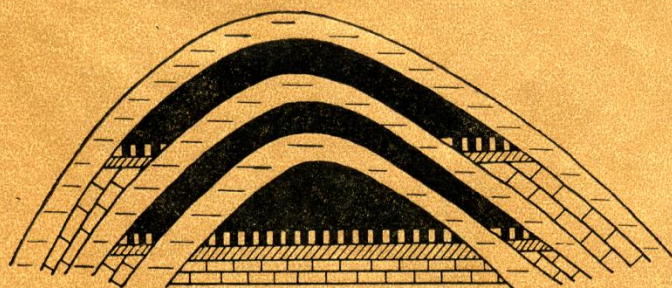


Г. А. МАКСИМОВИЧ, В. Н. БЫКОВ

КАРСТ КАРБОНАТНЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ТОЛЩ



ПЕРМЬ 1978



MINISTRY OF HIGHER AND SECONDARY SPECIAL EDUCATION OF
THE RSFSR
PERM STATE GORKY UNIVERSITY OF ORDER OF
THE RED BANNER OF LABOUR
ALL-UNION KARSTOLOGY AND SPELEOLOGY INSTITUTE

G. A. MAXIMOVICH, V. N. BYKOV

KARST OF CARBONATE OIL AND GAS-BEARING SERIES

Text-book of special course

PERM 1978

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
ПЕРМСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А. М. ГОРЬКОГО
ВСЕСОЮЗНЫЙ ИНСТИТУТ КАРСТОВЕДЕНИЯ и СПЕЛЕОЛОГИИ

Г. А. МАКСИМОВИЧ, В. Н. БЫКОВ

КАРСТ КАРБОНАТНЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ТОЛЩ

Учебное пособие по спецкурсу

ПЕРМЬ 1978

УДК 551.44 : 553.982

Карст карбонатных нефтегазоносных толщ. Максимович Г. А.,
Быков В. Н. Пермский ун-т, 1978, 96 с.

Рассмотрена роль карста в формировании полостного пространства карбонатных коллекторов нефти и газа. Выявлены гидрогеологические условия наземных карстующихся толщ, возникающие во время перерывов в морском осадконакоплении. Показана роль карста в возникновении, росте и заполнении коллекторов нефти и газа. Освещена роль карста в образовании полостного пространства современных и ископаемых нефтегазоносных рифов. Дана характеристика карстовых останцов тропических областей и погребенных палеокарстовых нефтегазоносных. Рассмотрены локальные и региональные карстовые коллекторы слоистых карбонатных нефтегазоносных толщ. Рекомендована дальнейшая разработка основ нефтегазового карстования.

Табл. 10, ил. 30, библи. 123.

Темплан 1978, поз. 458

Печатается по постановлению редакционно-издательского совета Пермского университета

© Пермский государственный университет, 1978.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Карстовые полости и впадины являются коллекторами различных полезных ископаемых, таких, как нефть и газ, минеральные, питьевые и промышленные воды, бокситы, разнообразные руды, фосфориты, алмазы, золото и оловянный камень, огнеупорные глины и многих других. Из них первостепенное значение имеют нефть и газ. К карбонатным карстовым коллекторам приурочено 40 % нефти и значительный процент газа.

Так, И. М. Губкин в учении о нефти (1932, 1937) в качестве коллекторов приводил пористые, кавернозные и пещеристые известняки или доломиты. Полости в них образовались вследствие доломитизации (ордовикский, трентонский известняк, США). Другой путь образования их – это типичный карстовый процесс. Ученый указывает на нижнемеловые нефтеносные известняки томасопо (эль-абра) в Мексике, сильно пещеристые, кавернозные полости в которых произошли за счет растворяющего действия подземных вод. В 1934 г., характеризуя известняк асмари в месторождении Месджид-и-Сулейман в Иране, он писал, что «известняк этот сам по себе плотный, поддающийся сильному выщелачиванию.., с образованием характерных карстовых пустот, в которых затем скопились нефть и газ».

А. А. Трофимук (1955, 1956) для Урало-Поволжья отмечал известняки и доломиты, поры которых возникли за счет карстовых процессов. Им указано наличие «в рифовых и карстовых известняках залежей гнездового типа».

Н. Ю. Успенская (1972) приводит некоторые карстовые коллекторы нефти Венгрии, Мексики, США.

Первый автор данной книги работает в области нефтяной геологии и гидрогеологии с 1925 г. С 1935 г. он от изучения терригенных коллекторов перешел к карбонатным. В соответствии с решением Пермской карстовой конференции 1947 г. в Пермском университете с 1947 г. читается для студентов-геологов, а позднее и для гидрогеологов, курс карстоведения, в котором большой раздел посвящен карсту карбонатных

нефтегазоносных толщ. Изданы два тома «Основ карстоведения» (1963, 1969), однако, вопросы нефтяной геологии в них не рассматривались. Они должны были освещаться в разделе четвертого тома.

В 1964 г. в Перми организован Институт карстоведения и спелеологии с отделом полезных ископаемых карстовых полостей и впадин. В отделе постоянно проводятся исследования по теме «Роль карста в формировании коллекторов нефти и газа». В 1973 г. институт был организатором Всесоюзного совещания по карстовым коллекторам нефти и газа. Материалы совещания изданы в виде сборника трудов института «Карстовые коллекторы нефти и газа», где подведены итоги исследований по этому вопросу в СССР. До этого авторы изучали карбонатные карстовые коллекторы Прикамья, а в 1968–1974 гг. нефтяные и газовые месторождения и обнажения Чечено-Ингушетии, Узбекистана, Белоруссии и Украины. По теме «Карстовые коллекторы нефти и газа» защищены докторская и ряд кандидатских диссертаций. Положено начало пермской школе нефтегазового карстоведения, одним из ведущих представителей которой является другой автор пособия – В. Н. Быков, работающий в нефтяной геологии с 1956 г.

Новое пограничное научное направление – нефтегазовое карстоведение, – находящееся на стыке нефтяной геологии и карстоведения, разрабатывается карстоведами и нефтяниками, а чаще нефтяниками, овладевшими теорией карстоведения. Оно с каждым годом приобретает все больше сторонников. Залогом дальнейшего развития нефтегазового карстоведения является его большое практическое значение. Без четкого представления о генезисе карстовых коллекторов нельзя грамотно вести поиски, разведку и разработку приуроченных к ним залежей углеводородов.

Разработка теории ведется не только в отделе полезных ископаемых Всесоюзного института карстоведения и спелеологии, но и на его ежегодных всесоюзных конференциях, совещаниях и семинарах.

Опыт 30-летней работы над курсом карстоведения, интенсивные научные исследования вопросов карста карбонатных нефтегазоносных толщ позволили создать настоящее учебное пособие для студентов специальности «гидрогеология и инженерная геология». Как дополнительное оно может быть использовано и студентами специальности «геология и разведка нефтяных и газовых месторождений».

Авторы надеются, что настоящее учебное пособие поможет выпускникам высших учебных заведений успешно выполнять

решения XXV съезда КПСС о резком увеличении добычи нефти и газа, в частности, за счет карстовых карбонатных коллекторов.

Авторы выражают признательность всем лицам, в той или иной степени способствовавшим составлению настоящего учебного пособия, и особо В. Ф. Быкову, И. И. Ендову, Е. Г. Максимович за материалы по карстовым коллекторам рифов.

ВВЕДЕНИЕ

Распространение карбонатных отложений

Современные карбонатные осадки океанов и морей. Открытие огромных залежей нефти в известняках и доломитах Ближнего и Среднего Востока усилило интерес к современным морским карбонатным осадкам. До последнего времени работы по их исследованию были сконцентрированы на отложениях Багамских банок, Флоридского залива, залива Бетабано, Большого Барьерного рифа в Австралии, Персидского залива и во многих других, меньших по размерам, районах.

Среди карбонатных отложений обычно выделяют четыре главных типа: 1) глубоководные органогенные илы; 2) карбонатные турбидиты; 3) шельфовые известковистые пески, алевролиты и илы; 4) рифовые известняки и детритус.

Наибольшую площадь занимают глубоководные илы, содержащие более 30 % CaCO_3 , образующие широкий пояс между 30° с. ш. и 30° ю. ш. (рис. 1). Однако там, где проходят воды теплых океанских течений (Гольфстрим и другие), насыщенные или не насыщенные карбонатом кальция, отдельные языки выходят за эти пределы (Тафт, 1970).

Распространение древних морских карбонатных отложений на континентах. На континентах среди карбонатных отложений наибольшее значение имеют известняки, доломиты и переходные разности. В 1954–1978 гг. А. Б. Ронов и В. Е. Хайн, а в последние годы К. Б. Сеславинский и другие подсчитали площади и объем различных отложений по континентам, геологическим отделам и системам, начиная с нижнего кембрия и кончая палеогеном. Из этого многолетнего обширного исследования (без Антарктиды) были выбраны и подсчитаны только данные о площадях и объемах морских карбонатных отложений.

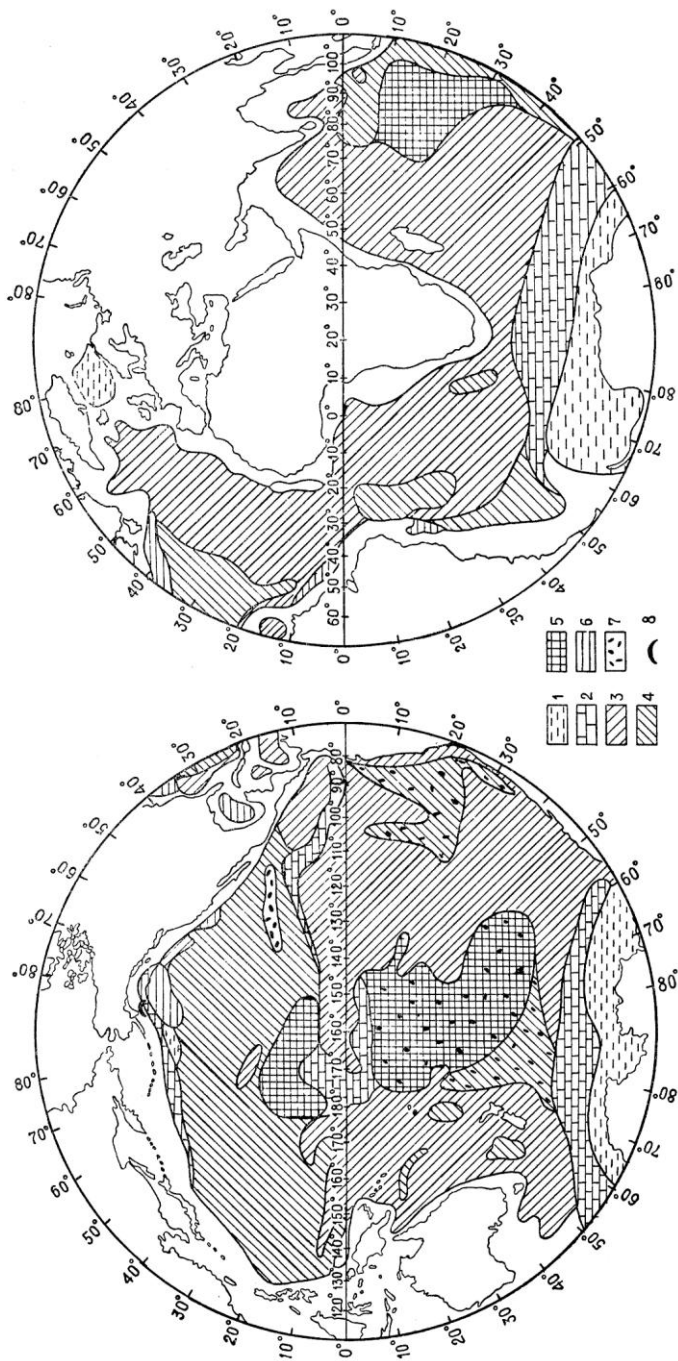


Рис. 1. Распределение глубоководных осадков Океана (по Ф. П. Шепарду, 1976) 1 — ледово-морские отложения; 2 — кремнистые; 3 — известковые; 4 — коричневые глины; 5 — аутигенные осадки; 6 — поля турбидитов с тонким покровом пелагических осадков; 7 — марганцевые конкреции; 8 — вулканические пеплы

Для кембрийско-палеогеновых отложений оказалось, что суммарная площадь карбонатов составляет 154 705 тыс. км², объем 68 834 тыс. км³. Из них на платформы приходится соответственно 74 940 тыс. км² и 24 754 тыс. км³. Особенно показательны данные об объемах (табл. 1). Здесь четко выделяются

Т а б л и ц а 1

Площади и объемы морских карбонатных отложений в пределах континентов (без Антарктиды).
(по Г.А. Максимовичу, 1978)

Геологический возраст	Площади в тыс. км ²		Объемы в тыс. км ³	
	платформы	всего	платформы	всего
Олигоцен	867	1 742	66	390
Эоцен	3 220	4 411	1 084	1 483
Палеоцен	3 739	5 328	534	730
В. мел	4 406	6491	2 169	4 528
Н. мел	880	4 931	738	4 972
В. юра	4 528	7 238	2 043	3 521
С. юра	3 903	5 640	1 115	1 813
Н. юра	3 069	5 039	1 098	2 267
В. триас	423	3 837	86	1 700
С. триас	12 56	4 823	196	1 401
Н. триас	60	300	10	68
В. пермь	204	204	24	24
Н. пермь	524	7 484	174	5 105
В. С. карбон	2 690	10 006	788	4412
Н. карбон	3 840	16624	1 145	9 212
В. девон	2 174	5 674	894	2 003
С. девон	2 541	4 798	481	1 206
Н. девон	159	644	19	206
Силур	4 849	1 346	1 208	3 399
Ордовик	7 085	10 637	2 365	5141
В. кембрий	6 479	11 264	2 325	4 354
С. кембрий	9 872	16 354	2 808	5 309
Н. кембрий	8 172	12 890	3 384	5 590
Всего	74 940	154 705	24 754	68 834

два геократических минимума: нижнедевонский и верхнепермско-нижнетриасовый.

Работа еще, к сожалению, не закончена: нет данных о неогене. Однако и в приводимом виде она свидетельствует об огромных площадях и объемах морских карбонатов, которые при соответствующих благоприятных условиях могут быть коллекторами нефти и газа. Необходимо учитывать, что в таблице взяты только одни морские карбонаты. Между тем они имеются и в морских карбонатно-обломочных отложениях, которые не рассматривались.

Древние карбонатные отложения на дне современных морей и океанов. В настоящее время необходимо учитывать и древние карбонатные отложения морских акваторий. В 1976 г. поисковое и разведочное бурение велось в территориальных водах 90 стран, а в более чем 30 из них на море велась добыча нефти и газа. В 1975 г. морские нефтепромыслы давали около 20 % мировой добычи нефти. При этом в акваториях Северного и Средиземного морей, Персидского, Суэцкого, Мексиканского, Папуа и Бискайского заливов, в Габонской впадине Атлантического океана и других нефть добывается из карбонатных коллекторов.

Роль карбонатных карстовых коллекторов в добыче нефти и газа

В 1973 г. Г. А. Максимович предложил деление нефтегазоносных районов по роли карбонатных карстовых коллекторов (ККК) в добыче (Максимович, 1973).

Он выделил следующие группы территорий:

I. Преобладают ККК (100–75 % добычи). В СССР Припятская впадина (девонские межсолевые и подсолевые отложения). За рубежом – месторождения района Персидского залива.

II. Большая роль ККК (75–50 %) месторождения Терского хребта в Предкавказье.

III. Значительная роль ККК (50–25 %). Это некоторые месторождения Пермской области и Западного Узбекистана.

IV. Малая роль ККК (менее 25 %). Месторождения Днепровско-Донецкой впадины.

V. Отсутствуют ККК. В 1978 г. Бакинский нефтяной район и многие другие, где добыча происходит из терригенных отложений.

В процессе разведки и эксплуатации месторождений районов изменяется роль ККК в добыче нефти и газа. До введения

в эксплуатацию залежей в верхнемеловых карбонатных отложениях Грозненский район относился к V, а в настоящее время – к II группе. После получения нефти из терригенных мезозойских отложений вероятен переход в III группу. В 1973 г. нефтегазовые месторождения Западной Сибири автор относил к V группе (Максимович, 1973). В 1974 г. была получена первая нефть из палеозойских карбонатных отложений. В настоящее время из силурийско-нижнекарбонатовых отложений, в том числе рифовых, уже идет добыча. Учитывая наличие ККК, Западную Сибирь можно отнести к IV группе.

В Азербайджане, классическом районе нефтедобычи из терригенных отложений, с открытием нефти и газа из мезозойских карбонатов будет расти их роль в добыче и он, возможно, будет отнесен к IV, а затем к III группе.

Глава I. ВОЗНИКНОВЕНИЕ, РОСТ И ЗАПОЛНЕНИЕ КАРСТОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Определение карста

Карст – это результат выщелачивающей (и отчасти эродирующей), а также переносящей и аккумулирующей деятельности подземных вод в растворимых илах и горных породах. В субэаральных условиях, там где карбонатные и другие горные породы выходят на земную поверхность и образуются карры, к карсту относят и деятельность внеусловных поверхностных вод. В настоящей работе рассматривается только карст карбонатных отложений. Следовательно, карст представляет единство противоположных процессов коррозии (и отчасти эрозии) и аккумуляции выпадающих из раствора веществ. Связующим звеном является перенос растворов, причем выпадение из них вторичных минералов бывает полостным и вне карстового массива.

Наиболее ярко подземная аккумуляция проявляется в виде полостной седиментации кальцитовых и других натеков в многокилометровых карстовых пещерах, изученное протяжение которых достигает 100–310 км. Высота отдельных залов этих полостей бывает до 100 м. Полостная седиментация (Максимович, 1973а) проявляется также в пещеристых полостях и кавернах изученных в карбонатных толщах нефтяных и газовых месторождений. Благодаря большим мощностям и площадям карбонатных толщ, по подсчетам авторов, суммарный объем вторичного полостного кальцита составлял 30 и 180 млн. м³.

Вынос растворенных веществ из пределов карстового массива редко сопровождается ближней аккумуляцией в виде родниковых известковых туфов (Максимович, 1973б). Чаше карстовые воды стекают в реки или питают другие водоносные горизонты.

Гидрогеологические циклы и карст

Термин «гидрогеологический цикл» был предложен еще в 1947 г. А. Н. Семихатовым. По его мнению, он измерялся длительностью континентального перерыва на данной территории. Более широкое и общепризнанное толкование этого термина принадлежит А. А. Карцеву (1969). По его мнению, гидрогеологический цикл – это отрезок геологической истории района, который начинается с трансгрессии, осадконакопления и образования седиментационных вод, а также последующей регрессии, денудации и инфильтрации. Заканчивается он новой трансгрессией и прекращением инфильтрации.

Гидрогеологический цикл включает два этапа: элизионный и инфильтрационный. В элизионный этап, или от начала трансгрессии до смены отрицательного знака колебательных движений на положительный, формируются седиментационные воды, идет элизионный водообмен. В инфильтрационный этап происходит инфильтрация атмосферных вод, причем они постепенно замещают седиментогенные. Происходит инфильтрационный водообмен. С наступлением новой трансгрессии моря начинается следующий гидрогеологический цикл.

Для карстующихся толщ ранее предложено инфильтрационный этап именовать инфлюационным (Максимович, 1973а).

Гиперсфера и карстосфера

Наружную оболочку земной коры К. И. Лукашев (1977) именуется гиперсферой. Это зона выветривания, где динамически и наиболее многообразно происходит взаимодействие литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы. Одним из наиболее специфических и ярких проявлений гиперсферы является карстосфера. Она возникает, когда растворимые в воде горные породы стратисферы, метаморфической оболочки (мраморы) и магмосферы (карбонатные) оказываются в зоне гипергенеза. Термин «карстосфера» был предложен Л. И. Маруашвили (1970, 1972). Он считал, что карстосфера – это часть литосферы, служащая ареной карстовых явлений.

Многообразие литологических, геоморфологических, климатических, гидрогеологических и других условий является причиной возникновения многих типов карстосферы. Литологические и геоморфологические условия сказываются на глубине переработки стратисферы в карстосферу. Наибольшей мощностью, в несколько километров, обладает карбонатная карстосфера горных стран.

Бурение скважин на нефть и газ на акваториях шельфа

Таблица 2

Схема развития стадийных геосфер и карста
(по Г. А. Максимовичу, 1977)

Стадия	Геосфера	Карстующиеся отложения	Процесс
Морская додиагенетическая	Пелосфера	Карбонатные и другие илы	Пелокарст
Д и а г е н е з			
Морская постдиагенетическая	Подводная стратисфера	Карбонатные и др. осадочные породы	Субаквальный элизионный карст
П о л о ж и т е л ь н ы е д в и ж е н и я – р е г р е с с и я			
Наземная субаэральная	Карстосфера	Карбонатные породы	Карст
О т р и ц а т е л ь н ы е д в и ж е н и я – т р а н с г р е с с и я			
Субаквальная	Подводная стратисфера	Некарстующиеся отложения	Глубинный погребенный элизионный карст или палеокарст
	Палеокарстосфера	Погребенные закарстованные отложения	
Н о в о е п о д н я т и е с т р а н ы – р е г р е с с и я			
Наземная субаэральная	Карстосфера	Карбонатные карстующиеся отложения	Карст
	Глубинная стратисфера	Погребенные некарстующиеся отложения	
	Палеокарстосфера	Погребенные закарстованные отложения	Глубинный погребенный омолаживаемый за счет инфлюации

привело в последние годы к сознанию, что карстовые процессы в карбонатных толщах необходимо рассматривать начиная с субаквальных условий. В геологической истории карбонатов можно наметить следующие этапы развития стадийных поверхностных геосфер (табл. 2).

