62 – Мамаджургаты, Бухаро-Хивинская депрессия; 63 – Кичик-Бель, Таджикская депрессия; 64 – Марковское, Вост. Сибирь; 65 – Западно-Тэбукское, Коми АССР; 66 – Осинское, Пермская область; 67 – Шугуровское, ТАССР; 68 – Канчуриновское – БАССР; 69 – Могутовское, Оренбургская область; 70 – Кулешовское, Куйбышевская область; 71 – Соколовгородское, Саратовская область; Бахметьевское, Волгоградская область.

Таблица 2

Стратиграфическое распределение нефтегазоносности карбонатных коллекторов в зарубежных странах (н – нефть, г – газ)

Континенты	Страны и нефтегазоносные провинции	Возраст нефтегазоносных отложений						Континенты	Страны и нефтегазоносные провинции	Возраст нефтегазоносных отложений									
		Пермь	Триас	Юра	Мел	Палеоген	Неоген			Ордовик	Силур	Девон	Карбок	Пермь	Триас	Юра	Мел	Палеоген	Неоген
Средний и Ближний Восток. Азия	Юго-Западный Иран			нг	нг	н	н	ЕВРОПА	ГДР					нг					
	Северный Ирак				н	н	н		ФРГ					г	н	н			
	Юго-Восточная Турция				н				Нидерланды					г					
	Юго-Западная Турция						н		Англия					г					
	Центральный Иран					нг	нг		Франция							нг	нг		
	Саудовская Аравия	н	н	н	н				Венгрия						н		н		н
	Катар			н					Австрия										н
	Бахрейн			г	н				Румыния								нг		
	Нейтральная зона и Кувейт				н	н			Болгария						нг		н		
	Южный Ирак				н				Италия						нг				н
ОАР	Синайский полуостров					н		Северная Америка США	Канада		н	н	н						
	Сирийский район								Аппалачинская провинция	г	нг	нг	н						
		Цинциннатский свод								Мичиганский бассейн	нг	нг	нг	н					
											нг								

Средний и Ближний Восток. Азия	Израиль			г						Восточный внутренний бассейн	н		н	н						
	Трусильское побережье и Оман				н					Западный внутренний бассейн	нг	н	н	нг	г					
	Афганистан					нг				Провинция Вичита-Амарилло	н			нг	нг					
Восточная Азия и Океания	Пакистан						н			Свод Бенд	нг			нг						
	Синдская область						г			Пермский бассейн	н		н	нг	нг					
	Индонезия							н		Побережье мексиканского залива							нг	нг		
	Китай		нг							Флорида								н		
Африка	ОАР. Красноморский бассейн							н		Скалистые горы	н	н	нг	нг	н					
	Марокко				нг					Провинция Тихоокеанской геосинклинали									н	
	Сенегал					н				Мексика						н	н	н		
	Габон						н	н		Южная Америка										
	Конго (столица Браззавиль)					н			Венесуэла								н			
	Ангола					н			Колумбия								н	н		
	Ливия *)					н	н													

*) Получены притоки из нижнепалеозойских доломитов

4. Ряд нефтегазоносных толщ в карбонатных отложениях, таких как свиты асмари, «главный известняк», араб на Среднем и Ближнем Востоке, толщи сан андрес, клирфорк, биг лайм, арбокл, элленбэргер, вайола, трентон, ниагара и корниферус в США, палеогеновые и верхнемеловые известняки в Ливии, меловые отложения в Мексике и Венесуэле, юрские и меловые известняки и доломиты во Франции и др., отличаются региональной нефтегазоносностью и сосредоточением в них колоссальных ресурсов нефти и газа.

5. В некоторых нефтегазоносных провинциях с карбонатными коллекторами связаны месторождения-гиганты. Наибольшее количество таких месторождений сосредоточено на Среднем и Ближнем Востоке (таблица 3).

Т а б л и ц а 3

Месторождения-гиганты, связанные с карбонатными коллекторами

Месторождение	Нефтегазоносная провинция, страна	Запасы		Суммарная добыча	
		нефти, млн. т	газа, млрд. м ³	млн. т	период, год
Ага-Джари	Юго-Западный Иран			>180	1945–1960
Хафтгель	«			171,6	1928–1960
Киркук	Северный Ирак			273	1934–1960
Гхавар	Саудовская Аравия			264,6	1950–1960
Абкайк	«			224	1943–1960
Духан	п-ов Катар			58	1949–1960
Бахрейн	о. Бахрейн			31,1	1933–1960
Целтен	Ливия	2000			
рифы Кэпитен	Пермский бассейн, США	390			
Пенхендл-Хью-готон	США		1981		
Оклахома-Сити	США			101	
Пануко	Мексика			>53	к 1/1-55 г.
Поса-Рика	«			103,5	к 31/V-56 г.
Суи	Центральный Иран		130–140		
Лак	Франция		392		

6. Залежи нефти и газа, заключенные в карбонатных коллекторах, часто оказываются высокопродуктивными. Деби-

Т а б л и ц а 4

Месторождения с высокими дебитами скважин из карбонатных коллекторов

Месторождение	№ № скважины	Нефтегазоносная провинция, страна	Дебит нефти		Дебит газа, млн. м ³ /сут.	Примечания
			м ³ /сут.	т/сут.		
Ага-джари		Юго-Западный Иран		2601		Среднее по 33 скв.
Хафтгель		«		1100		Среднее по 20 скв.
Киркук		Северный Ирак		1934		Среднее по 44 скв.
Бай Гассан		«		1500		
Джамбур		«		2000		
Гхавар		Саудовская Аравия		1120		Среднее по 86 скв.
Абкайк		«		2400		
Алборц		Центральный Иран	>13000			Открытый фонтан
Кум		«		>10000		Дебит скв. открыват.
Суи	1	«			2,5	
Суи	3	«			3,3	
Етымтагское и Хеджаугердакское		«			1,4	
Целтен		Ливия	2780			
Дахра		«		2335		
Эссо		«		2001		
Сэлем		США		4000		

Продолжение таблицы 4

Месторождение	№№ скважины	Нефтегазоносная провинция, страна	Дебит нефти		Дебит газа, млн.м ³ /сут.	Примечания
			м ³ /сут.	т/сут.		
Эйтс		США		25000		
Хендрик		«		13000		
Хоббз		«		3000		
Кэпитен		«			4,0	
Хьюготон		«			2,0	
Пенхендл		«			3,0	
Эльдorado		«		2250		
Рэнджер		«		1500		
Сан-Диего	3	Мексика	32000			Открытый фонтан
Моралильо	6	«	6112			
Район Маракайбо-Мара		Венесуэла		1600		
Паренти		Франция		2550		
Рудки		СССР			4,4	
Шебелинское		«			1,4	
Карабулак-Ачалукское		«		2000		
Мамаджургаты		«			2,5	
Хаджихайдрали		«			1,4	
Яблоневское		«			1,3	
Марковское	1	«		>1000		

ты отдельных скважин в ряде случаев превышают тысячу (а иногда и десятки тысяч) тонн нефти и миллион кубометров газа в сутки (таблица 4). Подобные притоки из терригенных коллекторов являются редким исключением.

7. Залежи нефти и газа в карбонатных коллекторах приурочены:

а) к валоподобным поднятиям и антиклинальным структурам (структурные залежи), залежи этого типа весьма многочисленны;

б) рифовым массивам (рифовые залежи), примерами подобного типа могут служить залежи на месторождениях Западной Канады, Пермского бассейна в США, Мексики, Ливии, Новой Гвинеи;

в) зонам стратиграфических несогласий (стратиграфические залежи). Стратиграфические залежи нефти и газа наиболее распространены в США, примером является залежь нефти на крупном месторождении США Оклахома-Сити;

г) зонам литологического замещения коллекторов по восстанию плотными непроницаемыми породами (литологические залежи), к такому типу относится залежь газа на крупнейшем месторождении земного шара Хьюгтон.

Особой разновидностью литологических залежей, по-видимому, являются залежи, приуроченные к зонам регионального развития доломитизации и карстовым воронкам. К зоне регионального развития доломитизации приурочено крупное месторождение нефти в США Дип Ривер. Залежь нефти, связанная с погребенными карстовыми воронками, обнаружена на месторождении Сент Луис в США.

8. Большое число залежей нефти и газа связано с перерывами в осадконакоплении, сопровождающимися закарстовыванием карбонатных отложений. К ним приурочены огромные скопления нефти в свите асмари в Месопотамской впадине и зоне араб в восточных областях Аравийской платформы. Наиболее четко эта связь зафиксирована в многочисленных месторождениях США.