Эта таблица в обобщенном виде показывает, что наряду с типичной карстосферой, возникающей в гиперсфере в инфлюационный этап, наблюдается омоложение древнего карста при новой инфлюации атмосферных осадков в следующий гидрогеологический цикл и т. д.

Гидрогеологические условия наземных карстующихся толщ

Осадочный карбонатный чехол платформ характеризуется наличием артезианских и карстовых бассейнов. Для них выделяют следующие гидрогеологические области: питания, поглощения, перелива, стока, дренирования карстовых, трещинно-карстовых и пластово-карстовых вод.

Область питания – это территория, с которой атмосферные осадки поступают в закарстованные толщи карстового или артезианского бассейна. Различают внешнюю и внутреннюю области питания. Внешней областью питания по большей части являются прилегающие к карстовому или артезианскому бассейну части поднятий, где на поверхности преобладают водонепроницаемые отложения. Западный склон Урала является такой областью для карстующихся толщ Волго-Камского артезианского бассейна. Внутренние области питания развиты в пределах артезианского бассейна. В Моравской карстовой области в Чехословакии, площадь которой около 100 км^2 , прилегающие участки с развитием гранитов и других некарстующихся пород являются такой областью питания.

Область поглощения – это участки, где происходит инфлюация и инфильтрация поверхностных вод и атмосферных осадков в карстующиеся толщи. Различают краевые, или периферийные, и внутренние области поглощения. В артезианских бассейнах платформ и предгорных складчатых сооружений широко распространены краевые области поглощения, приуроченные к крыльям синеклиз и синклиналей. Их иногда называют артезианскими склонами. Примером могут служить ордовикские и силурийские толщи на южном побережье Финского залива или выходы карбонатных отложений карбона на западном крыле Московского артезианского бассейна. Примером внутренней области поглощения являются

карбонатные толщи перми Уфимского плато в пределах Волго-Камского артезианского бассейна. Одновременно это карстовый бассейн Уфимского плато.

Области перелива бывают внешние, внутренние и приповерхностные. Внешние находятся на границе артезианского бассейна и складчатой области, из которой подземные воды переливаются в закарстованные толщи бассейна. Внутренние области находятся в толще отложений артезианского бассейна. При этом воды из некарстовых водоносных горизонтов переливаются в карстовые и наоборот. Широко распространен приповерхностный перелив поровых вод в закарстованные дочетвертичные отложения.

Области стока имеются в карстовых бассейнах, а стока и напора – в артезианских бассейнах. Они находятся между областями поглощения и дренирования. Обычно области стока приурочены к участкам погружения карстующихся толщ.

Дренаж закарстованных водоносных толщ карстовых и артезианских бассейнов проявляется наиболее интенсивно в приповерхностных частях и особенно на окраинах. Он зависит от рельефа области питания, от условий выхода на поверхность и характера безнапорных и артезианских карстовых вод, а также от литологии карбонатных толщ, их пещеристости, кавернозности, трещиноватости, от степени раскрытости водоносных горизонтов, комплексов и ряда других особенностей покрывающих и подстилающих отложений (Максимович, 1969).

Большое значение имеет глубина вреза гидрографической сети. В вертикальном разрезе в карбонатных толщах возможны следующие 5 гидродинамических зон: *И* – инфлюации и инфильтрации (аэрации), *С* – интенсивного локального подземного стока, *Р* – регионального подземного стока, *З* – замедленного или затрудненного водообмена, *Г* – геологического или весьма затрудненного водообмена. В пределах карстовых бассейнов важнейшей является поверхность эрозионного вреза местных водотоков, проходящая через тальвеги их долин. Выше ее наблюдается наибольшая закарстованность и локальный подземный сток к близким эрозионным врезам. Находящаяся ниже зона *Р* развита далеко не во всех карстовых районах. Это карст, дренируемый удаленными эрозионными врезами. Возникает она при длительном континентальном перерыве и значительном поднятии района.

Зоны *Р* – *Г* чаще всего наблюдаются в карбонатных толщах артезианских бассейнов. Наиболее глубокая зона *Г* характеризуется наличием седиментогенных сингенетических

**Обобщенный гидродинамический разрез и карстовые формы
карстующихся
отложений карбонатного осадочного чехла равнинных платформ
(по Г. А. Максимовичу, 1963–1977)**

Зоны		Карстовые формы
Гидродинамические	Карстовых вод	
И. Инфлюации и инфильтрации (аэрации) С. Интенсивного локального подземного стока	I. Поверхностной циркуляции	Карры, донгасы, верхняя часть: понор, коррозионных воронок, колодцев и шахт*
	II. Вертикальной нисходящей циркуляции	Основная часть понор, колодцев, коррозионных воронок, шахт*, карстовых котловин
	IIIa. Подзона подвешенных водотоков на местных водоупорах	Каналы горизонтальные, наклонные каналы былой зоны горизонтальной циркуляции. Провальные воронки при обрушении сводов
	III. Переходная. Периодического колебания уровня карстовых вод	Каналы периодически обводняемых пещер. Иногда провалы воронки при обрушении сводов
	IV. Горизонтальной циркуляции	Каналы постоянно обводненных пещер. Основные провалы воронки. Поля, вскрывающие эту зону
	V. Напорные воды «сифонной» циркуляции	Каналы наклонные, постоянно обводненные с эрозивно-коррозионными воронками в месте выхода вод
	VI. Поддолинной (подрусловой) циркуляции магистральных рек	Каналы горизонтальные, постоянно обводненные в карстующихся отложениях под аллювием рек
	VII. Вертикальной восходящей циркуляции по разломам	Каналы вертикальные, постоянно обводненные напорными водами

Продолжение таблицы 3

Зоны		Карстовые формы
Гидродинамические	Карстовых вод	
Р. Регионального подземного стока	VIII. Глубинной циркуляции	Трещины, расширенные коррозией, и каверны, реже пещеристые формы
З. Замедленного (затрудненного) водообмена	IX. Глубинной замедленной циркуляции	Закарстованные трещины, каверны, пещеристые формы современного, а чаще омоложенного древнего карста
Г. Геологического весьма затрудненного водообмена	X. Глубинного весьма слабого движения рассолов	Древние каверны, пещеристые полости, закарстованные трещины

* Карстовые шахты характерны для горных стран с мощными толщами карбонатных карстующихся горных пород

или инфильтрировавших при трансгрессии палеозигенетических морских вод. Несмотря на регрессию, благодаря отсутствию сообщения с земной поверхностью и инфлюации, она находится в условиях элизионного режима.

Зона 3, находящаяся между зоной *P* с инфлюационными водами и зоной *G*, характеризуется промежуточными условиями. В области поглощения в ней развиты инфлюационные воды, а в области напора такие же, что и в зоне *G*.

Обобщенный гидродинамический разрез карстующихся отложений на примере карбонатного осадочного чехла платформ приведен в табл. 3. Здесь же указаны зоны карстовых вод и приуроченные к ним карстовые формы за исключением останцов. Этот разрез справедлив для условий слоистых карбонатных толщ. У рифов и карстовых останцов он значительно проще. У рифов развита область поглощения, соответствующая зонам циркуляции: поверхностной, вертикальной, нисходящей, переходной и горизонтальной. Они наблюдаются, если риф высоко приподнят над уровнем моря. Колебания уровня моря, поднятия и опускания рифа могут обусловить возникновение нескольких зон горизонтальной циркуляции, расположенных этажно. У карстовых останцов гидродинамический разрез состоит из зон I, II, III, IV. Здесь также могут быть две и более зоны IV.

Типы древнего карстового рельефа карбонатных отложений

Колебательные движения земной коры и эвстатические изменения уровня Мирового океана обуславливают перерывы в морском осадконакоплении. Они наиболее часты (в геологическом масштабе времени) на территориях платформ. При регрессиях на поверхности карбонатных отложений образуется карстовый рельеф, а в глубине возникают расширенные выщелачиванием трещины, каверны, каналы, пещеристые формы, которые впоследствии становятся нефтегазовыми коллекторами. Глубина карстования зависит от расчлененности рельефа и длительности субаэральных условий.

Рассмотрим некоторые типы проявления в древнем рельефе перерывов в морском карбонатном осадконакоплении (Максимович, 19736).

I. **Бронированный равнинный рельеф** возникает при длительном пребывании карбонатных толщ в надводных условиях, когда при последующей трансгрессии древняя кора выветривания не уничтожена абразией. Предохраненные от размывания продуктами выветривания подстилающие

карстовые полости сохранились полностью. Каолиновая кора выветривания местами установлена в кровле верхнеэйфельских известняков Волго-Уральской области.

II. Волнистый рельеф закарстованных толщ в виде чередования бугров и карманов может быть представлен крупными каррами или расчленен карстовыми воронками. Установлен М. Ф. Филипповой в кальцеоловых известняках. В понижениях иногда сохраняются отложения различного происхождения. Примером современного волнистого рельефа может служить выделенный Д. Балажем останцовый тропический карст типа туал. Высота карстовых бугров и холмов 10–50 м, а плотность до 50 на 1 км². Этот рельеф развит на островке, сложенном плио-плейстоценовыми коралловыми известняками.

III. Останцовый рельеф представлен карбонатными карстовыми останцами различных размеров. В литературе о нефти их иногда неправильно называют эрозионными останцами. В Башкирии это Кушкуль. Много подобных форм в США, Канаде и других странах. Карстовые полости-коллекторы возникают в самих останцах, у их подножья и ниже. При возобновлении осадконакопления в перекрывающей толще образуются экзоструктуры облекания.

IV. Рельеф частично бронированных останцов установлен в Западном внутреннем бассейне США. Здесь на склонах погребенных карстовых останцов залегает конгломерат мощностью до 50 м. Это рыхлая щебенка допенсильванского выветривания имеет местное название «остаточная кремнистая порода». Там, где конгломерат содержит нефть и газ, он называется «горизонтом уэлч».

V. Рифовый рельеф. Погребенный под более молодыми отложениями, он также обуславливает возникновение в вышележащих отложениях экзоструктуры облекания. Коллекторы нефти и газа часто представляют расширенные выщелачиванием первичные седиментационные полости. Карстовые полости изучены В. П. Масловым в Башкирии. Рифовый тип рельефа широко развит в СССР, Северной Америке и на других территориях.

В ряде случаев карбонатные останцы представляют отпрепарированные рифы. Этот переходный между III и V типами палеокарстовый рельеф установлен в девонских отложениях Татарского свода.

В Мексике в районе Золотого пояса установлен другой переходный тип. На гребне рифа Эль-Абра, имеющего высоту 1000 м, находятся останцы, сложенные известняками нижнего мела и юры. Их здесь неправильно называют эрозионными.

VI. А б р а з и о н н ы й р е л ь е ф наиболее распространен. При медленном опускании абразией уничтожается верхняя часть карбонатных отложений, закарстованных во время континентального перерыва. Под перекрывающей трансгрессивной толщей залегает уцелевшая нижняя часть закарстованной толщи. Карст выражен кавернами, расширенными выщелачиванием трещинами и другими полостями, которые и являются коллекторами нефти и газа. Этот тип рельефа наиболее трудно распознается, так как вышележащие трансгрессивные отложения залегают параллельно подстилающим закарстованным. Только детальные палеогеографические исследования позволяют установить этот тип рельефа. Отсутствие расчлененности подстилающих карбонатных отложений и было причиной того, что этот тип рельефа и связанные с ним коллекторы нефти и газа долгое время не считались карстовыми.

VII. Р е л ь е ф с к а р с т о в ы м и и э р о з и о н н о - к а р с т о в ы м и к о т л о в и н а м и и п о л ь я м и . Древние карстовые и эрозионно-карстовые котловины и поля известны во многих районах. В сводовой части Ярино-Каменноложского нефтяного месторождения (Пермская область) в турнейских известняках установлены карстовые котловины длиной до 4 км, шириной 0,4–0,8 км и глубиной до 8 м. Многие котловины выполнены малиновскими отложениями. Турнейская нефтяная залежь массивная, причем проницаемые зоны приурочены к повышенным участкам древнего рельефа.

В северо-западной Башкирии на территориях Арланской, Николо-Березовской, Черлаул-Орьебашской и других площадей на поверхности карбонатных отложений турнейского яруса установлены эрозионно-карстовые котловины. На Арланской площади изучены две зоны ориентированных с северо-запада на юго-восток котловин, имеющих в плане извилистые очертания. Размеры их от 1,0×0,5 км до 8×1 км, глубина до 200 м. Склоны их относительно крутые и сложены сильнопористыми, кавернозными и трещиноватыми известняками различных горизонтов турнейского яруса. Выполнены котловины песчано-глинисто-углистыми трещиноватыми отложениями бобриковского горизонта. Карстовые котловины сыграли большую роль в формировании залежей нефти в турнейских карбонатных отложениях, которые приурочены к наиболее приподнятым участкам вблизи котловины.

Древние карстовые и эрозионно-карстовые котловины и поля в Татарии, Иркутском бассейне и Венгрии (Дорог) выполнены углем. На Урале к древним полям приурочены огнеупорные глины. Широко распространены палеовпадины,

выполненные бокситами. Обломочные отложения палеокарстовых впадин могут быть нефтегазовыми коллекторами.

Необходимо изучение роли полостей палеокарста, а также перекрывающих останцы и рифы и выполняющих древние карстовые впадины обломочных отложений в формировании коллекторов нефти и газа. Для установления континентальных перерывов, во время которых возникают различные типы палеокарстового рельефа, необходимы детальные палеогеографические исследования с применением не только палеонтологического, но и геохимического и других методов.

Аккумулятивные карбонатные образования на поверхности древних перерывов в осадконакоплении

В некоторых карбонатных породах, особенно в доломитах, карст иногда проявляется в раздроблении этих отложений с образованием карбонатной муки, или песка (Быков, 1975). В учении о выветривании эти образования рассматриваются как особая разновидность коры выветривания. Более крупные образования – карстовые брекчии имеют различное происхождение. Первое описание их в отечественной литературе, сделанное в 1903 г., принадлежит М. Э. Ноинскому. Карстовые брекчии состоят из обломков известняков, доломитов или доломитизированных известняков. Часто встречаются обломки ангидритов и терригенных пород. Размеры обломков 0,1 – 100 см. Отличительными особенностями карстовых брекчий от других разновидностей являются:

Степень неоднородности	Карстовые брекчии	Некарстовые брекчии
Максимальный размер больше минимального	до 1000 раз	до 30 раз
Максимальные размеры обломков, м	до 1 м	до 0,1 м

Форма обломков остроугольная, плоская, полуокатанная. Текстура беспорядочная, мозаичная, линейная.

В. Н. Быков различает брекчии карстового обрушения, локального выщелачивания, доломитизации и другие. Редко встречаются погребенные кальцитовые коры, представляющие остатки пола разрушенных карстовых пещер покрытого натечными образованиями и др.

Здесь не рассматриваются некарстовые аккумулятивные отложения, выполняющие погребенные карстовые котловины,

поля, погребенные каолиновые и другие коры выветривания, бронирующие останцы, рыхлую кремнистую щебенку и другие.

Карстовые коллекторы

Из рассмотренных выше семи типов древнего погребенного карстового рельефа наиболее распространен абразионный, когда при медленном опускании карбонатных толщ абразия уничтожает поверхностные карстовые формы и остаются только глубинные. При быстром опускании этот рельеф может консервироваться уцелевшей корой выветривания, сохраняются останцовый, рифовый, останцово-рифовый, останцово-бронированный типы рельефа, при которых вышележащие отложения образуют экзогенные структуры облекания. При котловинно-польевом рельефе наблюдается выполнение впадин. Для карстового рельефа в останцах и рифах сохраняются карстовые каналы былых пещер, пещеристые и другие формы, а на глубине – каверны, закарстованные трещины и др.

Глубинная коррозия инфлюационных вод обуславливает возникновение и рост карстовых полостей: карстовых пор, каверн, пещеристых полостей, закарстованных трещин, стилолитов растворения (послойного и по трещинам) и др. Морфометрическая классификация наиболее распространенных карстовых и других полостей, а также трещин, приведена в табл. 4. (Максимович, Быков, 1969а).

В карбонатных коллекторах наряду с карстовыми полостями встречаются и первичные поры, трещины, межзерновые (в карбонатных оолитах) и др. Особенно разнообразны они в рифах. Многообразие обстановок формирования карбонатных пород обуславливает развитие первичных и вторичных палеокарстовых и внутренних карстовых полостей. И те и другие являются коллекторами. Нередко трещины представляют пути движения флюидов, а разнообразные полости служат основной емкостью. Поэтому в нефтяных и газовых месторождениях в карбонатных отложениях наблюдаются карстовые, некарстовые и смешанные карстово-некарстовые коллекторы (Максимович, Быков, 1969а).

Карстовые коллекторы в основном состоят из нескольких форм полостей. Они бывают каверновые, каверново-пещеристые, каверново-стилолитовые, порово-каверновые, порово-стилолитовые, порово-каверново-стилолитовые, поровые и закарстованных трещин и т. д. Примеры этих сложных карстовых коллекторов в рифах, карстовых останцах и особенно слоистых толщах будут приведены в главах II–IV.

**Морфометрическая классификация полостей
в карбонатных породах**

(по Г. А. Максимовичу, В. Н. Быкову)

П о л о с т и				Трещины на глубине более 500 м		
Коллектор	Тип полостей	Вид полостей	Размер, мм	Тип трещин	Вид трещин	Максимальный размер, мм
Поровый	Поры	Микропоры	$<10^{-2}$	Микротрещины	Субкапиллярные	$<10^{-4}$
		Средние поры	$10^{-2}-10^{-1}$	Очень тонкие		$10^{-4}-10^{-3}$
		Крупные поры	$10^{-1}-1$	Тонкие Узкие		$10^{-3}-10^{-2}$ $10^{-2}-10^{-1}$
Каверновый	Каверны	Каверны	1–10	Макротрещины	Мелкие	$10^{-1}-1$
Пещеристый	Пещеристые полости	Малые полости	$10-10^2$	Щели	Средние	1–10
		Небольшие полости	10^2-10^3		Крупные	$10-10^2$
		Большие полости	10^3-10^4		Мегатрещины или щели	$>10^2$
		Огромные полости	$>10^4$			

Заполнение карстовых коллекторов

В карбонатных породах коллекторы после возникновения в результате коррозии видоизменяются вследствие чередования периодов выщелачивания, сопровождающегося ростом полостей, с периодами их заполнения, которое может быть значительным, вплоть до полного исчезновения скважности горной породы.

Заполнение карстовых коллекторов бывает механическое и химическое. Механическое заполнение встречается реже и изучено слабее. В качестве примера можно указать доломитовую

и кальцитовую муку в порах, кавернах, пещеристых полостях и закарстованных трещинах (Быков, 1973, 1975). Во время шторма волны выламывают обломки и глыбы коралловых рифов, часть из которых попадает в карстовые полости. Однако наиболее распространено и проявляется во все время существования карбонатного материала, от морских илов до горных пород, химическое заполнение карстовых полостей. Оно было выделено автором в качестве полостной седиментации (Максимович, 1973а).

Полостная седиментация в карстовых коллекторах. Выпадение из водного раствора различных вторичных минералов представляет вторую сторону диалектического карстового процесса. Они заполняют частично или полностью карстовые полости. При этом, кроме кальцита, в известняках, доломитах и доломитизированных известняках в полостях при пересыщении раствора тем или другим компонентом, благодаря деятельности микроорганизмов, или десульфатизации и другим процессам, выпадают различные другие вторичные минералы. Процесс этот начинается в морских карбонатных илах и завершается выполнением полостей палеокарста, но больше всего развит в карбонатных породах.

В карстовых полостях (ККК) установлены различные вторичные минералы: кальцит, доломит, ангидрит, гипс, кварц, халцедон, галит, пирит, сидерит, лимонит, галит, диккит, флюорит, целестин и некоторые другие. Если полости увеличиваются в инфлюационную стадию гидрогеологического цикла, то- выпадение из раствора по большей части наблюдается в эли- зионный этап. В результате колебательных движений земной коры в карбонатных отложениях постседиментационные изменения носят прерывистый, пульсационный характер. Растворение и увеличение объема ККК и вторичное минералообразование во время нескольких гидрогеологических циклов повторяется многократно. Это доказывается наличием нескольких генераций кристаллов кальцита и сульфатов в полостях. Формирование емкости ККК представляет взаимосвязанный процесс чередования растворения и полостной седиментации различных вторичных минералов.

В качестве примера приведем миссисипские оолитовые известняки фредониа, являющиеся важным коллектором нефти в южном Иллинойсе (США). Петрографическими исследованиями установлено, что в коллекторе произошло шестикратное отложение кальцита и двухкратное растворение. Первый период выщелачивания происходил после полостной седиментации трех генераций кальцита, причем растворился CaCO_3 только последней, третьей, генерацией. Во второй период

растворения выщелачиванию подверглись все пять предыдущих генераций кальцита. Шестая генерация в виде прожилковых образований возникла после второго периода выщелачивания и всех предыдущих генераций полостной седиментации кальцита.

Интересным примером натечной седиментации в пещеристой полости является месторождение Хоббз в Техасе, где во время фонтанирования скважины вместе с нефтью был выброшен сталактит (Максимович, 19736).