9. Коллекторы нефти и газа в карбонатных отложениях бывают как первичными, так и вторичными. Последним принадлежит ведущая роль. Вторичные коллекторы, образовавшиеся в результате карстования, растрескивания и доломитизации карбонатных отложений, широко распространены и часто высокопродуктивны. Среди вторичных коллекторов особое место занимают карстовые коллекторы, которые дают более половины нефти, извлекаемой из карбонатов. Наиболее типичными примерами являются карстовые коллекторы месторождений нефти и газа в Пермском бассейне США, Ли-

вии, Мексике, Канаде и др. Трещинные и карстово-трещинные коллекторы наиболее распространены на месторождениях Среднего и Ближнего Востока и в других районах. Однако часто к трещинным без достаточных на то оснований ошибочно относят и карстовые коллекторы.

Изучение закономерностей формирования и распространения карбонатных коллекторов зарубежных стран поможет более рационально вести поиски нефти и газа в подобных коллекторах в СССР.

Институт карстологии и спелеологии

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамович Ю. М. Геохимия и полезные ископаемые карста. Специальные вопросы карстологии, М., 1962.
2. Апресов С. М., Якубов А. А. Нефтяные месторождения зарубежных стран. Гостоптехиздат, М., 1948.
3. Атанасов А. Постижения в Тусенето на нефть и газ в Болгарии. География, № 8, София, 1962.
4. Бадахшан, Абай И., Джафари Р., Гахремани К. История и разработка месторождений Алборц и Сараджех в Центральном Иране. Докл. на VI международном нефтяном конгрессе. Инженер-нефтяник, № 6, Гостоптехиздат, М., 1963.
5. Байгк Г. Нижнесаксонский бассейн западнее Эмса. Нефтегазоносные площади Федеративной республики Германии. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. II, страны Европы и Турция, Гостоптехиздат, М., 1959.
6. Бакиров А. А. Геология нефтегазоносных областей и нефтяные месторождения Среднего и Ближнего Востока. Гостоптехиздат, М., 1957.
7. Бакиров А. А. Нефтегазоносные области Америки. Гостоптехиздат, 1959.
8. Бакиров А. А., Пронина А. М. Нефтегазоносные области Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии. Геологические условия регионального нефтегазоаккумуляции, Госгеолтехиздат, М., 1962.
9. Белл А. Х., Визерспун П. А., Хаутоу Г. Х. Нефть и газ в Иллинойском и Мичиганском бассейнах Соединенных Штатов Америки. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. III, Северная и Южная Америка, Гостоптехиздат, М., 1959.
10. Бенеvides Л. О нефтяной геологии Мексики. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. III, Северная и Южная Америка, Гостоптехиздат, М., 1959.
11. Бенео Л. Разведка нефти в Южной Италии. V Международный нефтяной конгресс, т. I, Геология и геофизика, Гостоптехиздат, М., 1961.
12. Бенц А. Нефтегазоносные площади Федеративной республики Германии, введение. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. II, страны Европы и Турция, Гостоптехиздат, М., 1959.
13. Бергис Р. Д. Нефть в синклиналиях. ГОСИНТИ, геология, М., 1961.
14. Берман Рольф Б. Рейтбррок и Макельфельд – два месторождения нефти в окрестностях Гамбурга, связанные с соляными куполами. Нефтегазоносные площади Федеративной республики Германии. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. II, страны Европы и Турция, Гостоптехиздат, М., 1959.