Наиболее обстоятельное изучение иловых и карбонатных коллекторов было выполнено на нефтяных месторождениях Урало-Поволжья (табл. 5). Исследователи выделили три этапа растворения и следующие стадии полостной седиментации. В стадию раннего диагенеза выпадают гидроокислы железа, сульфаты кальция, анатаз, глауконит и пирит.

В стадию диагенеза, позднего диагенеза и раннего катагенеза – кальцит, доломит, полевые шпаты, каолинит, кварц и халцедон.

В стадию катагенеза возникают пирит, марказит, сфалерит, гидроокислы железа, кальцит, доломит, глауконит, палыгорскит, сепиолит, флюорит, барит, ангидрит, кварц и халцедон, гипс.

В третий этап коррозии растворяются не только карбонаты, но и вторичные сульфаты и коллектор заполняется нефтью. Табл. 5 показывает, что в ККК происходит полостная седиментация двух генераций кальцита, доломита и некоторых других вторичных минералов.

Весьма специфической формой заполнения всего объема коллекторов является подошвенная полостная седиментация под нефтяными залежами.

Подошвенная полостная седиментация в карбонатных коллекторах под нефтяными залежами. В некоторых нефтяных месторождениях Урало-Поволжья К. Б. Ашировым (1959, 1961, 1962), Г. А. Максимовичем и В. Н. Быковым (1966а, б, 1967), В. Н. Быковым и Л. Ю. Даниловой (1971) и другими в карбонатных коллекторах установлены кальцитизированные зоны. Они изолируют нефтяные залежи от подошвенных вод. Это обуславливает появление режима растворенного газа, предохраняет нефть от окисляющего воздействия подземных вод. Наличие изолирующего подошвенного слоя необходимо учитывать при подсчете запасов, составлении проектов разработки и поддержания пластового давления (рис. 2).

Изоляция нефтяных залежей от подошвенных вод вторичной кальцитизацией отмечена на Яблоневском, Мухановском,

**Схема постседиментационных преобразований
карбонатных коллекторов нефти,**
(по К. Р. Чепикову, Е. П. Ермоловой, Н. А. Орловой
1969 г.)

Стадии развития осадка и породы	Этапы растворения	Минеральные новообразования коллекторов
Диогенез ранний	I	Гидроокислы железа I генерации Фосфаты кальция Анализ Глаукозит I генерации Пирит I генерации
Диогенез Диогенез поздний или катагенез ранний		Кальцит I генерации Доломит I генерации Полевые шпаты Каолинит Кварц и халцедон I генерации
Катагенез	II	Пирит II генерации, марказит, сфалерит
		Гидроокислы железа II генерации Кальцит II генерации Доломит II генерации Глаукозит II генерации Пальгорскит Сепиолит Флюорит Барит Ангидрит Кварц и халцедон II генерации Гипс
	III	Нефть

Покровском, Зольноовражском, Якушинском, Тарханском, Красноярском и других месторождениях Среднего Поволжья. На Алакаевском, Кулешовском, Дерюженском и Сосновском месторождениях Куйбышевской области залежи имеют затрудненную связь с водоносными горизонтами.

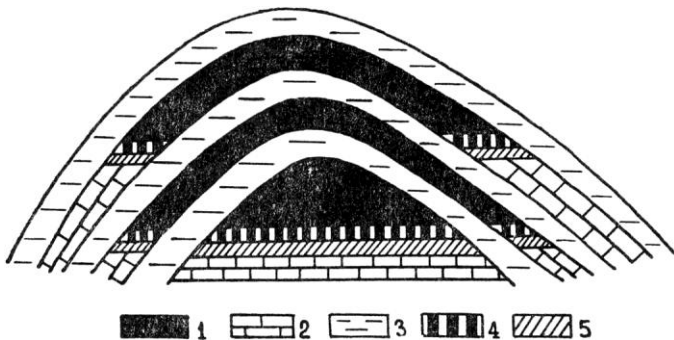


Рис. 2. Принципиальная схема подошвенной изоляции нефтяных залежей биогенно-хемогенным кальцитом (по Г. А. Максимовичу, В. Н. Быкову, 1966): 1 – нефтеносный известняк; 2 – водоносный известняк; 3 – флюидоупоры; 4 – зона уплотнения коллектора; 5 – изолирующий слой с полостями, заполненными вторичным кальцитом

В Пермской области вторичная кальцитизация в приконтурной зоне установлена для Осинского, Краснокамского, Северокамского, Ярино-Каменноложского, Таныпского, Красноярского, Быркинского, Шумовского, Асюльского, Куединского и Павловского месторождений, причем степень изоляции залежей нефти от пластовых и подошвенных вод различная. По степени изоляции подошвы нефтяных залежей за счет вторичной кальцитизации карбонатных коллекторов авторы выделяют четыре категории (табл. 6). Наиболее часто встречаются полная и значительная изоляции (рис. 3).

Объем вторичного кальцита подсчитан для двух месторождений Пермской области. При этом в зоне изолирующего слоя пористость принималась равной пустотности продуктивной части залежи. Для Краснокамского месторождения общий объем вторичной минерализации был определен в 33,92 млн. м³, из которых – вторичного кальцита 30 млн. м³. Для Осинского месторождения эти цифры соответственно 205,09 и 180 млн. м³. Кроме преобладающего вторичного кальцита поры заполнены также гипсом, кремнеземом, твердыми битумами. Мощность кальцитизированной толщи в этих месторождениях соответственно 3,5 и 7,6 м.

В процессе геологического развития карбонатных отложений наблюдается два противоположных процесса: выщелачивание, обуславливающее рост карстовых коллекторов, а при насыщении раствора – выпадение кристаллов кальцита в полостях. Кроме хемогенной коррозии, по К. Б. Аширову, наблюдается

и биогенная. После заполнения карстовых карбонатных коллекторов нефтью в пласте изменяются физико-химические и биохимические равновесия. На контакте нефти и подстилающей воды развивается специфическая микрофлора, жизнедеятельность которой сопровождается выделением во флюиды кислых продуктов. Агрессивность пластовых вод возрастает, и возобновляется рост карстовых полостей за счет биогенной коррозии. Одновременно возникает и противоположный процесс – отложение вторичного кальцита в подошве нефтяной залежи, что в конечном итоге может привести к полной изоляции залежи от окисляющего воздействия подземных вод.

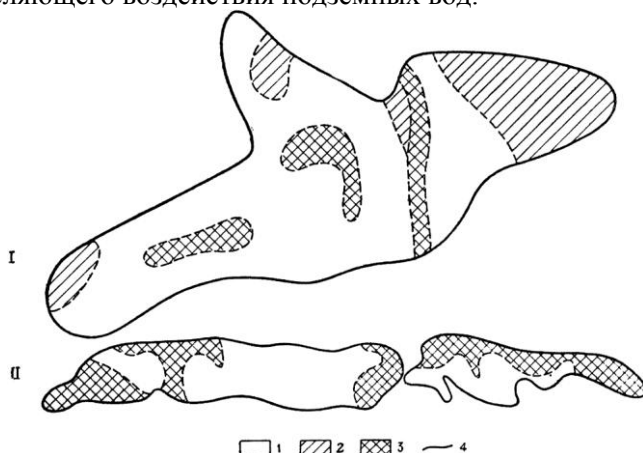


Рис. 3. Распространение изолирующего слоя в подошвах нефтяных залежей месторождений:

I – башкиро-визейской Осинского, *II* – турнейской Ярино-Каменноложского (по В. Н. Быкову и Л. Ю. Даниловой, 1971). Зоны изоляции: *1* – полной, *2* – возможной, *3* – отсутствия; *4* – границы залежей

В полностью изолированных залежах отсутствует водонефтяной контакт. Вскрытие продуктивного горизонта можно производить до кальцитизированной зоны в подошве. При проектировании разработки залежи выбор вида поддержания пластового давления в карбонатных коллекторах должен производиться с учетом степени ее изоляции. При подсчете запасов за подошву залежи следует принимать верхнюю границу изолирующего слоя.

Классификация нефтяных залежей по степени изоляции
(по Г. А. Максимовичу и В. Н. Быкову, 1967)

Показатели	Категория изолированности			
	I (полная)	II (значительная)	III (малая)	IV (незначительная)
Заполнение вторичным кальцитом, %	100–95	95–50	50–10	<10
Количество скв., в которых изолирующий слой прослеживается по каротажу, %	100–95	95–50	50–10	<10
Степень гидродинамич. связи с водонапорной системой	Отсутствует	Весьма затруднена. Возможна односторонняя связь	Затруднена	Активная
Площадь водонефтяной зоны залежи, где проявляется связь, %	0	0–30	30–90	>90
Количество воды в добываемой жидкости, %	0–2	2–5, в отд. скв. 30–50	5	Зависит от условий разработки
Режим залежи	Упругий в начале разработки, затем – растворенного газа		Упругий; водонапорный с затрудн. связью	Упругий; водонапорный
Примеры месторождений	Краснокамское – ср. карбон	Осинское – ср. и н. карбон	Ярино-Каменное – оложское – гурнейский ярус	Мазунинское – башкирский ярус

Вопросы терминологии

Выше карбонатные горные породы именовались трещиноватыми и кавернозными, а коллекторы нефти и газа – соответственно трещинными и каверновыми. Между тем в литературе о нефти до 1962 г. можно было встретить наименование «трещиноватые» (редко) и «кавернозные» (более часто). Если принять эти термины, то получается, что приуроченная к ним нефть будет не «трещинной», а «трещиноватой» (!) и вместо «каверновый» – «кавернозной» (!). Неуместность подобного наименования коллекторов очевидна.

Автор выступал по этому вопросу в печати (Максимович, Армишев, 1962). В последние годы в литературе термин «трещиноватые коллекторы» уже почти не встречается, а вот «кавернозные коллекторы» еще распространен.

В упомянутой выше работе говорится о недопустимости и надуманного термина «карстогенные коллекторы», вместо «карстовые коллекторы». Карст – это генетический процесс и подобная тавтология неуместна.

Недостаточное знакомство некоторых геологов-нефтяников с карстом заставляет их ККК именовать вторичными полостями растворения или выщелачивания. Растворяться может и карбонатный цемент песчаников. Между тем растворение и выщелачивание карбонатных пород – это и есть генетический процесс карстообразования. Карбонатные коллекторы этого генезиса следует именовать карстовыми.

Карст и палеокарст. Нефтегазовые ККК авторы и другие исследователи ранее часто называли палеокарстовыми. Предполагалось, что они возникают и увеличиваются в периоды континентальных перерывов в морском осадконакоплении за счет растворяющего действия инфлюационных вод в гидродинамических зонах И, С, Р, а также пластово-карстово-трещинных вод артезианских бассейнов. Нефтегазовые коллекторы карбонатных толщ считались сформированными в более ранние геологические этапы и назывались палеокарстовыми.

В последние годы установлено, что карстовые процессы продолжались и в более позднее время. Р. Г. Панкина и другие (1978) показали, что CO_2 в нефтяных попутных газах возникает разными путями. Это древнее окисление углеводородов в зоне гипергенеза за счет воздействия химических и бактериальных окислительных процессов, CO_2 , сохранившееся со времени катагенетического преобразования рассеянного органического вещества осадка, выщелачивание карбонатов и их термометаморфизм. Большую роль в образовании CO_2 в газах играет бактериальное окисление жидких и газообразных углеводородов на контакте их с водой. В инфлюационные этапы может поступать CO_2 этих вод.

Кроме того, восстановление сульфатов также сопровождается обогащением карстовых вод сероводородом, CO_2 и окислением нефти. На платформах, где складчатый фундамент осложнен многочисленными сбросами, в нефтегазоносные карбонатные толщи CO_2 поступает снизу по разломам. Для Пермского Прикамья это показано И. Н. Шестовым, а С. Д. Харченко – для Днепровско-Донецкой впадины (Максимович, 1973а).

Приведенные и другие данные показывают, что рост ККК не прекращается и в гидродинамической зоне Г с весьма затрудненным водообменом, к которой приурочены залежи нефти и газа. Поэтому целесообразно говорить о карстовых коллекторах.

Классификация залежей нефти и газа в карстовых коллекторах

Залежи нефти в карстовых коллекторах одним из первых отметил И. М. Губкин. А. А. Трофимук среди природных резервуаров выделил известняки и доломиты, поры которых возникли за счет карстовых процессов, а также рифовые и карстовые известняки с залежами «гнездового типа». Г. А. Габриэлянц среди денудационных процессов, которые формируют ловушки, отмечал «химическое (палеокарсты) выветривание».

Н. Ю. Успенская в атектонической группе месторождений нефти и газа, подгруппе диагенетических, выделяет залежи



Рис. 4. Классификация залежей нефти и газа в карстовых коллекторах (по Г. А. Максимовичу и В. Н. Быкову, 1969)

подземного растворения. В своей книге она указывает закарстованные нефтеносные карбонаты Венгрии, Мексики, США и других стран.

Г. А. Максимович и В. Н. Быков (1969б) предложили более полную классификацию залежей нефти и газа в ККК. Схему ее приводим (рис. 4).

Глава II. КАРСТ РИФОВ

Формирование нефтегазоносных коллекторов в рифах в основном происходило в древних морях в субаэральных условиях. Поэтому прежде чем осветить вопрос о погребенных продуктивных рифах, рассмотрим современные образования и их карст.

Рифы современных морей

Органогенные рифы, обобщенно называемые коралловыми, представляют собой созданные организмами постройки, каркас которых достаточно прочен, чтобы эффективно противостоять действию обычных волн. Более сильные волны выламывают обломки и глыбы коралловых рифов, масса которых достигает иногда тонны и более. Часто в результате нагромождения этих обломков образуются островки, выступающие над поверхностью океана. Активно растущие рифы быстро восстанавливаются после шторма, наращивая поврежденный остов.

Из современных рифостроящих организмов наиболее распространены кораллы, кораллиновые водоросли, гидрокораллы, а также фораминиферы. В геологическом прошлом в образовании рифов, кроме кораллов и водорослей, активное участие принимали губки и мшанки.

На Маршалловых островах на долю каркаса приходится около 30 % всей рифовой массы. Остов и цемент образуют прочную устойчивую постройку, изобилующую крупными карстовыми и другими полостями. На о. Рарориа пористость коралловых образований достигает 25–30 %. По мере роста рифа его полости сообщаются с окружающей водной средой и в них заносятся рифовые обломки. Кроме того, в теле рифа происходит полостная седиментация продуктов химического осаждения из циркулирующей морской воды. По мере роста рифа могут также развиваться и процессы растворения каркаса атмосферными осадками. Заполнивший полости материал играет роль нового каркаса. Поэтому и после глубокого захоронения коралловые рифы сохраняют высокую пористость. Эта первичная, вторичная и особенно карстовая пустотность обуславливает высокую продуктивность рифовых коллекторов нефти и газа. Формируется пористость в результате чередования процессов растворения и полостной седиментации, обусловленных периодическими поднятиями рифа на фоне длительного постепенного погружения рифового плато.

В морской геологии современные рифы делятся следующим образом: береговые, барьерные и атоллы. Кроме того, различают фаро-кольцевые, приуроченные к банкам или материковым отмелям и столовые рифы. Последние называют также коралловыми банками. Они возвышаются над дном в виде плато без отчетливо выраженного кораллового кольца (Шепард, 1976).

Небольшие рифовые постройки на дне лагун, атоллов и барьерных рифов образуют коралловые холмы, называемые также коралловыми одиночными рифами.

Береговые или окаймляющие рифы формируются у берегов и часто бывают соединены с сушей. Они представляют прибрежную отмель, частично осушающуюся в отлив, с неровной ступенчатой поверхностью, сложенной коралловым известняком, покрытым растущими кораллами.

Окаймляющие рифы преобладают в Красном море, где они широко распространены вдоль берегов. Благодаря крутым уклонам шельфа коралловые сооружения тесно примыкают к береговой линии. В Южной Америке 3%, а в Северной – 1% берегов сложены рифами.

Атоллы – это наиболее распространенный вид коралловых рифов. Большую часть столовых рифов и коралловых банок относят к атоллам, так как они обычно окаймлены выступающими, но не достигающими поверхности океана рифовыми кольцами. По разным данным в Море насчитывается 330–400 атоллов. В последнем случае учтены и рифы с затопленным основанием. Более половины атоллов находится в тропической части Тихого и Индийского океанов. На островах Туамоту расположено 62 атолла, в Восточной Индонезии – 37, Каролинских – 32, Маршалловых – 29 и Фиджи – 25. За пределами этой области расположено только около 10 современных атоллов: Мидуэй в северной части Гавайского архипелага, 2 атолла в Красном море, острова Драй-Тортугас в Мексиканском заливе и Хогсти-Риф на Багамских островах. Некоторые авторы к последней группе относят Бермудские острова с окаймляющими рифами.

Большинство атоллов представляет кольцо рифов вытянутой, эллипсоидальной, прямоугольной, треугольной и просто неправильной формы с несколькими выступами по краям. Приведем схему восточной части крупнейшего в мире атолла Квайалейн (рис. 5).

Бурение на атолле Эниветок (Маршалловы острова) до глубин 1267 и 1405 м (до базальтов) показало наличие на разных гипсометрических уровнях выветрелых известняков.



Рис. 5. Атолл Квайалейн, восточная часть (Маршалловы острова). По Ф. П. Шепарду, 1976.
 1 – интервал глубин 30–60 м; 2 – коралловые холмы

Это свидетельствует о периодическом поднятии поверхности рифа над уровнем океана. Континентальные условия подтверждаются и находками на поверхностях перерыва раковин наземных моллюсков.

Во время карстовых перерывов на поверхности рифа развивались карстовые явления. При разбурировании атоллов Бикини, Энветок, Мидуэй, Фанафути были встречены рыхлые отложения, сложенные чаще всего слабосцементированным коралловым песком. Скважины вскрыли в известняках крупные каверны и пещеристые полости, обусловившие

провалы бурового инструмента. На атолле Мидуэй данные бурения до вулканического фундамента позволили установить, что погружение острова трижды прерывалось поднятиями, во время которых возникали довольно высокие острова. В континентальных условиях происходило закарстовывание и перекристаллизация рифовых известняков.

Барьерные рифы большей частью отделены от коренного берега коралловыми лагунами. Они приурочены к шельфам и мелководным плато побережий материков тропических районов. Наиболее известны Большой Барьерный риф у побережья Квисленда (Австралия) и Багамские рифы недалеко от побережья Флориды. В Центральной Америке крупный барьерный риф протягивается почти вдоль всего побережья Белиза.

Большой Барьерный риф – наиболее крупный на земном шаре. Он протягивается более чем на 1600 км вдоль северо-восточного побережья Австралии между 10 и 24° ю. ш. Южная часть рифа приурочена в основном к внешней части шельфа. К северу от 16° ю. ш. рифы разбросаны по всему шельфу и образуют сплошной барьер вдоль внешнего края. Внутри барьеров обычно развиты овальные коралловые банки, окаймляющие рифы вокруг небольших островков, сложенных обломками кораллов, а также кольцеобразные рифы типа фаро. Последние обычно приурочены к банкам или материковым отмелям. Разнообразие форм рифов и эволюцию их иллюстрирует рис. 6.

На юго-западном побережье Мадагаскара сформировался риф длиной 18 км, отделяющий лагуну залива Тимар. Он также называется Большим и отнесен к группе барьерных (Weydert, 1977).

Карст современных рифов

Карстовый рельеф. Известняки коралловых островов хорошо растворяются в воде и образуют карстовый рельеф с каррами, понорами, воронками, котловинами, полями, слепыми долинами, колодцами, редкими карстовыми шахтами, останцами. Провалы сводов пещер обуславливают возникновение природных мостов и арок.

На коралловых островах, вследствие высокой водопроницаемости пород, реки, озера и болота встречаются очень редко (Максимович, 1976).

В зоне поверхностной циркуляции вод возникают карры. О них в литературе имеется мало данных. Погребенный карровый рельеф был обнаружен на о. Ошен, когда были удалены

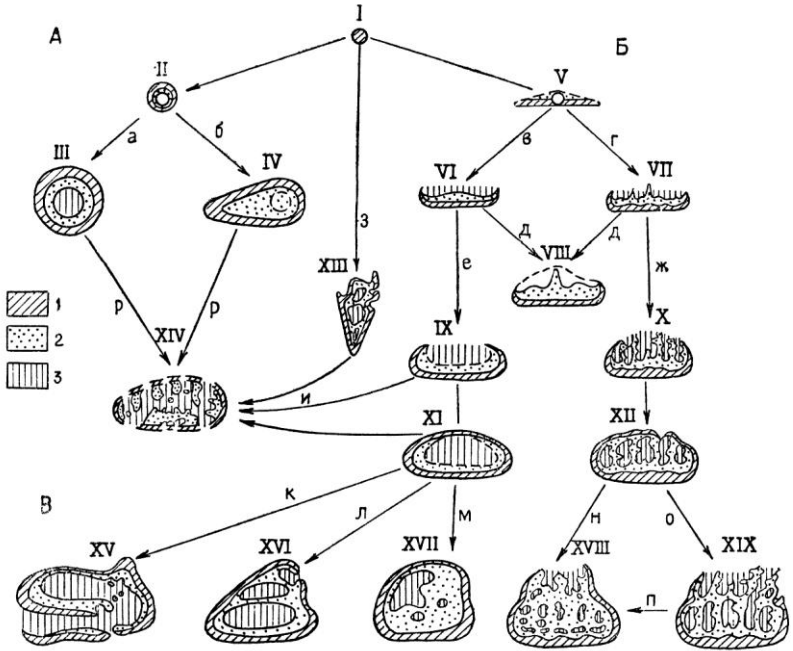


Рис. 6. Формы одиночных рифов, встречающиеся в пределах Большого Барьерного рифа, Австралия (по Ф. П. Шепарду, 1976): 1 – край рифа; 2 – поверхность рифа; 3 – лагуна. Типы шельфовых рифов: А – симметричные, Б – линейные, В – сложные. 1 – начальная (эмбриональная) колония; II–VII – рифы: II – на плоском основании (плато), III – с внутренней лагуной, IV – удлиненные на плоском основании; V – виллообразные, VI – серповидные, VII – зубчатые, VIII – рифовая площадка; IX–X – открытые рифы: IX – кольцевые, X – ячеистые; XI–XII – закрытые рифы: XI – кольцевые, XII – ячеистые; XIII–XVI – рифы: XIII – клиновидные, XIV – разорванные, XV – валлообразные в сочетании с кольцевыми, XVI – сложносоставные закрытые кольцевые; XVII–XVIII – закрытые кольцевые рифы: XVII – с частично заполненной лагуной, XVIII – ячеистые; XIX – сочетание открытого и закрытого ячеистых рифов.

Процессы: а – радиальное нарастание краевых и отмирание центральной части рифа; б – разрастание в длину; в – формирование острых мысов по краям рифа; г – формирование зубов; д – осадконакопление и разрастание тыльной (обращенной к лагуне) части рифа; е – замыкание остроугольных концов рифа; м – формирование ячеистой рифовой структуры; з – образование рифов треугольной формы; и – разрушение и отмирание краевых частей рифа; к – развитие вторичных виллообразных рифов на склоновых осыпях рифового кольца и разрушение внутренней части рифового кольца; л – образование остроугольных концов рифа с последующим замыканием; м – заполнение внутренней лагуны, разрастание рифового плато; н – возобновление роста тыльной части рифа; вторичное формирование ячеистой структуры лагуны; заполнение лагуны осадками; разрастание рифового плато; о – вторичное образование остроугольных выступов рифа и ячеистой структуры; частичное разрушение внутренней части рифа; п – дальнейшее заполнение лагуны осадками; р – разрушение и отмирание краевых частей рифа

фосфориты, покрывающие коралловые известняки. На о. Науру вскрытая карьером поверхность известняка также сильно закарстована. Здесь наблюдаются карры типа «каменный лес». Выступы с конической вершиной имеют высоту 4–5 м и поперечник 2–3 м. Густо расположенные пики образуют труднопроходимый рельеф.

Поноры. В восточной половине о. Санто (Новые Гебриды) в коралловых известняках имеются поноры. Своеобразные цилиндрические поноры, описанные как «коррозионные трубочки», известны на о. Вате (Новые Гебриды). Поперечник их 0,1–0,5 м и глубина несколько метров. Они вскрыты в известняковом карьере, вблизи которого растет лес. Возможно, что первоначально эти поноры возникли за счет биохимической коррозии корней деревьев, а затем дождевые воды расширили их коррозией и эрозией.

Воронки, карманы и другие коррозионные впадины зоны поверхностной циркуляции известны в закарстованных известняках о. Макатеа. Имеются воронки и на Бермудских островах.

Провальные воронки, обусловленные обрушением сводов полостей зоны горизонтальной циркуляции карстовых вод, известны на Бермудских островах. На Тробрианах Вакута 6 это провал с наибольшей глубиной 6,7 м. В наиболее глубокой части его наблюдаются два озера с соленой водой. Воронка Китава 19 – возникла 50 лет тому назад в результате провала. Сейчас – это эллиптическая ямка 4,5×3 м, Кайлоуна 11 – провал, возникший между 1960 и 1963 гг. Поперечник его 6 м, а наибольшая глубина 4,3 м. В нижней части находится вода.

Котловины, карстовые впадины. Карстовые впадины глубиной в несколько десятков метров известны на о. Макатеа.

Поля, затопленные морем, образующие бухты Каол-Харбор, Грейт-Саунд и другие, известны на Бермудских островах.

Слепые долины наблюдаются на о. Санто (Новые Гебриды). Дождевая вода удаляется из них через поноры и вытекает на побережье в виде карстовых источников.

Карстовые колодцы известны на о. Моэво (Новые Гебриды). На Багамских островах глубина их 15 м и из них добывается питьевая вода. В группе Тробриан на о. Киригина колодец Кодава 7 имеет глубину 20 м. Эллиптическое отверстие его 30×12 м. С глубины 3 м он заполнен прозрачной пресной водой, в которой плавают небольшие черные рыбы.

На о. Вакута известен провальный колодец 7 глубиной 6,7 м с двумя озерами с солоноватой водой в наиболее глубокой части. Карстовые колодцы имеются и на острове Кайлоуна.

Карстовые шахты известны на известковом плато о. Моэво (Новые Гибриды), где глубина их доходит до уровня моря. Карстовая шахта глубиной 54 м имеется на о. Макатеа. Стенки ее гладкие, волнистые. Внизу, вблизи уровня карстовых вод, она расширяется и образует пещеру.

Карстовые останцы. Наибольшие останцы типа каменный лес на о. Науру были уже указаны при характеристике карров. На этом же острове имеются и столбообразные выступы доломитизированных известняков высотой 15–18 м. На о. Ошен наблюдаются столбы и узкие гребни из известняков и доломитов, разделенные тесными глубокими ущельями, между которыми возвышаются несколько заостренные вершины. Промежутки между ними перекрыты доломитовыми арками, а стенки абрадированы действием прибоя.

Атоллы в западной и юго-западной частях Тихого океана характеризуются карстовым рельефом в виде останцов, глубоких расселин с вертикальными стенками. F. Bourgouilh (1976), описавшая это явление, делает весьма смелый вывод, что морфология современных атоллов и рифовых барьеров обусловлена исключительно закарстованностью островных карбонатных платформ. Это положение требует проверки. Вероятно, мы имеем дело с преувеличением роли карста.

Пещеры современных рифов

Современные рифы характеризуются наличием пещер различного генезиса. Это сингенетические внутририфовые, морские, абразионные, карстовые, антропогенные и смешанные полости.

Сингенетические рифовые пещеры возникают в процессе роста кораллов. Такие подводные полости описаны у берегов Бразилии в районе развития грибообразных кораллов *chapeiros*. На дне образуются сравнительно узкие стержни, которые кверху расширяются и заканчиваются грибообразными шляпками. При слиянии этих шляпок вблизи уровня моря в большие рифовые массивы возникают сингенетические подводные рифовые пещеры-коридоры (Щукин, 1938). По-видимому, подобные пещеры развиты и в других районах, в частности на островке Абу-Раба, входящем в архипелаг Дахлак в западной части Красного моря.

Морские абразионные пещеры по берегам современных рифов весьма распространены. В Атлантическом

океане на абразионных берегах Бермудских островов волноприбойные ниши развиты на уровне моря. На высоте 2,5–5 м над уровнем современных волноприбойных ниш находятся ниши и гроты монастырского времени, а на высоте 7,5 м – подобные же более древние образования. На глубине 9–18 м ниже уровня моря развита зона гротов и ниш, сформировавшихся при более низком уровне моря во время висконсинского оледенения. Морские абразионные гроты и пещеры известны на многих коралловых островах и, в частности, рифах архипелага Тробриан.

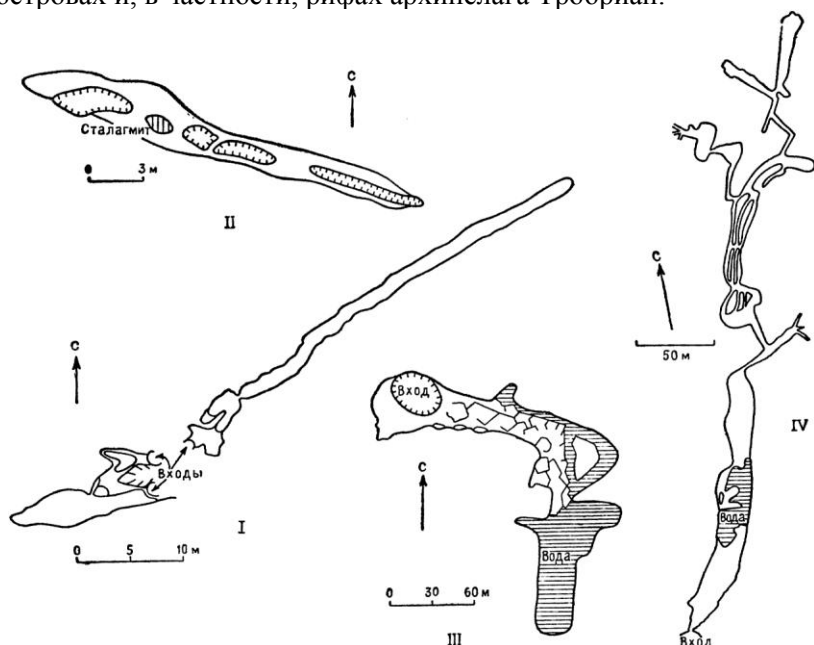


Рис. 7. Планы пещер Тробрианских островов: I – Кайлоуна 5, II – Кайлоуна, 10, III – Сикау, IV – Киривина I

Карстовые пещеры весьма многочисленны. Генезис их лучше всего изучен для группы островов Тробриан, сложенных кораллами плейстоценового и голоценового возраста, испытавшими тектонические поднятия различной амплитуды. С. D. Ollier (1975) делит карстовые пещеры на две группы: I. Возникшие в результате растворения ненапорными карстовыми водами. II. Связанные с растворением под напором. Пещеры первой группы он подразделяет на 1) простые

тоннели, не измененные обрушением; 2) обрушившиеся тоннели; 3) пещеры неправильной формы; 4) обрушившиеся сеноты.

Тоннели, не вскрытые обрушением, Г. А. Максимович относит к эрозионно-коррозионным формам. Примером может служить пещера Кайлоуна 5 длиной 122 м с преобладающей шириной коридора 1,2–1,5 и 4,6 м в западной части (рис. 7, I). Пещера Китава 17 на высоте 7,7 м над уровнем моря представляет коридор, обследованный на протяжении 24 м.

Эрозионно-коррозионными провальными формами являются тоннели, вскрытые провальными окнами, между которыми в своде сохранились карстовые мосты и арки. Примером может служить пещера Кайлоуна 10 длиной 24 м и глубиной 7,6 м с четырьмя провалами, между которыми сохранились мосты шириной 0,3–2 м (рис. 7, II).

Примерами коридорно-гrotовых могут служить пещеры общей длиной 162 м Ратон, Ато (рис. 8) на острове Кюрасао. Последняя вскрыта одним провальным окном, а пещера Квадирикири на острове Аруба – четырьмя.

Озерной является пещера Сикау на о. Киригина (рис. 7, III). Длина ее 247 м.

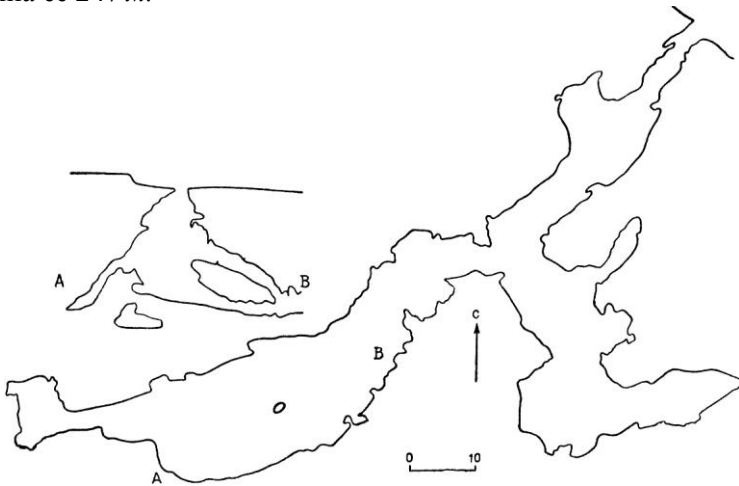


Рис. 8. План и профиль пещеры Ато, о. Кюрасао (по Р. W. Hummelick, 1973).

Фреатическими являются пещеры Киригина 1 и Китава 4 в группе островов Тробриан. Киригина 1 приурочена к горизонтально слоистым известнякам лагунной фации и находится на высоте 27 м над уровнем моря. Это несколько

усложненная линейная полость. Расстояние по прямой от входа до дальней части 330 м, а с учетом параллельных ходов и ответвлений – 682 м. В первом гроте, имеющем длину 187 м и ширину 19,8 м, центральная часть занята озером. Пещера отнесена к фреатической группе на основании хорошо развитой ноздреватости стен, наличия эллиптических карманов и каналов с горизонтальной осью, которые образовались в напорную стадию (рис. 7, IV). Пещера Китава 4 сложной формы, длиной 82 м имеет общее протяжение ходов 113 м. Отнесена к фреатическим на основании наличия в потолке колоколообразных углублений и других признаков напорной стадии.

Искусственные пещеры встречаются сравнительно редко. На островах группы Тробриан чаще наблюдаются карстовые полости, расширенные и приспособленные человеком для различных целей. Иногда, как в пещерах Кайлоуна 13 и Тума 2, они разгорожены рукотворными стенками.

Длиннейшие. Пещеры коралловых островов имеют различную длину. Преобладают небольшие полости длиной менее 10 м. Это абразионные и эрозионно-коррозионные гроты. Ниже приведен список 19 пещер, длина которых более 100 м. Наибольшая из них, Уолсингем на Бермудах, имеет протяжение 1600 м. Пещера Тоннель Любви на о. Аруба является туристской (табл. 7).

Высота гротов и коридоров в рифах различна. В пещере Кайлоуна 7 она 3 м, Ато на Кюрасао – 5,3 м, Ратон на том же острове – 1 м, Квадирикири на о. Аруба – 2 м (Максимович, 1976).

Глубинные слепые карстовые полости. Бурение скважин на атоллах и других коралловых рифах Тихого океана показало наличие карстовых полостей в виде каверн и пещеристых форм не только вблизи поверхности, но и на значительных глубинах. На о. Энвенток, расположенном западнее атолла Бикини, до глубины 900 м полости составляют 36 м, причем на одну наиболее значительную пещеристую форму приходится 15 м. Эти полости вызвали полную потерю бурового раствора. Одна из них находится на глубине 940 м. На атолле Бикини современный пористый риф отмечен до глубины 20–25 м (Максимович, 1964).

Гидрогеология коралловых островов и формирование пещер. На современных рифах наблюдается следующее распределение подземных вод по составу. Вверху плавает пресная вода, возникшая из атмосферных осадков. Она подстилается зоной солоноватых вод, образовавшихся в результате смешения пресных и подстилающих соленых. Ниже

Длина некоторых пещер коралловых островов, м
(по Максимовичу, 1976; Hummelinck, 1973)

1. Уолсингем, Бермуды	1609
2. Киривина 1, Тробрианы	682
3. Лаго, Аруба	450
4. Хетчи, Кюрасао	400
5. Сикау, Киривина, Тробрианы	247
6. Квадирикири, Аруба	220
7. Боса, 2, Кюрасао	213
8. Тоннель Любви, Аруба	198
10. Ато, Кюрасао	187
11. Киривина 3, Тробрианы	182
12. Ратон, Кюрасао	164
13. Алиба, Аруба	150
14. О. Вате, Новые Гебриды	150
15. Киривина 4, Тробрианы	150
16. Боса 3, Кюрасао	146
17. Китава 7, Тробрианы	128
18. Кайлауна 5, Тробрианы	122
19. Китава 4, Тробрианы	113

находится зона соленых вод морского состава (Девис, де Уист, 1970), проникающих в результате инфильтрации в карстовые полости из окружающих акваторий. В колодцах с пресной и солоноватой водой амплитуда колебания уровней меньше, чем в океане.

В зоне пресных вод образуются пещеры подземных ненапорных вод. Из таких полостей на острове Китава (Тробрианы) по берегу на уровне моря вытекают источники. Карстовые источники весьма многочисленны на берегу о. Моэво (Новые Гебриды). Известняки здесь подстилаются менее водопроницаемыми вулканическими отложениями. На о. Санто карстовые источники представляют место разгрузки вод, поглощенных понорами и слепыми долинами.

Фреатические пещеры возникают на приподнятых рифах за счет разгрузки пресных вод по изолированным каналам. Иногда они приурочены к зоне солоноватых вод.

Глубинные пещеристые полости, которые, по данным бурения, имеют вертикальный поперечник до 15 м, возникли, когда эти отложения были еще вблизи земной поверхности и представляли каналы вадозных или фреатических пещер. Необходимо учитывать, что провалы бурового инструмента, по которым судят о вертикальных размерах слепых пещеристых полостей, иногда фиксируют 2–3 этажа, тонкие промежутки

между которыми обрушились под тяжестью бурового инструмента.

Исследования на группе коралловых островов Тробриан показали, что пресные карстовые воды имеются только на сравнительно больших рифах. На малых островах (Вакута) ветровой занос солей, при малом количестве атмосферных осадков, обуславливает преобладание в пещерах солоноватых вод (Максимович, 1976).

Ископаемые рифы и их нефтегазоносность

До начала нашего века ископаемые органогенные постройки привлекали к себе внимание главным образом как великолепные индикаторы палеогеографической обстановки. В последнее время ими все больше и больше занимаются геологи-нефтяники, так как после открытия первых рифовых месторождений в 1908 г. в районе Голден-Лейк в Мексике и в 1926 г. в рифе Кэпитен в Пермском бассейне США количество добываемой нефти и газа из рифогенных фаций непрерывно растет.

В Советском Союзе первое месторождение нефти в рифовом массиве Чусовских городков было открыто в 1929 г. В настоящее время нефтяные, газовые и конденсатно-газовые месторождения, связанные с погребенными рифовыми телами, обнаружены в отложениях от нижнего палеозоя до неогена на всех континентах и примыкающих к ним морях и океанах (табл. 8).

В зарубежных странах одна пятая запасов гигантских месторождений нефти и газа, приуроченных к карбонатным породам, приходится на долю рифов. С рифами связано 7 % запасов нефти всех гигантских месторождений зарубежных стран (Максимов, 1976).

Месторождения углеводородов, связанные с рифогенными толщами, выявлены и эксплуатируются уже в 20 зарубежных странах (Канада, США, Мексика, Ливия, Ирак, Индонезия, ГДР, ФРГ, Польша, Пакистан, АРЕ, Сирия, Турция и др.). Среди этих месторождений, помимо многочисленных мелких и средних по своим запасам, имеются крупные и крупнейшие: Зелтен, Идрис (Интисар-А), Ауджила, Гнало, Нафура (в Ливии), Поса-Рика (в Мексике), Рейнбоу, Суон-Хиллс, Редуотер, Ледюк (в Канаде), Скарри-Снайдер (в США), Касим, Джая, Арун (в Индонезии) и др.

Рифовые массивы нередко группируются в целые зоны, простирающиеся на сотни километров (Бакиров, 1971).
Примерами

Таблица 8

Стратиграфическое распределение нефтегазоносных рифов
(Максимович, 1975)

Геологический возраст рифов	Страны	Районы, месторождения, где происходит добыча нефти и газа
Силур	США	Известняки Ниагара в штатах Оклахома, Индиана, Кентукки, Иллинойс
Девон	СССР	Удмуртия, Пермская область, Коми АССР и др.
	Канада	Альберта
	США	Иллинойская впадина
Карбон	СССР	Удмуртия, Коми АССР
	США	Впадина Парадокс
Пермь	СССР	Пермская, Оренбургская области, Коми АССР
	Англия	Йоркшир
	США	Рифы Кэпитен (Техас, Нью-Мексико)
Юра	Франция	Малые Пиренеи структура Сан-Марсе
Мел	Египет	Каттара
	Мексика	Золотой пояс, Паса-Рика, шельф
	Турция	Месопотамский прогиб
Мел и палеоген	Ливия	Месторождение Зелтен
Палеоген и неоген	Иран	Юго-запад Ирана Северный Иран
Олигоцен	Колумбия	Месторождение Дифисил
Миоцен	Египет	Риф Рас-Гар
	З. Ириан	Месторождение Кламоно

являются: район Эдмонта (Канада) с месторождениями Ледюк-Вудбенд, Редуотер и другими, которые в совокупности образуют крупнейшую зону нефтегазонакопления рифогенного типа (рис. 9); южная часть Предуральского краевого прогиба (рис. 10).

В основе всех рифовых сооружений лежит органогенная постройка. Ископаемая органогенная постройка – геологическое тело, образованное остатками животных (главным образом, колониальных) и растительных организмов, захороненных преимущественно в прижизненном положении. Основными типами ископаемых органогенных построек являются

биостром, биогерм и ископаемый риф. Их характеристика дается в решениях Третьей палеоэкологолитонологической сессии 1965 г. (табл. 9).

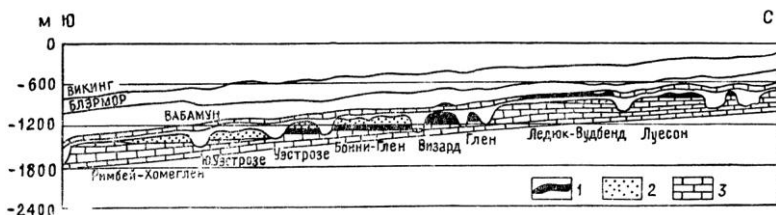


Рис. 9. Продольный разрез через зону «рифового простираения» (по Гассоу, 1954): 1 – нефть, 2 – газ, 3 – рифовые массивы

В настоящей работе рассмотрены только ископаемые рифы. Следует еще раз подчеркнуть, что ископаемый риф – это ископаемая органогенная постройка, которая поднималась к уровню моря, т. е. представляя подводную или надводную скалу, активно разрушалась под действием волн и могла закарстовываться в результате растворяющего действия атмосферных осадков.