15. Бишаи Н. З. Промышленные подземные воды побережья Суэцкого залива. Геология и разведка, № 2, 1965.
16. Броньон Г., Веррье Г., Массон Р. Соляная тектоника седиментационного бассейна Куанза в Анголе. V Международный нефтяной конгресс, т. I, Геология и геофизика, Гостоптехиздат, М., 1961.
17. Варенцов М. И., Рябухин Г. Е. Нефть Сахары. Знание. 1962.
18. Варенцов М. И., Рябухин Г. Е., Грамека Т. Г., Кузнецов А. С. Новые нефтегазоносные области Северной Африки на территории Ливии. Геология нефти и газа, № 6, 1961.
19. Варенцов М. И., Рябухин Г. Е., Кузнецов А. С. Западно-Африканская нефтегазоносная провинция. Геология нефти и газа, № 2, 1962.
20. Васильев В. Г., Еловигов С. И., Ханин А. А. Коллекторские свойства нефтегазоносных и перспективных на нефть и газ горизонтов на территории СССР. Нефтегазовая геология и геофизика, вып. 6, 1963.
21. Вебер Г. Нефтеносная площадь Хейде. Нефтегазоносные площади Федеративной республики Германии. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. II, страны Европы и Турция, Гостоптехиздат, М., 1959.
22. Верерт Ф., Успенская Н. Ю. Результаты разведки на нефть и газ в Германской Демократической Республике. Вопросы геологии нефти и газа. Тр. МИНХ и ГП, вып. 25, Гостоптехиздат, М., 1959.
23. Виссар В. А., Клейбер К. Е. Геологическое строение полуострова Вогелкоп (Новая Гвинея). V Международный нефтяной конгресс. т I, Геология и геофизика, Гостоптехиздат, М., 1961.
24. Вудворт Г. П. Геологическое строение нефтяных и газовых месторождений Аппалачского района. XX МГК. Материалы по геологии нефти. т. III, Северная и Южная Америка, Гостоптехиздат, М., 1959.
25. Высоцкий И. В. Крупнейшие газовые месторождения капиталистических стран. Геология нефти и газа, № 11, 1961.
26. Газовая промышленность Нидерландов и Бельгии. Газ. пром., № 3, 1959
27. Гайдорн Ф. Газоносное поднятие Бентгайм. Нефтегазоносные площади Федеративной Республики Германии. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. II, страны Европы и Турция, Гостоптехиздат, М., 1959.
28. Галлуп В. Нефтяное месторождение Тернер-Валли. Географическое и геологическое распределение нефти и газа в Канаде. XX МГК Материалы по геологии нефти, т. III, Северная и Южная Америка, Гостоптехиздат, М., 1959.
29. Геерман О. Нижнесаксонский бассейн между Везером и Эмсом. Нефтегазоносные площади Федеративной республики Германии. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. II, страны Европы и Турция Гостоптехиздат, М., 1959.
30. Геологические условия залегания нефти и газа в Ираке. XX МГК Материалы по геологии нефти, т. IV, Азия, Австралия, Океания, Африка, Гостоптехиздат, М., 1959.
31. Геологическое строение и нефтегазоносность о. Сицилия (Италия). Обзор зарубежной литературы, серия нефтегазовая геология и геофизика, М. 1963.
32. Геология и нефтегазоносность Ирана. Обзор зарубежной литературы, серия геология и геофизика, М., 1963.
33. Геология нефти, справочник, т. I. Основы геологии нефти. Гостоптехиздат, М., 1960.
34. Горбачев В. Ф. Новое нефтегазовое месторождение ГДР – Райнкенхаген. Геология нефти и газа, № 4, 1964.

35. Граф Л. Состав нефтей Задунайской области ВНР и их происхождение. Геология нефти и газа, № 2, 1961.
36. Гужов С. С. Геология и нефтеносность Габона. Нефтегазовая геология и геофизика, вып. 5, 1963.
37. Даунинг Дж. Рифовая зона Римбей-Сент-Альберт. Географическое и геологическое распределение скоплений нефти и газа в Канаде. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. III, Северная и Южная Америка, Гостоптехиздат, М., 1959.
38. Дахнов В. Н., Галимов Э. М. О карстовом типе пористости продуктивных карбонатных отложений. Геология нефти и газа, № 2, 1960.
39. Дахнов В. Н., Лебедев А. П. Значение глубинного карста для геологии нефти. Карст и его народнохозяйственное значение. М., 1964.
40. Добин К. Е. Геологические условия залегания нефти и газа в области Скалистых гор. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. III, Северная и Южная Америка. Гостоптехиздат, М., 1959.
41. Доленко Г. Н. Геология нефти и газа Карпат. Изд. АН Укр. ССР, Киев, 1962.
42. Елин Н. Д. О поисках нефти и газа в районе Северного моря. Нефтегазовая геология и геофизика, № 4, 1965.
43. Калей Ж. Ф. Нефть в Западной Канаде. IV Международный нефтяной конгресс, т. I, геология нефтяных и газовых месторождений, Гостоптехиздат, М., 1956.
44. Калинин С. И. Современное состояние запасов, добычи и потребления нефти и природного газа в странах Юго-Восточной Азии. Нефтегазовая геология и геофизика, вып. 2, 1963.
45. Калинин М. К. Некоторые результаты поисков нефти и газа в капиталистических странах. Геология нефти и газа, № 6, 1962.
46. Калинин М. К. Основные результаты поисков нефти и газа за 1961 г. в капиталистических странах. Геология нефти и газа, № 2, 1963.
47. Калинин М. К. Результаты поисков нефти и газа в 1963–1964 гг. в некоторых зарубежных странах. Геология нефти и газа, № 7, 1965.
48. Каррютше Ж., Фарандо А., Виньо М., Вальтерс Р. П. Открытие нефтяного месторождения Паренти на юго-западе Франции. IV Международный конгресс, т. I, Геология нефтяных и газовых месторождений, Гостоптехиздат, М., 1956.
49. Картай Г. Месторождения нефти и газа Венгрии. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. II, страны Европы и Турция, Гостоптехиздат, М., 1959.
50. Кафка Ф. Т., Киркбриде Р. К. Нефтяное месторождение Рагуза (Сицилия). V Международный нефтяной конгресс, т. I, Геология и геофизика, Гостоптехиздат, М., 1961.
51. Кертаи Д. Краткий обзор осадочных бассейнов ВНР с точки зрения нефтяной геологии. Геология нефти и газа, № 1, 1962.
52. Козлов В. П. Нефтяные и газовые месторождения Италии. Геология нефти и газа, № 10, 1959.
53. Краткий справочник по минеральным ресурсам капиталистических стран. Америка. Госгеолтехиздат, М., 1961.
54. Краткий справочник по минеральным ресурсам капиталистических стран. Европа. Госгеолтехиздат, М., 1962.
55. Кузнецов А. С., Севостьянов К. Н. Нефтегазоносные бассейны Южной Америки. Разведка и охрана недр, № 5, 1964.
56. Кучапин А. В. Нефтегазоносность Западного Ирана. Геология нефти и газа, № 10, 1963.
57. Леворсен А. И. Геология нефти. Гостоптехиздат, М., 1958.
58. Лещинер Р. Е. Газовая промышленность Нидерландов. Газовая промышленность, № 8, 1964.

59. Мак-Корд К., Даунинг Дж. Пембина. Географическое и геологическое распределение скоплений нефти и газа в Канаде. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. III, Северная и Южная Америка. Гостоптехиздат, М., 1959.

60. Максимович Г. А. Режим нефтяного месторождения Верхне-Чусовские городки. Азерб. нефт. хоз. № 5, 1935.

61. Максимович Г. А. Основы карстологии, т. I, Пермь, 1963.

62. Максимович Г. А. Карст Африки. Гидрогеология и карстология, вып. 2, Пермь, 1964.

63. Максимович Г. А. Нефть и газ палеокарстовых полостей рифов. Карст и его народнохозяйственное значение, М., 1964.

64. Максимович Г. А., Армишев В. М. Палеокарстовые останцовые коллекторы нефти. Татарская нефть, № 4, Альметьевск, 1962.

65. Максимович Г. А., Армишев В. М. Палеокарстовые коллекторы нефти и газа. Гидрогеология и карстология, вып. I, Пермь, 1962.

66. Максимович Г. А., Армишев В. М. Палеокарстовые коллекторы нефти и газа. Проблемы нефтеносности карбонатных коллекторов Урало-Поволжья, Бугульма, 1963.

67. Максимович Г. А., Быков В. Н., Зуев А. С. Палеокарстовые коллекторы нефти турнейского яруса Ярино-Каменноложского месторождения. Геология и разработка нефтяных месторождений. Пермь, 1965.

68. Мандев П. Д. Новые данные о нефтеносности Нижнедунайской впадины. Нефтегазовая геология и геофизика, вып. 4, 1963.

69. Мартин Р. Изучение палеогеографии ряда районов Западной Канады. ГОСИНТИ, М., 1962.

70. Мишель П., Гарро Б. Аквитанский бассейн. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. II, страны Европы и Турция, Гостоптехиздат, М., 1959.

71. Нефтегазовые площади Федеративной республики Германии, резюме. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. II, страны Европы и Турция, Гостоптехиздат, М., 1959.

72. Нефть и газ в Юго-Западном Иране. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. IV, Азия, Австралия, Океания, Африка, Гостоптехиздат, М., 1959.

73. Оленин В. Б., Соколов В. А. Распределение природного газа на земном шаре. Нефтегазовая геология и геофизика, вып. 3, 1963.

74. Петерсон Дж. А. Геология и нефтегазоносность области Фоур-Корнерс. V Международный нефтяной конгресс, т. I, Геология и геофизика. Гостоптехиздат, М., 1961.

75. Пэган Ж., Рэйр Д. Месторождения нефти Габона и бассейна Конго. V Международный нефтяной конгресс, т. I, Геология и геофизика, Гостоптехиздат, М., 1961.