Соподчиненность основных рассмотренных таксономических единиц можно представить в следующем виде:



Ископаемый риф представляет собой сложное сооружение. Часто он характеризуется литологической и экологической зональностью, параллельной рифовому гребню. В одиночных рифах эта зональность нередко имеет концентрический характер (рис. 11 а), а в рифовых системах она резко асимметрична (рис. 11б).

Ископаемые рифы могут быть классифицированы подобно современным рифам – по геоморфологическому принципу (Кузнецов, 1971). Такая классификация базируется на связи рифов с основными палеогеоморфологическими элементами рельефа, а через них и с различными тектоническими структурами,

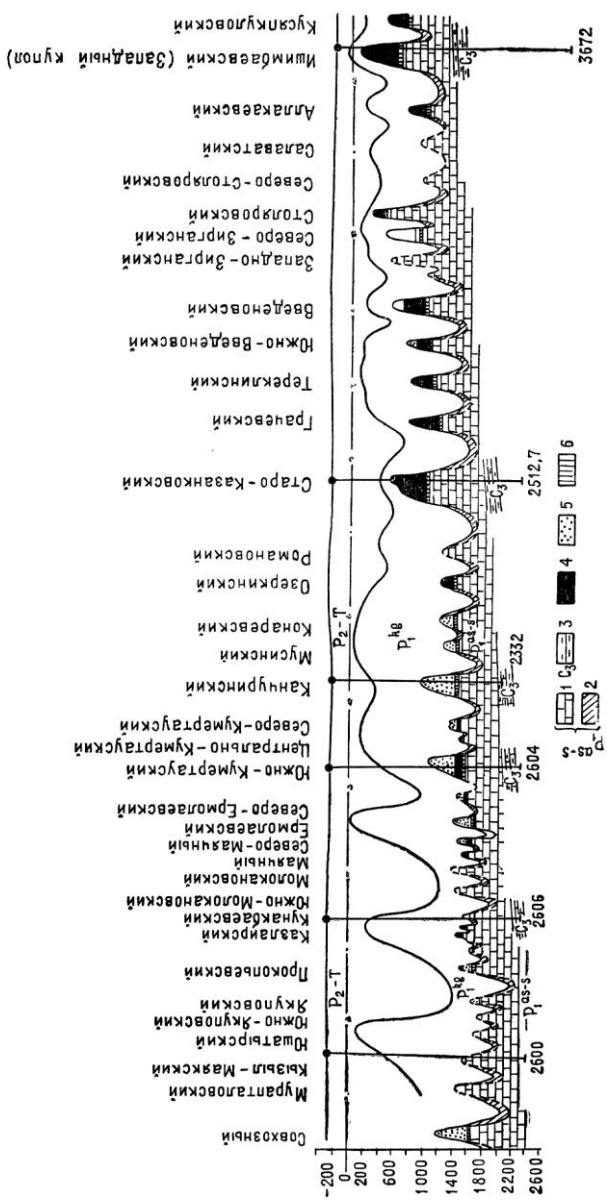


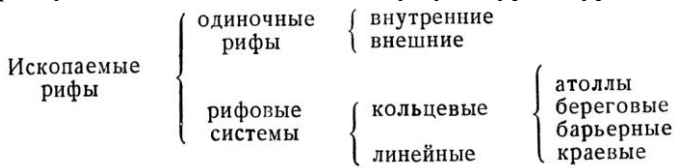
Рис. 10. Геологический разрез рифовой зоны Башкирского Предуалья фации: 1 – рифовая, 2 – депрессионные, 3 – платформенная, 4 – нефть, 5 – газ, 6 – зона окисленной нефти

Таблица 9

Типы и основные признаки ископаемых органогенных построек
[Ископаемые..., 1968]

Генетические типы		Основные морфо логические типы	
Наименование	Определение	Геологическое тело	Палеогеографическая форма
Биостром	Массивная или слоистая ископаемая органогенная постройка, не выделяющаяся или почти не выделяющийся над прилегающими синхронными отложениями иного литологического состава	Линза, пласт, серия пластов	Заросль (подводная)
Биогерм	Массивная ископаемая органогенная постройка возвышающаяся над прилегающими синхронными отложениям иного литологического состава	Массив	Холм (подводный)
Ископаемый риф	Массивная сложная ископаемая органогенная постройка, состоящая из комплекса биогермных, обломочно-органогенных и хемогенных пород	Массив сложного строения	Холм, гряда (волноломы)

и на пространственном соотношении рифов друг с другом.



Ископаемые рифы делятся на две группы: одиночные рифы и рифовые системы. Рифовые системы представляют собой протяженную цепь рифов, приуроченных к единому структурному и геоморфологическому элементу и генетически связанных с ним. Для них характерны асимметричное строение и различие фаций в поперечном направлении, определяемое различием глубин в предрифовой и зарифовой частях палеобассейна. Рифовые системы подразделяются на кольцевые и

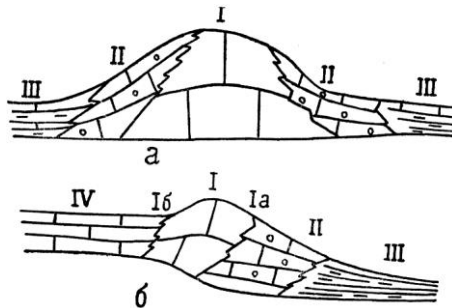


Рис. 11. Основные фациальные зоны рифов (по В. Г. Кузнецову): *а*) одиночных, *б*) рифовых систем: *I* – ядро рифа, *Ia* – фронтальные, *Ib* – тыловые, *II* – предрифовый шлейф, *III* – глубоководные депрессионные фации, *IV* – мелководные, лагунные фации

линейные. К линейным рифовым системам относятся береговые, барьерные и краевые рифы.

Береговые рифы приурочены к древней границе суши и моря. Примером являются древние рифы Синайского полуострова.

Барьерные рифы приурочены к перепаду глубин палеобассейна и простираются вдоль его берега. Существование барьерного рифа фиксируется резким изменением фаций

Барьерные рифы без отчетливого лагунного склона называют краевыми рифами. Примерами являются ишимбаевские рифы пермского возраста Предуральяского краевого прогиба, цепь верхнедевонских рифов Римби-Ледюк-Клайд Западно-Канадского бассейна и др.

Береговые, барьерные и краевые рифы тесно связаны между собой и могут переходить один в другой по простиранию и в разрезе, сменяя друг друга при изменениях уровня моря.

В Пермском бассейне США риф Кэпитен в северо-западной своей части (штат Нью-Мексико) отчленяет от Делаверской впадины лагуну и является барьерным. Далее на восток и юго-восток (штат Техас) он развивается на склоне Центральной платформы, на которой формируются нормальные мелководные фации, т. е. является краевым.

Примерами кольцевых рифовых систем являются Березниковский и Яринский атоллы Камеко-Кинельской системы прогибов (Быков, 1974), атолловый риф Хоршшу Пермской впадины США, атолловый риф Эль-абра в районе Золотого Пояса в Мексике (рис. 13). Береговые, барьерные рифы и атоллы переходят друг в друга при погружении дна моря.

Одиночные рифы в период роста окружены со всех сторон морем примерно одинаковой глубины и фациями. Одни из них развиваются на пологом склоне без резких уступов, на которых могли бы формироваться рифовые системы, поэтому не связаны с последними. Таковы, например, средне-силурийские рифы серии ниагара США. Другая группа одиночных

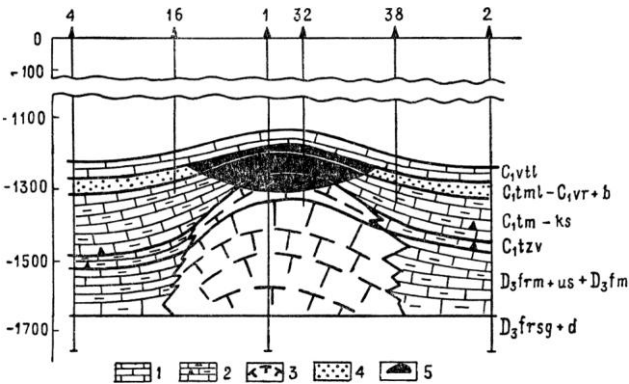


Рис. 14. Геологический разрез Карача-Елгинского месторождения Волго-Уральской области. 1 – известняки, 2 – битуминозные глинисто-кремнистые известняки, 3 – массивные преимущественно рифовые известняки и доломиты, 4 – песчаники, 5 – залежь нефти

рифов формируется в условиях расчлененного рельефа морского дна и развития рифовых систем. В зависимости от расположения рифов по отношению к берегу, рифовым системам и положению в пределах мелкого или глубокого моря они подразделяются на внутренние и внешние.

Внутренние рифы располагаются между берегом и барьерным или краевым рифом в зарифовой лагуне или зарифовом бассейне. Таковы рифы Редуотер, Стетлер, Уиллингдон и другие, располагающиеся между шельфовым комплексом Альберты и рифовой цепью Римби-Ледюк-Клайд.

Внешние рифы располагаются в наиболее глубоководной части бассейна, нередко ограниченной барьерными, краевыми или береговыми рифами. Примерами являются Карача-Елгинский, Кызыл-Ключевской, Шумовской рифы, Бирской седловины (рис. 14). Одиночные рифы могут образовывать линейные зоны, отличием которых от рифовых систем служит симметрия одиночных рифов.

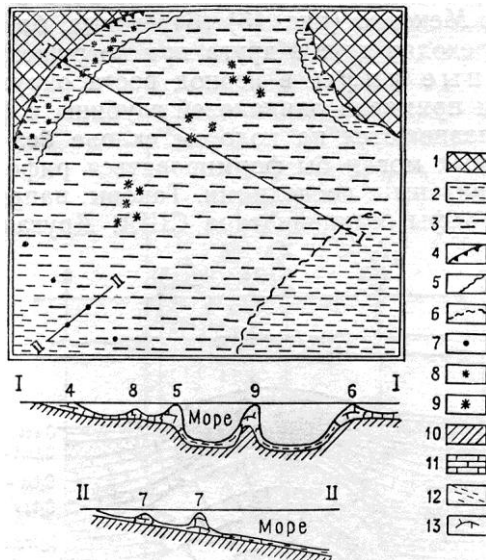


Рис. 15. Принципиальная схема размещения и соотношения типов рифовых сооружений в морском бассейне (по В. Г. Кузнецову, 1971): 1 – суша, 2 – мелкое море, 3 – глубокое море, 4 – береговые рифы, 5 – барьерные рифы, 6 – краевые рифы, 7 – одиночные рифы, 8 – внутренние одиночные рифы, 9 – внешние одиночные рифы, 10 – породы основания, 11 – мелководные отложения, 12 – глубоководные отложения, 13 – рифовые образования, I-I, II-II – линии профилей

Принципиальная схема размещения и соотношения различных типов рифов показана на рис. 15.

Коллекторские свойства рифов и роль карста

Повышенный интерес к поискам погребенных рифов, перспективных на нефть и газ, объясняется прежде всего высокой продуктивностью погребенных рифовых построек.

Последнее обстоятельство определяется благоприятным сочетанием ряда факторов: наличием резервуара с высокими коллекторскими свойствами, ловушек, часто возникающих уже в период формирования рифового комплекса, надежным глинистым или соленосным флюидоупором и, наконец, высокобитуминозных отложений, являющихся источником углеводородов.

Карбонатные породы, слагающие рифовые постройки, характеризуются хорошими коллекторскими свойствами, что обусловлено как первичными, так и вторичными процессами, которым подвергаются рифогенные образования. Так, на месторождении Редуотер (Канада) средние значения пористости рифогенных пород составляют 6–10 %. На другом канадском месторождении Рейнбоу пористость некоторых рифогенных фаций достигает 15–35 %. Довольно высокая средняя пористость (27 %) наблюдается в рифогенных образованиях месторождения Идрис (Интисар-А) в Ливии. Для рифов этого месторождения характерны крупные поры и каверны, за счет чего резко повышается нефтегазонасыщенность рифогенных пород, достигающая часто 85–90 %, а также высокая проницаемость коллектора.

Первичная пористость в рифах создается прежде всего пустотами во внутренних полостях органических остатков, а также пространством между отдельными организмами. Важное значение имеет межгранулярная первичная пористость обломочных, органогенно-обломочных и оолитовых известняков. В пустотное пространство входят также довольно многочисленные и нередко крупные пещеристые полости. Они формируются либо в волноприбойных нишах и гротах, либо в ударных отверстиях, образующихся из зарастающих сверху приливных каналов, либо в щелях между отдельными срастающимися в кровле органогенными постройками. Первичная пористость не остается постоянной и в процессе роста рифа может сокращаться за счет развития водорослей, цементации, химического выпадения карбонатов в кавернах и порах и т. д.

В то же время объем пустот возрастает и их сообщаемость улучшается в результате жизнедеятельности сверлильщиков, диагенетического растворения карбонатов и т. д.

Важное значение имеет вторичная пористость, связанная с интенсивными процессами перекристаллизации, доломитизации и карстового выщелачивания, ведущего к образованию каверн разной величины, и, наконец, с тектонической трещиноватостью. В ряде случаев основные коллекторские свойства построек определяются вторичными процессами.

В Канаде, в пределах северо-восточной части Британской Колумбии (район Форт Нельсон) открыты газовые месторождения в рифах свиты слейв-пойнт. Рифы группируются в извилистую зону длиной около 450 км. Коллекторами газа являются доломиты и доломитизированные известняки рифовых массивов, причем значения пористости и проницаемости зависят от фациального облика и степени доломитизации пород. Лагунные известняки и недоломитизированные рифовые известняки имеют пористость не более 3 %, слабую проницаемость и практически не продуктивны. Наилучшими коллекторскими свойствами обладают породы рифового фронта. При начальных стадиях доломитизации пористость повышается до 10–12 %, проницаемость не превышает 100 мд. На поздних стадиях процесса, когда образуются карстовые полости и развиваются трещины, пористость местами увеличивается до 18 % и проницаемость возрастает до нескольких дарси.

В подробно изученных обнаженных и частично погребенных верхнеюрских массивах Кавказа основные коллекторские свойства также определяются вторичными процессами, в частности доломитизацией, способствующей возникновению в породе значительной пористости и кавернозности. Пористость в кораллово-водорослевых породах разнообразная – межгранулярная, первичная органогенная, карстового выщелачивания, перекристаллизации и доломитизации. По лабораторным определениям матричная пористость пород составляет 4–6 %, в то время как степень кавернозности достигает 16 %, а размер каверн и пещеристых полостей колеблется от 0,5–1 до 100 см и более.

Карстовые коллекторы. Выше мы показали значительное развитие карстовых явлений на современных островных рифах. Рельеф, возникший в результате растворения известняков атмосферными осадками, можно непосредственно наблюдать, а карстовые пещеры, среди которых преобладают полости длиной менее 200 м, осмотреть и описать. Установлено наибольшее протяжение пещер современных рифов

1,6 км. Некоторые пещеры характеризуются натечными образованиями.

Сложнее получить данные о карсте погребенных рифов. Основные сведения здесь поступают в результате изучения бурового разреза и, в частности, керна, геофизических характеристик скважин. Высокая проницаемость ископаемых рифов более 1 дарси во многих случаях характеризует закарстованные известняки. Пещеристые формы, так же как и высокая кавернозность, характерны для рифов. На таких закарстованных интервалах вынос керна равен нулю. Карстовые зоны фиксируются и по провалу бурового инструмента при бурении. На рифовых месторождениях Хоббз и Ейтс в известняках Кэпитен были встречены пещеристые полости с вертикальными размерами от 3–5 до 10 м. О том, что среди них были карстовые пещеры с натеками, указывает вы б р о с т а л а к т и т а одной из фонтанирующих скважин на месторождении Хоббз (Успенская, 1950).

Размещение и количество закарстованных высокопродуктивных зон в рифовых известняках различно. Часто они расположены в кровле рифовых известняков под флюидоупором. В месторождении Хендрик в рифовых кавернозных закарстованных известняках Кэпитен две пористые зоны расположены на глубинах 50–80 и 113–145 м от их кровли. Они имеют линзовидный характер. В других месторождениях встречается до 5 и более пористых линзовидных зон. Карстовые процессы обуславливают нередко высокие коллекторские свойства пород.

В районе Золотого Пояса (Мексика) наиболее высокодебитные скважины приурочены к закарстованной нефтеносной части массивов рифа Эль-абра (Успенская, Таусон, 1972).

Первичные значения пористости девонского рифа Западно-Тэбукской площади (Тимано-Печорокая депрессия) составляют 10–15 %, а максимальная величина проницаемости – 70 мд. Коллекторские свойства значительно улучшились за счет древнего карста, формировавшегося на границе между франским и фаменским веками. При этом пористость в отдельных участках достигла 30 %, а проницаемость 2 дарси.

Пористость коллекторов месторождения Петерс (Мичиган, США) образовалась в основном благодаря закарстовыванию ненапорными водами, когда верхняя часть рифа находилась выше уровня моря. Месторождение имеет два коллекторских горизонта: карбонаты со средней пористостью 12 % и средней проницаемостью 4 мд, и доломиты со средней пористостью 10,6 % и средней проницаемостью 225 мд (Шарма, 1968).

Х. Ш. Сабилов (1976), изучавший рифогенные коллекторы месторождений Южно-Кумертауское и Озеркинское, установил, что первичная пористость рифогенных пород, исключая коралловые разности, обычно не превышает 6–8 %. Более высокая пористость обусловлена вторичными процессами: карстом (выщелачиванием известняков) и доломитизацией.

Распределение коллекторских свойств в рифовых массивах

Различные виды пустот распределяются в теле постройки неравномерно. В относительно слабо дифференцированных постройках лучшими коллекторскими свойствами обладают центральные части массивов, причем коллекторские толщи могут образовывать более или менее выдержанные пачки (рис. 16). В более слоистых и дифференцированных рифовых

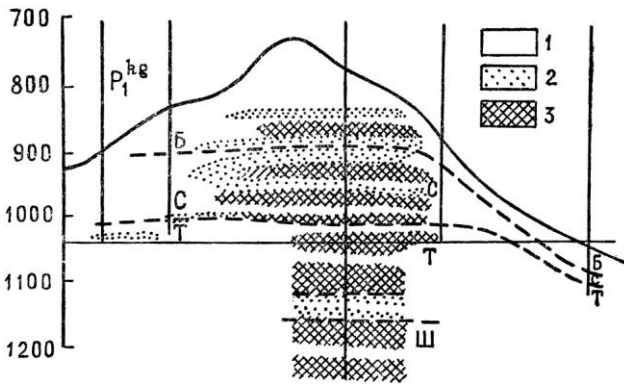


Рис. 16. Условия залегания горизонтов и схема распространения коллекторов Старо-Казанковского массива, Башкирское Приуралье (по Д. Ф. Шамову и В. А. Фролову, 1963): 1 – пористость пород в теле массива (менее 5 %), 2 – то же (от 5 до 10 %), 3 – то же (свыше 10 %, P_1^{kg} – кунгурский ярус, Б – бурцевский горизонт, С – стерлитамакский горизонт, Т – тастубский горизонт Ш – шиханский горизонт

комплексах наблюдается зональное распределение участков повышенных коллекторских свойств, определенное литологической и экологической зональностью. На предрифовом шлейфе, где отлагаются грубозернистые обломочные карбонаты, преобладает межгранулярная пористость. Нередки случаи, когда именно предрифовые отложения обладают наилучшими коллекторскими свойствами. Так, на месторождении

Киркук пористость пород рифовых фаций составляет 8–18 %, проницаемость 0–10 *мд*, а в предрифовых соответственно 13–36 % и 50–1000 *мд*. Аналогично наибольшая пористость отмечается и в породах предрифовых фаций месторождения Редуотер в Канаде (рис. 17).

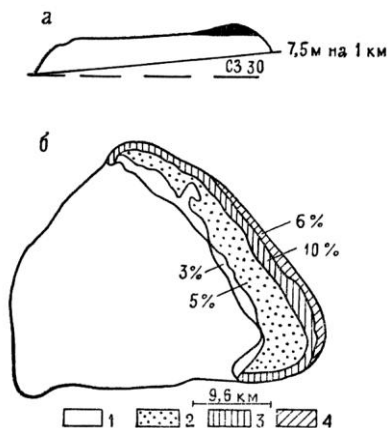


Рис. 17. Риф. Редуктор (по В. Г. Кузнецову, 1971): *а* – современная структура рифа и положение залежи нефти, *б* – коллекторы и фациальные зоны нефтенасыщенной части рифа. Зоны: 1 – зарифовая, 2 – биогермная, 3 – зернисто-обломочная, 4 – обломочная. Цифры показывают среднюю пористость каждой зоны

Тыльные части рифа и зарифовые отложения обычно имеют меньшую пористость и могут даже обладать экранирующими свойствами. Например, на месторождении Хендрик в пределах рифа Кэпитен (США) продуктивными являются сводовая часть рифа и его предрифовый шлейф, сложенный пористыми породами, а зарифовые породы восточного крыла рифа слабопроницаемы и непродуктивны.