76. Рихтер-Берибург Г., Шотт В. История формирования соляных куполов и их значение для образования залежей нефти в северо-западной Германии. V Международный нефтяной конгресс, т. I, Геология и геофизика, Гостоптехиздат, М., 1961.

77. Рокко Т. Необычное месторождение Джела в Сицилии. V Международный нефтяной конгресс, т. I, Геология и геофизика, Гостоптехиздат, М., 1961.

78. Сводка по геологии месторождений нефти и газа Катара. XX МГК. Материалы по геологии нефти, т. IV, Азия, Австралия, Океания, Африка, Гостоптехиздат, М., 1959.

79. Слинджер Ф. К. П., Кричтон Д. Г. Геологическое строение и история разведки и разработки месторождения Гачсаран в Юго-За-

падном Иране. V Международный нефтяной конгресс, т. I, Геология и геофизика. Гостоптехиздат, М., 1961.

80. Современное состояние поисковых и геологоразведочных работ на нефть и газ в Африке. Обзор зарубежной литературы, М., 1963.

81. Страхов Н. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. Гостоптехиздат, М., 1963.

82. Тейнш Х. Р., Стринджер К. В., Азад Дж. Крупные газовые месторождения Западного Пакистана. ГОСИНТИ, М., 1960.

83. Успенская Н. Ю. Нефтегазоносность палеозоя Североамериканской платформы. Гостоптехиздат, М., 1950.

84. Уэллингс Ф. Э. Нефтяные ресурсы Сахары и Ливии. ГОСИНТИ, Геология, М., 1961.

85. Ханин А. А. Коллекторы нефти и газа месторождений СССР. Гостоптехиздат, М., 1962.

86. Хюбберт М. К., Виллис Д. Г. Важные трещиноватые коллекторы в США. IV Международный нефтяной конгресс, т. I, Геология нефтяных и газовых месторождений, Гостоптехиздат, М., 1956.

87. Чжанген, Чжен-Цин-да, Забаринский П. И. Нефтяные и газовые месторождения Китайской Народной Республики. Гостоптехиздат, М., 1958.

88. Шетфорд Р. Редуотер. Географическое и геологическое распределение скоплений нефти и газа в Канаде. XX МКК. Материалы по геологии нефти, т. III, Северная и Южная Америка, Гостоптехиздат, М., 1959.

89. Эйхенберг В. Нефтяное месторождение Далум. Нефтегазоносные площади Федеративной республики Германии. XX МКК. Материалы по геологии нефти, т. II, страны Европы и Турция, Гостоптехиздат, М., 1959.

90. Юдин Г. Т., Маловицкий Я. П. Нефтяные месторождения Египетского района ОАР. Геология нефти и газа, № 12, 1958.

91. Яношек Р. Х. Поиски нефти в молласовом бассейне Западной Австрии. V Международный нефтяной конгресс, т. I, Геология и геофизика, Гостоптехиздат, М., 1961.

92. Bauerschafer R., Goldecher K. Zur Geologie der Erdollagerstätte Rainkenhagen. Z. Angew. Geol. 8, № 10, 1962.

93. Daniel E. J. Fractured reservoirs of Middle East. Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol., vol. 38, pp. 774–815, 1954.

94. Eardey A. J. Petroleum Geology of Aquitaine Basin, France. Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol., vol. 30, pp. 1517–1545, 1946.

95. Freeman H. A. Reservoir control in a Fractured Limestone Field. Oil and Gas Journal, Feb., 1952.

96. Kupinski R., Muszkiet T. Zum Erdgas im Becken von Lacq. Z. Angew. Geol. 10, N 1, 1964.

97. Major gas areas of the world. Oil and Gas Journal, № 17, 1961.

98. Mandev P. Geologische Erdkundung von Erdöl und Erdgas in Bulgarien. Z. Angew. Geol. 10, № 8, 1964.

99. Oil and Gas Journal, № 22, 1952.

100. Pan Am hits in Persian Gulf. Oil and Gas Journal, № 47, 1961.

101. Sutton F. Geology of Maracaibo basin, Venezuela. Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol., vol. 30, № 10, 1946.

102. Tschernikow O. A. Zur Porosität der Gesteine des Hauptkarbonats. Z. Angew. Geol. 8, № 12, 1962.

103. Wellings F. E. Which holds the high cards—North Africa, or Middle East. Oil and Gas Journal, № 28, 1960