Особенности распределения коллекторских свойств по типу пород, слагающих рифы, и массиву в целом были рассмотрены на примере Башкирии В. А. Кошляком и Э. К. Коваленко (1967). Исследования показали, что в сакмаро-артинских рифах Предуральяского краевого прогиба пористость распределена очень неравномерно, так как здесь существует несколько структурно-литологических типов рифов. В пределах отдельных типов распределение пористости более равномерное. В девонско-турнейских рифах Камско-Кинельской впадины в пределах Башкирии распределение пористости сравнительно равномерное, поскольку сами рифы более однородны.

В девонско-турнейском массиве Гежского рифового месторождения (Пермская область) коллекторские свойства обусловлены преимущественно вторичными процессами, в особенности, выщелачиванием, способствующим возникновению в породе значительной кавернозности и пористости (до 22,6 %). Процессы выщелачивания наиболее активно проявились в

пределах свода. Формирование емкости карбонатов связано с перерывом в осадконакоплении (рис. 18).

Таким образом, емкостные свойства рифов могут быть весьма значительными, но распределены они очень неравномерно. Поэтому и притоки нефти и газа из скважин, даже близко расположенных одна от другой, могут резко меняться.

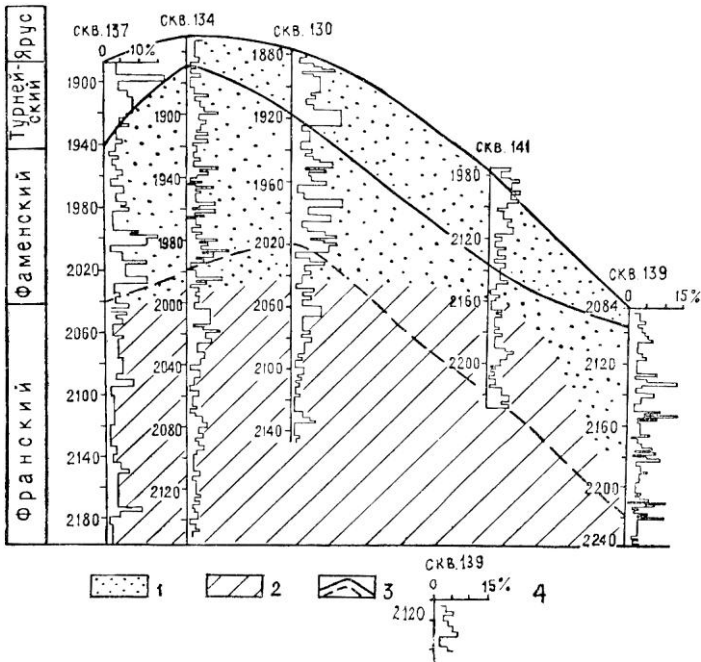


Рис. 18. Профильный разрез через Гежский риф (по Е. Г. Максимовичу): 1 – зона с $K_{п} < 20\%$; 2 – зона с $K_{п} < 10\%$; 3 – стратиграфические границы, 4 – изменение пористости по разрезам скважин

Эти обстоятельства позволяют считать рифы специфическим природным резервуаром со своеобразными коллекторскими свойствами, характером размещения и перемещения флюидов. Высокая продуктивность рифов объясняется также повышенной битуминозностью фациально замещающих рифы глубоководных (депресссионных) отложений (формации Бон Спринг и Делавер Маунтин Пермского бассейна США, «глобигериновые мергели открытого моря» мела и палеогена Персидского бассейна, депрессионные «доманиковые» фации девона-турне Камско-Кинельской системы впадин Волго-Уральской

области и др.), которые являются нефтематеринскими свитами, обладающими высокими продуцирующими способностями.

Геолого-промысловая характеристика рифов и коллекторов

Погребенные рифовые постройки являются самыми ранними ловушками, способными аккумулировать нефть и газ сразу же после перекрытия их флюидоупором (Нефтегазоносность, 1977). Площадь ловушек широко варьирует и зависит в значительной степени от вида, жизнеспособности и условий существования рифостроящих организмов. Так, в Западно-Канадском нефтегазоносном бассейне в районе Ледюк площадь ловушки в среднем равна 5 км^2 , но размер отдельных ловушек достигает 150 км^2 . В районе Зама-Рейнбоу площадь ловушек варьирует от $2,5 \text{ км}^2$ для одиночных рифов до 8 км^2 для атоллов. Площадь каждого из 25 одиночных силурийских рифов провинции Онтарио близка к $0,5 \text{ км}^2$. Высота рифовых построек также колеблется в значительных пределах. Часто они достигают 100–300 м, в исключительных случаях – более 2000 м, например, в Западном Техасе и в зоне Голден-Лейн в Мексике. Поскольку высота рифовых построек довольно значительна и очень часто превышает амплитуды развитых с ними по соседству антиклинальных складок, заключенные в недрах рифов залежи нефти и газа в меньшей степени подвержены переформированию. Они могут сохраниться и даже увеличиться за счет расформирования залежей в близлежащих малоамплитудных антиклинальных складках в результате изменения регионального наклона. Кроме того, в слоях, перекрывающих погребенные рифовые постройки, очень часто образуются структуры уплотнения, которые являются самостоятельными ловушками для углеводородов. Такие структуры, содержащие залежи нефти и газа, широко распространены во многих нефтегазоносных бассейнах, (в Западно-Канадском, Мичиганском, Иллинойском и др.). Часто нефть и газ аккумулируются в антиклинальных складках более молодых отложений, образуя обычные сводовые пластовые залежи. Однако само формирование этих складок обусловлено процессами облекания рифового массива и дифференцированного уплотнения пластичных пород над ним, поэтому образование залежей генетически связано с наличием рифов. Следовательно, можно выделить три группы ловушек, связанных с рифогенными комплексами: собственно «рифовые», образующиеся при формировании органогенных

построек, ловушки в покрывающих отложениях, формирование которых обусловлено наличием массива, и тектонические – структурно-палеогеографические (рис. 19).

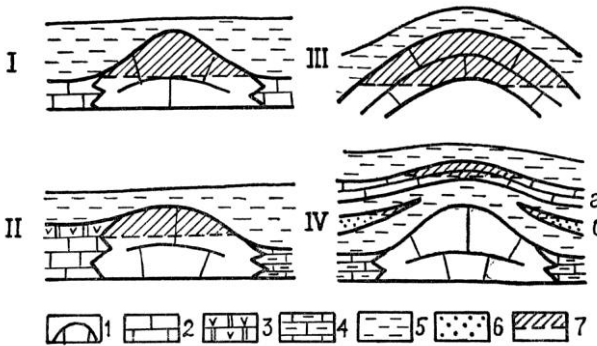


Рис. 19. Основные типы ловушек нефти и газа в рифогенных сооружениях: *I* – палеогеоморфологическая, *II* – литолого-палеогеоморфологическая, *III* – структурно-палеогеоморфологическая, *IV* – ловушки в покрывающих отложениях: а) в атектонических структурах, б) в зонах литологического выклинивания над рифом; 1 – органогенная постройка, 2 – известняки, 3 – плотные непроницаемые доломиты и сульфаты, 4 – известняки глинистые, мергели, 5 – толщи – флюидоупоры различного состава, 6 – песчаники, 7 – ловушки

Приуроченные к рифовым массивам месторождения нефти и газа характеризуются высокими дебитами и большой мощностью продуктивных отложений. Так, в одной из скважин в Мексике, расположенной в зоне Голден-Лейн, дебиты нефти из рифогенных отложений достигали 35,6 тыс. *м³/сут.* Эффективная мощность рифогенных коллекторов также варьирует в значительных пределах. Например, в Западно-Канадском бассейне на территории провинции Альберта эффективная мощность рифогенных пород верхнего девона, продуктивных на 35 месторождениях, в среднем составляет 28 м, но встречаются месторождения, где мощность нефтегазоносной части рифа достигает 190 м. В Мичиганском бассейне эффективная мощность составляет в среднем 30 м. На месторождении Идрис (Интисар-А) в Ливии при общей мощности рифогенного коллектора 365 м его эффективная мощность достигает 292 м.

Для рифогенных коллекторов характерна высокая нефтеотдача. Коэффициент извлечения нефти из них

значительно выше, чем из коллекторов нерифового типа. При обычной закачке воды в пласт он составляет 55–65 %. а при применении более эффективных вторичных и так называемых третичных методов, все более широко применяющихся в

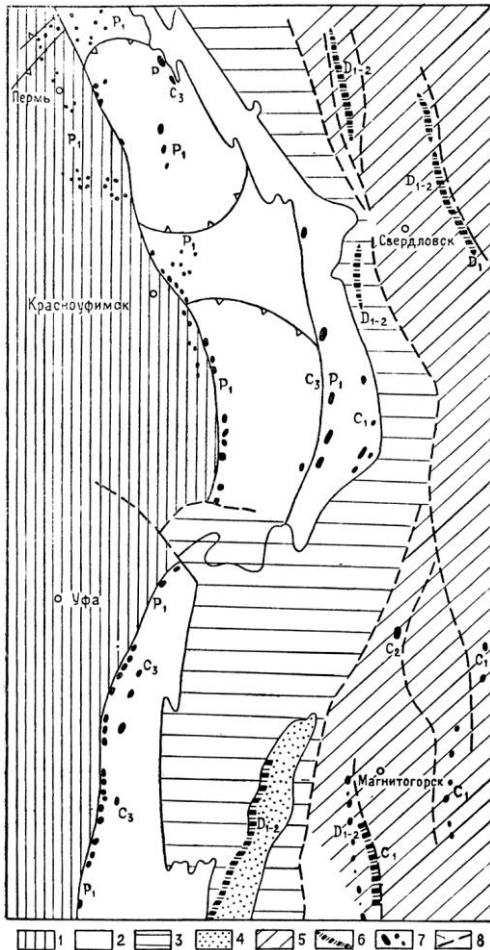


Рис. 20. Схема распространения палеозойских органогенных построек Южного и Среднего Урала. 1 – окраина Восточно-Европейской платформы, 2 – красовой прогиб, 3 – Урал-Тав и Башкирское поднятие, 4 – Зилаирский синклиорий, 5 – звездеосинклиналь, 6 – мощные рифогенные толщи, 7 – мелкие и крупные биогермы и рифовые массивы, 8 – основные разломы

настоящее время за рубежом, коэффициент извлечения нефти из рифогенных коллекторов может быть доведен до 90 %.

Во многих регионах мира открыты и разрабатываются новые нефтяные и газовые месторождения, связанные с рифами разного возраста: палеозойскими – в

бассейнах Западно-Канадском (Канада), Пермском, Мичиганском, Иллинойском, Уиллистонском, Сан-Хуан, Парадокс (США); с мезозойскими – в бассейне Мексиканского залива (США и Мексика); с кайнозойскими – в бассейнах Сирт (Ливия), Салавати, Андаманском (Индонезия) и др.

В нашей стране в отложениях разного возраста рифогенные структуры и связанные с ними нефтяные и газовые месторождения обнаружены в таких регионах, как Прикаспийская впадина, Предуральский прогиб (рис. 20),

Камско-Кинельская система впадин,

Печорская и Амударьинская впадины. Возможно также обнаружение новых нефтяных и газовых месторождений, заключенных в рифогенных постройках, в других районах нашей страны: в Предкавказье (в отложениях юры), в Днепровско-Донецкой и Припятской впадинах (в палеозое) в Иркутском бассейне (в кембрийских образованиях) и в ряде других районов.

Глава III. КАРСТОВЫЕ ОСТАНЦЫ

В тропической зоне, ограниченной $23^{\circ}27'$ северной и $23^{\circ}27'$ южной широты, находятся три континента: Америка, Африка и Азия, имеющие площадь около 50 млн. км². По подсчетам Ж. Корбеля (1970), карбонатные отложения занимают здесь следующие площади, тыс. км²:

Площадь континентов и островов в тропической зоне	Площадь известняковых массивов	Площадь карстовых массивов с осадками	
		>1500 мм	>2500 мм
Африка	21 000	200	100
Америка	16 000	3800	1600
Азия	13 000	3250	2000
	50 000	7250	3700

В районах развития известняков при выпадении в среднем более 1500 мм осадков может возникнуть своеобразный рельеф карстовых останцов. Распространение тропического карста показано на рис. 21.

Консонантный рельеф карстовых останцов известен в тропической зоне. Имеется он и вне этой зоны. Но это уже диссонантный

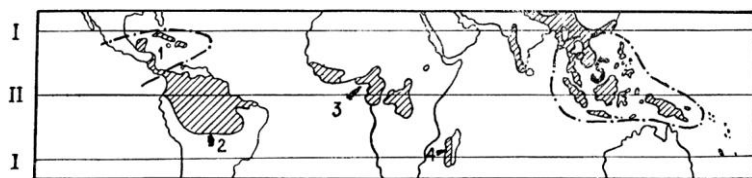


Рис. 21. Карта гумидного тропического карста (по Ж. Корбелю, 1970): I – тропики, II – экватор. Заштрихованы области, где в год выпадает более 1500 мм осадков. Основные карстовые области: 1 – Мексика – Карибы – Антиллы; 2 – Мато Гроссо, 3 – Конго, 4 – Мадагаскар, 5 – Индокитайский п-ов – Малайский архипелаг – Новая Гвинея

рельеф, образовавшийся ранее в условиях тропического климата и сохранившийся на поверхности вне экваториальной зоны.

Буровые скважины и горные выработки вскрывают карстовые останцы, возникшие в тропических зонах палеозоя и мезозоя и погребенные под более молодыми морскими и другими отложениями. Это погребенный останцовый рельеф.

Ниже будут рассмотрены карстовые останцы современных тропических областей и погребенные древние останцы. В карстовых коллекторах последних, при наличии соответствующих условий, нередко имеются залежи нефти и газа. Для понимания генезиса погребенных нефтегазоносных останцов ознакомимся вначале с современными формами.

Карстовые останцы тропических областей

Существует много разновидностей сложенного известняками тропического останцового карста, но все они имеют сходные признаки. Особенности же отдельных форм обусловлены разнообразием литологического состава известняков, их структурой, условиями залегания, геологической историей.

Области останцового тропического карста характеризуются следующими общими чертами.

1. Наличие большого количества вершин на небольшом участке земной поверхности, что позволяет легко узнать эти области с первого взгляда.

2. Рост долин в глубину до уровня местного базиса карста.

3. Сильная поверхностная коррозия, создающая карры. В результате поверхностной аккумуляции карбоната кальция перед нависающими частями выступов известняков у крутых, отвесных стен и входами в пещеры возникают сталактиты-занавеси.

4. Образование больших краевых равнин на уровне базиса карста.

5. Наличие пещер у подножья останцов. Если равнина находится в стадии активного развития, то на уровне краевых равнин или высокого стояния воды образуются желоба. Пещеры могут образовываться и в средней части останцов, на прежних уровнях их подножья.

В краевых зонах происходит самое энергичное разрушение карстующихся пород.

Настоящий останцовый тропический карст, несмотря на лесной покров, представляет собой области голого карста, так как здесь отсутствует почва. Растения произрастают на известняках и корневая система приурочена к трещинам, карам

и отверстиям в карстующихся породах. Они имеют непосредственный контакт с известняками. Г. А. Максимович (1977) выделил кубинский тип останцового тропического карста (рис. 22).

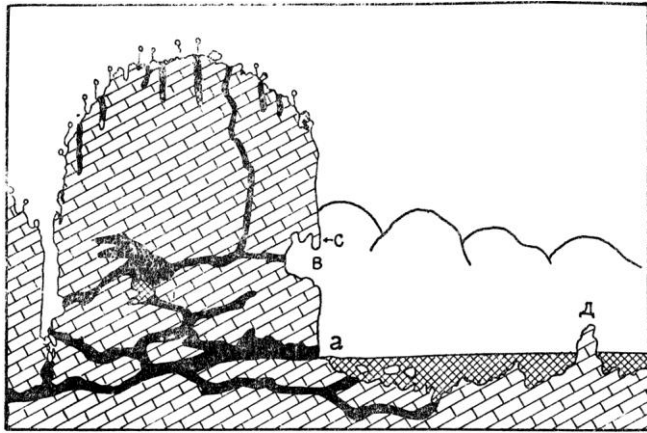


Рис. 22. Карстовый останец на краю карстовой равнины с погребенным карстом (по А. Нуњес Хименесу). Пещеры: *a* – на уровне равнины, *b* – верхняя; *c* – сталактиты, *д* – изолированный карвовый камень «Собачий клык» и карры под почвенным покровом

Более подробно карстовые останцы современных тропических областей мы не рассматриваем, так как они были ранее освещены в печати (Максимович, 1963).

Типы останцового тропического карста. Распространение сложенного карбонатными отложениями останцового

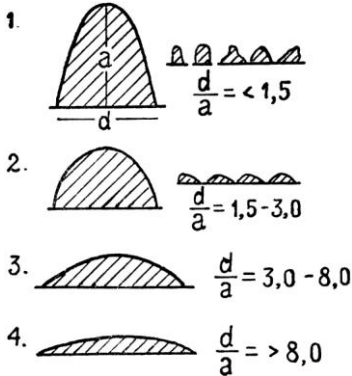


Рис. 23. Морфометрические индексы основных типов тропического останцового карста (по Д. Балажу, 1973). Типы карста: 1 – яншо, 2 – органос, 3 – севу, 4 – туал.

карста указывает на то, что для образования его необходимы влажный теплый безморозный климат с осадками, выпадающими в течение всего года, высокими температурами в течение длительного лета. Различают компактные и изолированные останцы.

Д. Балаж сделал попытку свести все многообразие карстовых останцов к четырем типам. В основу он взял морфометрический индекс ММ (рис. 23).

ММ – это частное от деления поперечника основания карстового останца d в м на его высоту в м или d/a . Пользуясь этим индексом, Д. Балаж, который считает его морфогенетическим, выделил четыре основных типа тропического останцового карста (рис. 24).

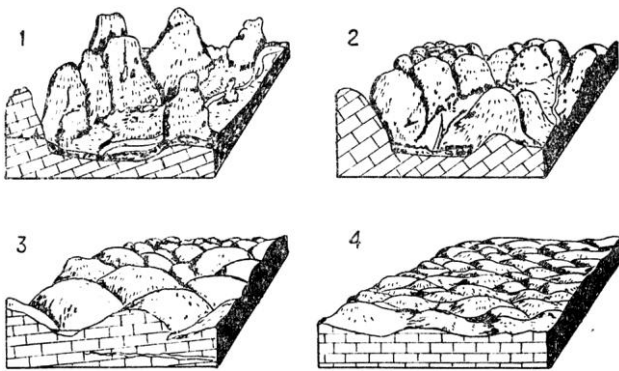


Рис. 24. Типы тропического останцового карста (по Д. Балажу, 1973) 1 – яншо, 2 – органос, 3 – севу, 4 – туал

Тип я н ш о. Яншо – небольшой город в провинции Гуанси в Китае, южнее г. Гуйлинь. Это часть Гуйцзянского карстового района с рельефом островных гор, наиболее характерная группа которых находится вблизи Яншо.

1. Тип о р г а н о с. Он назван по Сьерра-де-лос-Органос на Кубе. Здесь севернее города Виньялес развит останцовый карст.

2. Тип с е в у. Это карстовое плато Гуонг Севу, или «Тысяча холмов», в Индонезии на юге острова Ява. В карстоведческой литературе этот тип называют кегель карст.

3. Тип т у а л. Этот тип назван по небольшому населенному пункту Туал на острове из группы островов Кай, находящихся южнее Новой Гвинеи. Остров сложен плио-плейстоценовыми

коралловыми известняками, а рельеф его сформирован карстом.

Сопоставление морфометрических характеристик четырех основных типов тропического останцового карста

Тип	ММ индекс	Высота останцов, м	Количество форм на км ²
1. Яншо	<1,5	100–300	5–10
2. Органос	1,5–3,5	50–200	10–20
3. Севу	3–8	30–120	15–50
4. Туал	>8	10–50	0–50

Приведенные четыре типа не являются стадиями денудации, так как морфометрически сходные останцы образовались в разных геологических, климатических, гидрогеологических условиях в течение различных отрезков времени. Например, тип яншо сформировался за более длительное время, чем севу.

Генетическая корреляция между этими типами по большей части отсутствует. Например, тип туал не может превратиться в тип яншо. В некоторых случаях трудно отнести карст к одному из четырех типов. В Северном Вьетнаме и Лаосе есть карстовые районы, переходные между типами яншо и органос. Это яншо-органосский тип. В других случаях могут быть промежуточные типы органос-севу, севу-туал.

В каждом из четырех типов возможны два подтипа: плотный с близким расположением останцов и островной, где карстовые горы и холмы в результате денудации расположены изолированно. Подтипы, в свою очередь, разделяются по гидрогеологическим условиям: а) с неглубоким залеганием уровня подземных вод (поверхностный и подземный дренаж), б) приподнятые, с преобладанием подземного дренажа.

Тип яншо развит в Китае и Вьетнаме. В Китае в каменноугольных, пермских и каменноугольных, реже триасовых и пермских известняках в провинциях Гуанси, Гуйчжоу и Юньнань, где выпадает 1200–1914 мм осадков, а в Юньнани – 937, развиты останцы высотой 100–300, 100–250, 50–150, 10–80, 80–200 м и в Юньнани 100–250 м. Во Вьетнаме в пермских и каменноугольных известняках на севере, на суше и в заливе Ха-Лонг развиты останцы высотой 100–20 и 50–200 м. Здесь выпадает 1350–1770 мм осадков.

Тип органос более широко развит. К нему относится останцовый карст Кубы, Пуэрто-Рико, Ямайки, южного Юкатана

в Мексике и Гватемалы, Южной Мексики, Индонезии (Суматра, Ява, Сулавеси, Западный Ириан). Высота останцов 50–100, 50–120, 50–150, 80–150, 80–200 и 100–200 м. Возраст известняков от каменноугольного до миоцена. В Средней Америке количество осадков 1200–2500 мм и только в Ю. Мексике в районе Табаско 4000 мм. В Индонезии – 1849– 819 мм.

Тип севу развит в миоценовых известняках островов Индонезии (Ява, Бали, Сумба) и в среднем Юкатане (Мексика). Количество осадков 953–3720 мм. Высота холмов от 30– 80, 50–80 до 50–120, 50–150 м.

Тип туал известен в Индонезии на острове Сулавеси (СЗ) и других небольших островах, в северном Юкатане в Мексике, «в средней и южной частях Флориды. Он развит в плиоценовых, плио-плейстоценовых и миоцен-плиоценовых известняках. Высота останцов 10–30, 10–50, 20–50, 30–80 и 50–100 м. Количество осадков 1642–3475 мм (Balazs, 1973, Максимович, Горбунова, 1972).

Пещеры карстовых останцов

Одним из проявлений карста в тропических останцах являются пещеры. Они располагаются на разных гипсометрических уровнях и находятся в различных стадиях развития. В карбонатном массиве еще до появления останцов напорные воды по трещинам могут образовать каналы. Это пещеры, находящиеся в фреатической (напорной) стадии, признаками которой являются углубления и выступы в потоке проходов и гротов.

Поднятие района и формирование останцов приводит к вскрытию карстовых каналов и переходу их в ненапорные условия или вадозную стадию. В некоторых останцах пещеры оказываются на уровне окружающей равнины и проходят коридорно-речную, коридорно-озерную, коридорно-гrotовую натечно-осыпную стадии (Максимович, 1969). Возникший в фреатическую стадию канал расширяется эрозией, а также обрушением свода. Река приносит в пещеру аллювиальные песчано-глинистые отложения. Начинается формирование различных натечных образований на своде, стенах проходов и гротов, а в коридорно-гrotовую натечно-осыпную стадию, когда потока уже нет, также на стенах и на полу гротов.

Новое поднятие района и рост высоты останцов обуславливает переход карстовых каналов в почти сухие условия. Карстовые пещеры оказываются уже на некоторой высоте над окружающей останец равниной – в коридорно-гrotовую, натечно-осыпную и обвальную-цементационную стадии. В первую из них наблюдается капеж инфлюационных вод с потолка, который может быть обильным ввиду большого количества атмосферных осадков. Во вторую стадию преобладает только конденсация.

При отрицательном движении земной коры и опускании останцов они могут быть затоплены, как это имеет место в классическом примере бухты Ха-Лонг. Затопленные останцы уменьшаются за счет абразии, а в зависимости от величины опускания морские воды наполняют карстовые пещеры только во время штормов или постоянно. При новом поднятии в основании многих останцов наблюдаются глубокие абразионные ниши.

При затоплении речной водой или боковым врезании поверхностных водотоков эти ниши имеют эрозионное происхождение.

Рассмотрим в качестве примера некоторые пещеры в карстовых останцах.

Во Вьетнаме, в северной части страны, в останцах, сложенных палеозойскими известняками, сухие пещеры используются в культовых целях как подземные храмы. В бухте Ха-Лонг имеются возвышающиеся над морем и заполненные пещеры (Зубашенко, 1961), вероятно наличие абразионных пещер и ниш.

Южный Китай. В районе Пулунга (Гуанси), по Д. Балажу, пещера в карстовом останце используется для религиозных целей.

Таиланд. В восточном Таиланде в провинции Ратбури в группе изолированных карстовых останцовых холмов находится пещера Русси, оборудованная как буддийский храм. Много пещер в останцах провинции Петбури. Пещера Кхао Луанг, богатая сталактитами и колоннами, имеет высоту залов до 15–20 м. Она также оборудована для культовых целей. Есть в этой провинции вторая останцовая пещера – Русси.

В южном Таиланде пещера Сувани Ку представляет тоннель длиной до 361 м, причем ширина ее у входа до 20 м. В полости обитает до ста летучих мышей. Пещера используется как монастырь. Другая пещера – Слоновая – является туристическим объектом. Вблизи входа оборудован небольшой храм. Протяженность ходов высотой 2–3 м и различной ширины около 0,5 км.

На полуострове Малакка в дельте р. Панга (Phangnga) на островах, представляющих останцы высотой до 300 м, развиты карстовые арки, абразионные и сквозные карстовые пещеры. Две сквозные пещеры представляют тоннели, которые можно посетить только на лодке. Натечные образования в них редки. В этом же районе в останцах есть пещера Лод длиной 50–60 м, шириной 20 м и высотой 5–10 м. Это тоже сквозной речной тоннель, но богатый натеками. Сталактиты достигают длины 4 м. Другая подобная пещера на острове-останце имеет длину 50 м и тоже доступна только на лодке (Kusch, 1976).

Малайзия. В северной половине, в районе распространения карбонатных пород, широко развит останцовый тропический карст и карстовые останцы имеют обрывистые склоны и зубчатые вершины. К ним приурочены пещеры, расположенные на разных уровнях. Они образуются по двум перпендикулярным друг к другу системам трещин и плоскостям напластования. Проходы их преимущественно широкие и низкие. Встречаются и крупные гроты (Gobet, 1965). В качестве примера полости в останце можно привести туристские пещеры Вагу в южной части полуострова Малакка недалеко от столицы Куала-Лумпур, где имеется и музей.

Филиппины. Пещера Бализен в провинции Кесон на небольшом островке недалеко от Лусена находится у подножья небольшого карстового останца на уровне моря. Во время шторма морская вода устремляется в первую часть полости.

Гватемала. В департаменте Альта Верапас развит останцовый рельеф меловых известняков. В районе р. Канделария в карстовых холмах наблюдаются два этажа пещер. Верхний сухой со сталактитами, сталагмитами и обвальными отложениями на полу. Он находится примерно на уровне подножья моготов. В нижнем этаже течет подземная часть р. Канделария. В месте первого поглощения высота около 170 м, а в окончании подземного течения 160 м. Здесь имеются карстовые мосты. На своем подземном пути в пониженных участках рельефа река шесть раз выходит на поверхность (Delamar Debautteville, Juberthie, 1976).

Венесуэла. В штате Миранда в останцах, сложенных верхнеюрскими доломитами и доломитизированными известняками, описано несколько пещер. Сведем данные об их размерах в таблицу.

№ пещеры	Длина, м	Глубина, м	Другие данные
15	7	–	сталактиты длиной до 5 см, микрогуры
16	28	14	
17	20	6	
18	37	14	имеется 3 входа и сообщение с № 17
19	5	1	
20	13,5	1	высота ходов 3–7 м
21	20	1	
22	195	11,5	сложный план
23	17	10	
24 (Индо)	120	21	высота до 10 м
25	74	1,5	2 входа (Catastro, 1970)

В этом же районе имеется два останца. В первом, поперечник которого 50 м, находится указанная выше пещера 25. Она сквозная и имеет два выхода с одной стороны и один с другой. Второй продолговатый останец длиной 120 м шириной 10–40 м характеризуется наличием восьми пещер, из которых наибольшая сквозная имеет длину около 60 м и грот с поперечником 16 м (Pereira, 1973).

Немногочисленные примеры показывают, что в карстовых останцах пещеры развиваются на разных уровнях и имеют длину 50–300–500 м. Они могут быть проходными и тогда длина простых коридорных пещер зависит от величины останца. Высота проходов обычно 2–3 м, а отдельных гротов до 15–20 м. Ширина полостей в больших останцах достигает 50 м. В небольших карстовых останцах Гватемалы и Венесуэлы длина пещер 5–195 м, высота ходов и гротов 3–10 м.

Приведенные выше данные представляют практический интерес, так как при захоронении подобных древних останцов пещеры в них могут превратиться в огромные резервуары нефти и газа.

Погребенные палеокарстовые нефтегазоносные останцы

Погребенные палеокарстовые останцы часто содержат прекрасные коллекторы нефти и газа. Вместительными могут быть как полости внутри останца – пещеристые, органые трубы и другие подземные формы, так и карры, заполненные продуктами выветривания, карстовой брекчией, а также обломки обрушения у подножий останцов. Для сохранения газа и нефти в останцах необходимо, чтобы они были перекрыты флюидоупорами.

Погребенный останцовый тропический палеокарст имеется во многих нефтегазовых районах, в частности в Волго-Уральской провинции. В классификациях и описаниях его обычно называют «залежами, приуроченными к эрозионным выступам древнего рельефа» или просто эрозионными останцами. На Башкирском своде в месторождении Кушкуль нефтеносен карстовый останец, сложенный верхнедевонскими карбонатными породами (рис. 25). Предполагают наличие таких месторождений

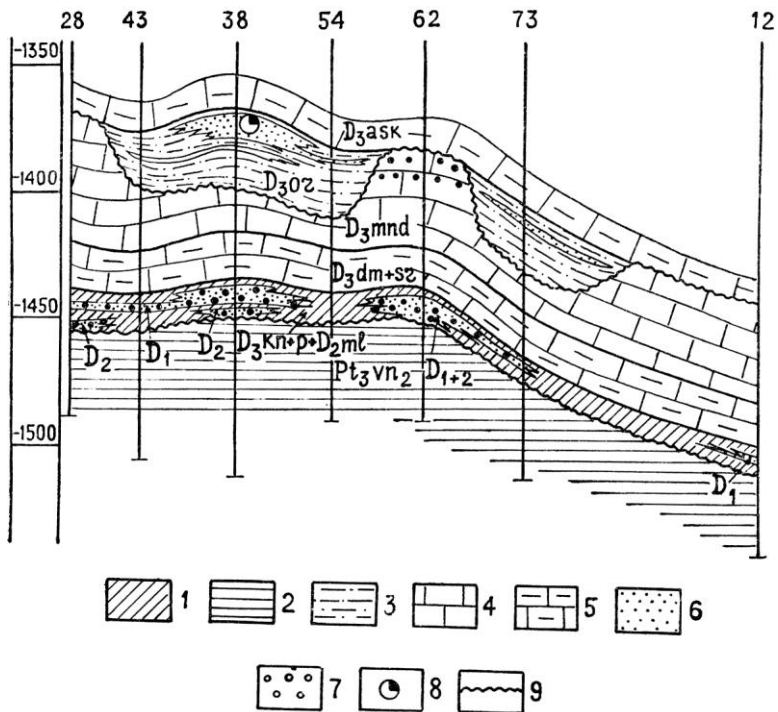


Рис. 25. Геологический профиль через Кушкульский нефтеносный погребенный карстовый останец в Башкирии (по В. С. Цоцуру, 1977): 1 – алевролиты и аргиллиты кыновского, пашийского и муллинского горизонтов; 2 – верхнедевонские отложения; 3 – алевролиты и аргиллиты орловского горизонта; 4 – карбонатные породы; 5 – глинистые карбонатные породы; 6 – песчаники; 7 – промышленная нефтенасыщенность пород; 8 – нефтепроявления; 9 – размыв

и в других районах Башкирии (Цоцур, и др., 1975). В Оренбургской области высота карстовых останцов достигает 50 м. Наибольшее количество таких останцов с высотой менее 20 м известно на Большекинельском валу. В Покровском месторождении в поровотрещинно-каверновом коллекторе известна залежь нефти. Дебит скважин достигает 120 м³/сут. Пористость известняков 4,2–13 %, средняя проницаемость по керну 91 мд, по промысловым исследованиям достигает 223 мд. В 40–60 м от кровли коллектора прослеживается отличный карстовый коллектор, при прохождении которого в скважинах отмечались катастрофические поглощения промывочной жидкости и провала инструмента. Последний

приурочен к подошве останца. Бараковское нефтяное месторождение также приурочено к зоне поглощений карстового останца (Мельникова, Мясникова, 1966).

Поиски нефти и газа нужно производить как на участках высокого залегания карстовых зон под флюидопорами, так и на уровне оснований останцов, где могут быть крупные полости. В Предкарпатском прогибе карстовые останцы, сложенные известняками и доломитами верхней юры и мела, известны в газовых месторождениях Гробла, Джикув и других (Бакиров и др., 1971, с. 358–359). В Венгрии месторождение нефти Надьлендел приурочено к останцу из доломитов триаса, на востоке граничащего со сбросом амплитудой 0,5 км. В месторождении Хахот продуктивен останец, сложенный известняками верхнего мела и триаса, ограниченный с востока сбросами. Карбонатные отложения этих двух месторождений трещиноваты и закарстованы. Массивные залежи приурочены к расширенным карстом трещинам и полостям. Пористость составляет 9–10 %, причем первичные полости имеют подчиненное значение. Останцы возникли в послемезозойское время, когда карстовые процессы создали также полости и расширили трещины. В Мексике, в районе Золотого пояса, риф Эль-Абра, сложенный известняками нижнего мела и юры, характеризуется рифовыми массивами и карстовыми останцами (эрозионными выступами), расположенными по гребню рифа, имеющего высоту до 1000 м. Нефтеносна верхняя закарстованная часть. В Западно-Канадской провинции в нефтеносном районе Эдисон в сильно эродированных миссисипских известняках, перекрытых на глубине 2600–3000 м юрскими и меловыми отложениями, в карстовых останцах имеются нефтяные, газовые и газоконденсатные залежи (Успенская, Таусон, 1972, с. 177).

Значительное число нефтяных и газовых месторождений, приуроченных к палеокарстовым останцам, описано Н. Ю. Успенской (1950) для США.

В Мичиганской синеклизе наиболее широко распространены нефтяные и газовые залежи в известняковых останцах девонского возраста. Основной эксплуатационный объект – свита данди. Промышленная нефтеносность известняков и доломитов девона обусловлена их литологическим составом, т.е. наличием пористых и кавернозных зон с высокой нефтеотдачей. Пористость их обычно весьма неравномерна и зависит от изменения породы выщелачиванием атмосферными водами по трещинам и поверхностям напластования. Во время перерывов в осадконакоплении известняки были выведены на поверхность и закарстовывались. Это доказывается тем, что пористые

зоны всегда располагаются близ тех горизонтов разреза, где имелись стратиграфические перерывы.

Н. Ю. Успенская считает, что останцы формировались совместно с осадкообразованием, но, по-видимому, это не так. Здесь мы имеем группы карстовых останцов, закарстованных в различной степени. Распределение пористых зон в известняках весьма неправильно, они часто «линзовидного» строения, поэтому нефтенасыщение в пределах залежей неравномерное. Не всегда продуктивные участки отвечают приподнятой части останца.

В месторождении Бакай имеются нефтеносные зоны с повышенной пористостью. Они залегают на глубине 1200–2110 м в интервале 10–12 м под внутриформационным несогласием известняков роджерс сити и более или менее параллельны напластованию. Мощность пористых нефтеотдающих зон точно не установлена и сильно меняется. Пористый интервал составляет в среднем 3 м, хотя во многих скважинах он меньше – около 1,3–2,3 м. Поведение стратоизогипс известняков на структурной карте месторождений Бакай самое разнообразное. Стратоизогипсы имеют резкие отклонения около отдельных скважин. Это наблюдается и на структурной карте месторождения Маскегон. Можно предположить, что большинство скважин вскрывает вершины или склоны отдельных останцов и лишь некоторые попадают в понижения между ними.

В месторождении Клейтон нефтеносность известняков данди также непостоянна. Наибольшие дебиты (125 м/сут) дают скважины северного крыла, тогда как сводовые скважины мало продуктивны. Особенно непостоянна пористость, а следовательно, и нефтеносность среднедевонских известняков трэверс. В этих породах нефтяные скопления распространены пятнами, и в некоторых случаях наблюдается наличие нефти в понижениях.

Крупное промышленное значение имеют нефтяные горизонты в известняковых толщах нижнего отдела миссисипских слоев и девона Иллинойской синеклизы. Нефтеносность их приурочена к зонам повышенной пористости и проницаемости, имеющимся в верхней части известняков, и обусловлена изменением их литологического состава. В миссисипских слоях нефтеносны пористые известняки в свитах сентдженевив, сент луис и осэйдж. В некоторых случаях на антиклинали Ла Саль пористые зоны возникли вследствие древнего закарстования известняков в пределах останцов под поверхностью несогласного залегания. Горизонт сент луис местами продуктивен в пределах антиклинали Ла Саль в отдельных останцевых выступах древнего рельефа миссисипских известняков.

Это, по-видимому, карстовые останцы, перекрытые пенсильванскими осадками (месторождения Мартинсвилл, Вестфилд). Нефтеносная зона мощностью 6–7 м располагается на глубине от 1,5 до 3,5 м ниже кровли известняков. Здесь очень ясно видна зависимость появления пористых продуктивных зон от степени древнего закарстовывания миссисипских известняков. В месторождениях центральной и западной частей бассейна горизонт сент луис мало продуктивен. Горизонт сэлем является одним из основных в месторождении Сэлем в центральной части бассейна, а в остальных месторождениях дает небольшую добычу.

В Западной внутренней синеклизе, в районе поднятия Семинол, в домиссисипское время возникли крупные поднятия, в своде которых были разрушены силуродевонские известняки. Поверхность их представляет карстовые останцы.

В этом же бассейне имеются указания на наличие древней краевой равнины. В кровле миссисипских известняков, под влиянием коррозии во время допенсильванского перерыва, в отдельных районах образовался своеобразный конгломерат – так называемая остаточная кремнистая порода, которая местами содержит нефть и газ. Он выделяется под названием горизонта уэлч. Это рыхлая кремнистая щебенка мощностью до 50 м является продуктом разрушения миссисипских известняков. Она образуется на склонах погребенных известняковых останцов.

В известняках арбокл, подстилающих свиту симпсон, высокопродуктивна верхняя пористая зона, которая образовалась в результате закарстовывания известняков. Денудация срезала известняковую толщу до различной глубины. Поэтому нефтеносная зона имеет разное стратиграфическое положение. Эта зона закарстованных известняков иногда называется «свитой кремнистого известняка», или горизонтом тэркли маунтин. Иногда в известняках имеются внутриформационные несогласия и появляются несколько продуктивных зон. На месторождении Оклахома Сити богатые залежи содержатся в зоне, залегающей на глубине более 150 м от кровли известняков.

Начальные суточные дебиты скважин из известняков арбокл очень неравномерны. В исключительных случаях они достигали 2250 г (Эльдорадо), но иногда не превышают 25 т (Коффвилл, Канзас). В Западном Канзасе дебиты скважин порядка 50–350 т/сут. Известняки арбокл продуктивны в ряде месторождений Оклахомы. В Западном Канзасе они являются наиболее богатым горизонтом. В тех месторождениях, где нефтеносны оба горизонта – вилкос и арбокл, наблюдается,

что в одном из них нефтеносность обычно большая, а в другом средняя.

В залежах, приуроченных к погребенным карстовым останцам, связь с несогласиями выступает очень рельефно. Все эти залежи располагаются под поверхностями несогласия, которые, обуславливая в ряде случаев возникновение структурной ловушки, являются также важным фактором и в образовании коллекторских толщ – зон повышенной карстовой пористости и проницаемости в известняках и доломитах. Это очень хорошо заметно в многочисленных случаях перекрытия ордовикских известняков арбокл пенсильванскими и миссисипскими слоями, а также миссисипских и девонских известняков в сводах погребенных останцов и структур.

На ряде мелких месторождений Оклахомы, где своды погребенных структур не были глубоко разрушены и над известняками арбокл сохранилась свита симпсон, наличие в этих известняках промышленно-нефтеносных пористых зон также можно объяснить второстепенным несогласием, имеющимся в основании данной свиты.

В локальных поднятиях данной провинции широкое распространение имеют, по-видимому, залежи массивного типа в сводовых частях погребенных поднятий или на вершинах погребенных останцов. В центральной части Североамериканской платформы массивные залежи обычно возникают в известняковых поднятиях, которые образовали выступы над поверхностью моря. Они характерны для ордовикских известняков арбокл и вайола, для миссисипских и девонских известняков и, по-видимому, встречаются также и в известняках пенсильванского возраста.

В массивных залежах, связанных с карбонатными породами, в пределах общего резервуара может быть несколько продуктивных кавернозных пористых зон повышенной нефтеотдачи. Они не всегда располагаются непосредственно над основной поверхностью несогласия. Такие же соотношения наблюдаются в миссисипских и девонских известняках Мичигана, Иллинойса и в трентонском известняке Лима-Индиана. В Предаппалачском передовом прогибе палеозойской складчатости в месторождении Биг Синкинг, Кентукки, нефтеносны закарстованные среднедевонские известняки корниферус. Поверхность их характеризуется останцовым рельефом. Высота останцов 30–50 м. Размеры в плане 1,1×0,8; 2,5×0,9; 0,9×0,5 и 0,6×0,5 км. Имеются и карстовые впадины, наибольшая из которых 1,8×0,2 км.

В Западном Техасе на Центральной платформе Пермской окраинной синеклизы нефтеносны карстовые останцы месторождения

Эпко высотой 80–100 м с поперечником 1–1,5 км. Древняя закарстованная поверхность сложена моноклинально залегающими ордовикскими доломитами и известняками элленбэргер, перекрытыми пермскими сланцами. Длительный ордовикско-пермский континентальный перерыв обусловил не только создание останцового рельефа, но закарстовывание и доломитизацию карбонатных отложений элленбэргер. Нефть заполняет не только останцы, но и каверны в отложениях между ними. Отложения ордовика залегают на размытой поверхности докембрийского комплекса изверженных и метаморфических пород (Леворсен, 1958, с. 192). Скопление нефти и газа приурочено к карстовым останцам, перекрытым сланцами охайо. Нефть и газ в доломитах насыщает три более пористые зоны, находящиеся в нижней части останцов.

Не следует думать, что в нефтяных районах все карстовые останцы продуктивны. Нефть и газ содержится в них только при наличии карстовых и других коллекторов. Так, в США в провинции Вичита-Амарилло на месторождении Крайнервилл, Оклахома погребенный под нефтеносными пенсильванскими базальными песчаниками рельеф ордовикских известняков выражен карстовыми холмами высотой до 15 м. Эти холмы не содержат нефть (Успенская, 1950, с. 293–294).

В нефтяных районах кроме карстовых останцов в некарстовующихся породах развиты и эрозионные останцы. В качестве примера можно указать месторождение Робберсон на западном склоне поднятия Арбокл. Газонефтяная залежь в ордовикских песчаниках свиты симпсон массивная, насыщает вершину эрозионного останца и подстилается водой. Начальные дебиты скважин достигали 1000 м³/сут, но быстро уменьшались.

В некоторых районах наблюдаются нефтяные месторождения как в карстовых, так и эрозионных останцах. Например, на своде поднятия Центрального Канзаса залежи нефти месторождений Бемис-Шоттс, Трапп и других приурочены к карстовым останцам, сложенным закарстованными известняками арбокл. На месторождении Трапп из останцов было добыто около 20 млн. т нефти. Нефтяные месторождения Крафт-Прэсе, Орт и другие – это эрозионные останцы, сложенные трещиноватыми докембрийскими гранитами и кварцитами (Успенская, 1972, с. 86).

Приведенные данные показывают, что палеокарстовые останцы тропического типа довольно распространены. Различие в коллекторских свойствах отдельных участков карстовых

останцов обусловлено происхождением. В палеокарстовых останцах нефть и газ не обязательно приурочены к наиболее высокой части древних холмов и гор.

Наиболее закарстованная пещеристыми полостями часть, фиксируемая провалами инструмента и катастрофическим уходом бурового раствора, может находиться на уровне древнего базиса карста, совпадающего с подошвой останцов. Это необходимо иметь в виду при разбурировании останцов.

Следует также учитывать, что некоторые палеокарстовые останцы представляют рифы, отпрепарированные коррозией во время континентальных перерывов. Это еще больше усложняет отделение останцовых коллекторов от рифовых.

Какова же геотектоническая приуроченность останцовых месторождений. Нефтегазоносные карстовые останцы характерны для Предуралья, Предкарпатского, Западно-Канадского, Преаппалачского прогибов. На платформах они приурочены к бортам Камско-Кинельской системы прогибов, Пермской, Мичиганской, Иллинойской, Западной внутренней синеклизам в США. Возникают они в карбонатных толщах, длительное время находившихся в субаэральных условиях. Так, в Пермской синеклизе континентальный перерыв продолжался от ордовика до перми, в Западной внутренней синеклизе – от ордовика до Пенсильвания, в Западно-Канадском прогибе – от миссисипия до юры. Карстовые останцы образуются на границе двух структурных ярусов.

Место нефтегазоносных карстовых останцов среди денудационных выступов древнего погребенного рельефа

В нефтяной геологии в качестве одного из видов месторождений нефти и газа в платформенных областях Н. Ю. Успенская выделяет останцы древнего рельефа, которые отнесены к подгруппе денудационных. Они входят в группу атектонических седиментационно-денудационных типов месторождений.

Г. А. Максимович на основании новых данных уточнил классификацию группы атектонических денудационных типов месторождений нефти и газа. Она делится на две подгруппы: карстовую и монадноки. Карстовая уже была выше подробно рассмотрена.

Монадноки – это остаточные горы-свидетели, возвышающиеся над пенепленом. Они возникли в результате селективной денудации за счет выветривания и выноса продуктов дезинтеграции водными потоками. Так как удаление продуктов выветривания производится реками, то их иногда называют эрозионными останцами. Современный рельеф островных гор характерен для Африки, севера Южной Америки (Венесуэла), где континентальные условия длились десятки и сотни миллионов лет.

Монадноки делятся на две подгруппы: отпрепарированные рифы и остаточные возвышенности. В качестве примеров современного рельефа отпрепарированных рифов можно указать рифовый останец на курорте Ключи в Пермской области, башкирские шиханы, толтры на Западной Украине, рифовые одиночные горы на Дальнем Востоке. Подобный погребенный

Таблица 10

Классификация денудационных нефтегазоносных останцов
(по Г. А. Максимовичу, 1977)

Типы месторождений			Петрография останца	Тип резервуара	Преобладающий тип коллектора	Примеры месторождений г – газовые
Группа	Подгруппа	Класс				
Денудационные	Карстовые	Тропические останцовые	Карбонаты	Преобладает массивный	Пещеристый, каверновый, карстовый	Кушкуль, Башкирия; Покровское, Бараковское, Оренбург; Биг Синкинг, Кентукки; Гробла, Джикув, Польша (г)
		Отпрепарированные рифы				
	Монадноки	Остаточные возвышенности (хартлинги)	Граниты и кварциты		Поровый	Робберсон, Оклахома
						Грещинный

древний рельеф также нередкое явление. В качестве примера можно назвать месторождение Шакша в Башкирии. Некоторые считают, что девонские останцы южной вершины Татарского свода также отпрепарированные денудацией рифы.

Вторая группа монадников – это остаточные возвышенности в виде островных гор и холмов. Они сложены обычно более прочными устойчивыми к деструкции породами. В зарубежной литературе их часто называют хартлингами. Этим подчеркивается роль прочности, твердости и устойчивости слагающих горных пород к агентам денудации и образования таких останцов. Русский перевод этого термина – твердыши – не прижился.

По петрографическому составу слагающих пород нефтеносные хартлинги могут быть разделены на песчаниковые и гранитно-кварцитовые.

Классификация денудационных нефтегазоносных останцов приведена в табл. 10.

Глава IV. КАРСТ СЛОИСТЫХ КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ

Среди нефтяных, газовых и газовой-конденсатных залежей и месторождений в карбонатных отложениях преобладают приуроченные к слоистым толщам. Г. А. Максимович разделил их на локально- и регионально-каверновые (Максимович, Армишев, 1962; Максимович, 1973).

Новые данные показали, что кроме преобладающих каверн в этих коллекторах различную и часто значительную роль играют пещеристые полости, поры выщелачивания, закарстованные трещины (Быков, 1973), сутуро-стилолитовые швы (Максимович, Быков, 1969), другие карстовые образования. Это побудило Г. А. Максимовича в настоящей работе именовать их локальными и региональными карстовыми коллекторами.

Геолого-гидрогеологические условия формирования локальных и региональных карстовых коллекторов

В слоистых толщах карстовые полости при локальном развитии образуют локально-карстовые коллекторы. Локально-карстовые коллекторы в слоистых карбонатных толщах возникают в разнообразных геотектонических условиях. Можно выделить две основные группы – структурные и эпэйрогенические, формирующиеся во время континентальных перерывов в осадконакоплении.

Складка или другая структура, сложенная слоистыми карбонатными отложениями, в инфлюационный этап оказывается выше уровня моря и интенсивно карстует. Наиболее интенсивна коррозия свода складки. Благодаря растяжению образуется серия трещин, которые становятся путями атмосферных осадков. Структура карстует на глубину от десятков до сотни метров.

В зависимости от расчлененности рельефа, длительности континентального перерыва, обилия атмосферных осадков, чистоты карстующихся карбонатов и других факторов мощность закарстовываемой зоны различна. Обычно разнообразные глубинные карстовые полости не распространяются ниже средней части антиклинальных складок. Ядра структур и крылья складок, находящиеся в зоне сжатия, чаще всего не карстуются. Исключения довольно редки. В результате зона инфлюации развивается в сводовой части складок и имеет локальный характер. Возникающие при этом карстовые полости отнесены к локально-карстовым коллекторам.

Локально-карстовые коллекторы складчатых и других тектонических структур развиты в складчатых областях, краевых прогибах и на платформах.

В. С. Яблоков (1973) на примере Русской платформы установил, что в палеозое суммарная длительность континентальных условий от кембрийского до пермского периода была равна 150 млн. лет. Для выщелачивания карбонатной толщи агрессивными водами на глубину до 100 м достаточно 1 млн. лет (Максимович, Тюрина, 1977а). В разрезах карбонатных толщ такие геологически кратковременные перерывы в осадконакоплении на платформах происходили чаще, чем длительные, и возникающие при этом локально-карстовые коллекторы развиты больше, чем регионально-каверновые.

Вторая разность локально-карстовых коллекторов связана с колебательными движениями земной коры и лучше всего изучена на платформах. Волновой характер движения обуславливает выведение на земную поверхность отдельных участков слоистых толщ, сложенных карбонатными отложениями. В обстановке инфлюационного режима обнажившиеся из-под уровня моря верхние зоны территорий закарстовываются локально. При последующих трансгрессиях коллекторы оказываются в условиях элизионного режима. В случае возникновения платформенных структур локально закарстованные участки могут очутиться и не в своде складок, в глубине которых в этом случае они образуют локально-карстовые участки на крыльях положительных структур, на их периклинальных погружениях и в синеклизах.

Регионально-карстовый коллектор формируется при движении воды к удаленной дрене. В зоне глубинной циркуляции карстовых вод проницаемые зоны располагаются почти параллельно напластованию. Закарстованность в виде каверн распределена равномерно и нередко сочетается с пещеристыми полостями. Форма залегания коллекторов пластовая, а гидродинамическая связь между зонами затруднена или отсутствует.

В качестве современной модели регионально-карстовых коллекторов можно указать кавернозные, пещеристые карбонатные отложения, описанные Н. М. Болотиной и Д. С. Соколовым (1954) для Витебских порогов, расположенных в верхнем течении р. Западной Двины. На этом участке на протяжении 8 км река врезается в толщу доломитов верхнего девона общей мощностью 85 м. Размеры каверн и пещеристых полостей от нескольких мм до 20–30 см. Преобладающий размер от 1 до 2–5 см.

Регионально-развитые каверны в различной степени водоносны и содержат пресную воду. Карст не проявляется на поверхности и выражен только кавернами и доломитовой мукой. Он возник задолго до вреза Западной Двины, которая вскрыла только 1,5 м доломитов. Карст является результатом медленной циркуляции пластовых подземных вод на западном крыле Московской синеклизы, установившейся во время длительного континентального режима, начавшегося еще в пермский период. Перерыв был только в юре. Растворение доломитовой толщи то ускорялось, то замедлялось, в зависимости от изменения условий дренирования и климата.

Вторым примером регионально развитых, но не нефтеносных карстовых коллекторов могут служить сарматские, меотические, понтические карбонатные отложения южной Украины. Преобладают каверны, форма и размеры которых зависят от литологии и трещиноватости карстующихся пород (Гончаренко, Франчук, 1970). Реже встречаются пещеристые формы.

Локальные карстовые коллекторы

Локально-карстовые коллекторы передовой складчатости Предкавказского альпийского прогиба в 1968 г. изучены авторами на примере Малгобек-Вознесенского нефтяного месторождения, расположенного в Терской антиклинальной зоне. По керну и наблюдениям над обнажениями в горах закарстованные зоны наиболее выражены в верхней части маастрихтского яруса. Имеются и пещеристые полости с поперечником

от 1–3 до 5–8 см. На наличие пещеристых полостей на нефтепромысловой площади указывают провалы бурового инструмента (до 3 м), поглощения глинистого раствора, повышенная механическая скорость бурения.

Большая закарстованность маастрихтских отложений является результатом длительного выщелачивания в течение инфлюационных этапов маастрихтского и датского циклов (I–IV пачки).

Вынос керна из II и III пачек составляет 13,5 %. Средний вынос керна из закарстованных верхне-меловых известняков – 23,9 %. Скважины, вскрывшие отложения датского и маастрихтского ярусов, характеризуются более высоким коэффициентом продуктивности – до 100–200 м³/сут. ат. Наиболее высокодебитные расположены в сводовой части складки (Максимович, Тюрина, 1973).

Локально-карстовые коллекторы известны и для авлакогенов, в частности, Припятско-Днепровско-Донецкого. Для него характерна наибольшая дифференциация тектонических движений. Так, в Припятской впадине Речицкая структура по кровле подсолевого девона представлена моноклиной, а по кровле в верхней соленосной толще – брахиантиклинальной складкой высотой 1 км. Углы падения южного крыла 45–70°, северного 20–30°.

В Речицком месторождении, которое авторы изучали в 1970 г., промышленно нефтеносные карбонатные отложения семилукско-бурегского горизонта, верхневоронежского подгоризонта франского яруса (подсолевой девон), задонского, илецкого горизонтов фаменского яруса (межсолевой девон). Наиболее закарстованы семилукско-бурегские трещиноватые и кавернозные подсолевые известняки и доломиты. Карстовый коллектор представлен закарстованными трещинами, кавернами, пещеристыми полостями (Быков, Наборщикова, 1974). Каверны обычно неправильных очертаний размером 2×3,2 мм. Доля их в емкости полостей в отдельных образцах 34–92 %, в среднем по керну 74 %. Полная пористость пород изменяется в пределах 0,8–21,9 %, открытая достигает 14 %. О наличии пещеристых полостей свидетельствует поглощение бурового раствора (140 м³) и провал бурового инструмента (1 м). Высокие дебиты скважин указывают на значительную емкость карстовых коллекторов. Максимальные притоки (830 м³/сут) отмечены в локально-закарстованной присводовой части поднятия. Из коллекторов горизонта добывается более 65 % нефти месторождения (Максимович, Тюрина, 1973). Локализацию повышенных емкостно-фильтрационных свойств закарстованных карбонатных отложений

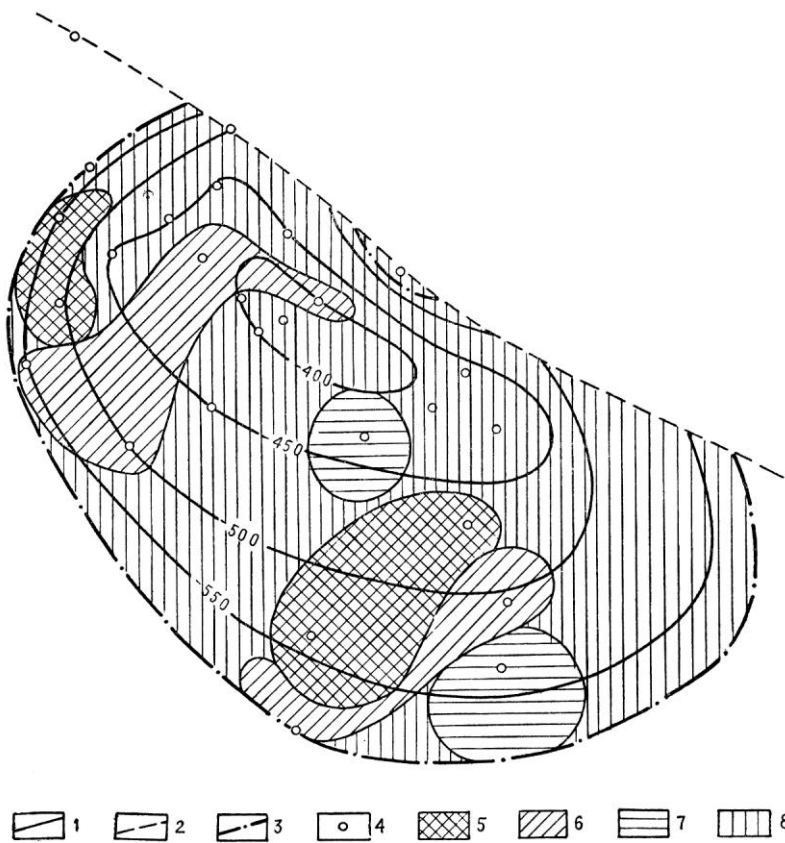


Рис. 26. Распределение карстовых коллекторов на месторождении Карактай (по В. Н. Быкову и Н. И. Чернову): 1 – изогипсы по кровле XV горизонта верхнеюрских отложений; 2 – линия разрывного нарушения; 3 – водо-нефтяной контакт; 4 – скважины; коллекторы: 5 – локально-каверново-пещеристый; 6 – поровый, 7 – с изолированными карстовыми полостями, 8 – порово-карстовый

Припятского прогиба в сводовых частях структур отмечают и другие авторы (Демидович и др., 1977). При этом указывается, что в крыльевых и периклинальных участках необходимо учитывать повышенную и значительную глинистость пород (Максимович, Тюрина, 1973, 19776; Тюрина, 1971; Быков, 1975).

Локально-карстовые коллекторы характерны для Карактайской брахиантиклинали, приуроченной к Аму-Дарьинской синеклизе Туранской плиты. В месторождении Карактай,

находящемся в Бухарской зоне поднятий, продуктивны XV и XVa горизонты верхней юры, являющиеся единым пластовым резервуаром. Известняки, стилолитизированные, трещиноватые, кавернозные с прослоями ангидритов развиты в XV горизонте. В XVa горизонте отмечены прослои мелоподобных, трещиноватых известняков-рухляков. По наблюдениям авторов, в керне скважин и в обнажениях известняков на р. Шерабад имеются бугорчато-зубчатые, зубчатые и бугорчатостолбчатые стилолиты. В обнажениях вдоль стилолитов расположены цепочками полости размером $2,5 \times 8$ см. Подобные полости установлены и в керне скважин.

На месторождении Карактай карстовые коллекторы представлены кавернами, пещеристыми полостями, закарстованными трещинами (Быков, Чернов, 1969). Распространены и смешанные порово-карстовые полости. На наличие пещеристых полостей в горизонте XVa указывают поглощение бурового раствора и многочисленные провалы бурового инструмента. В отдельных скважинах они повторялись 4–6 раз. Величина провалов чаще 20–40 см, реже 1,5–3 м. К кавернам, пещеристым полостям и закарстованным трещинам приурочен основной эффективный объем залежи. На рис. 26 показано распространение карстовых коллекторов по площади: залежи. Он указывает на неравномерное распределение проницаемых зон в объеме залежи. Форма залегания коллекторов секущая (Максимович, Тюрина, 1973). Локально-карстовые

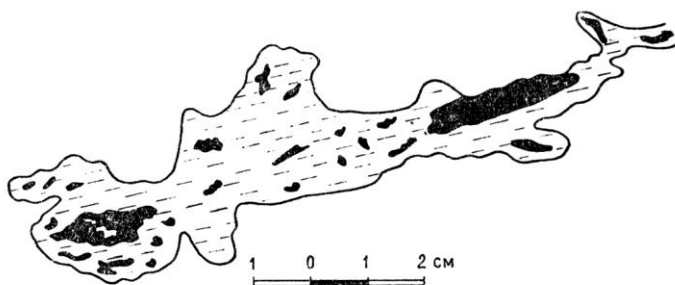


Рис. 27. Месторождение Уртабулак. Каверновые и пещеристые полости в верхнеюрском известняке (зарисовка с керна В. Н. Быкова), скв. 24, глубина 2300–2303 м, XVa горизонт

коллекторы в верхнеюрской карбонатной толще известны и на других месторождениях Аму-Дарьинской синеклизы: Уртабулак, Каракум, Учкып и т. д. На месторождении Уртабулак в керне известняка нескольких скважин авторы наблюдали сочетание полостей разных типов (рис. 27).

Локально-карстовые коллекторы характерны и для Волго-Уральской

антеклизы и, в частности, для Пермского и Башкирского сводов. Рассмотрим их на примере Ярино-Каменнолоожского месторождения, где закарстованы турнейские и башкиро-визейские карбонаты.

В турнейском нефтяном пласте Ярино-Каменнолоожского месторождения выделяется от 1 до 19 пронизаемых прослоев (зон) мощностью 0,5–0,4 м, которые приурочены, в основном, к повышенным частям подземного карстового рельефа. Количество их и коллекторские свойства резко меняются по разрезу и по площади. Пористость нефтеносных прослоев по керну составляет от 3 до 15,4 % и в среднем равна 8,5 %. Проницаемость изменяется от 0,1 до 250 мд, средняя – 72 мд. В связи с резко изменяющейся пористостью нефтенасыщенность известняков неравномерна. Преобладают кавернозные пористые известняки.

Залежь в турнейских известняках массивная, сводовая с этажом нефтеносности 50 м. Она состоит из 2 частей: Яринской и Каменнолоожской. Скважины, эксплуатирующие турнейскую залежь, находятся примерно в одинаковых условиях и располагаются в своде поднятия. Вследствие изменчивости карбонатных коллекторов дебиты скважин колеблются от 0,3 до 128 м³/сут. Удельные дебиты изменяются от 0,01 до 10,73 м³/сут·м, или более чем в 1000 раз.

Формирование локально-карстовых коллекторов турнейского продуктивного пласта происходило в предмалиновское время в течение континентального перерыва в осадконакоплении, в три этапа (Максимович, Быков, Зуев, 1965).

Первый этап – закарстование верхнетурнейских известняков, выведенных на поверхность во время континентального перерыва. Возникает карстовый рельеф, включающий палеокарстовые котловины. Атмосферные воды, проникая в глубь приподнятого карстующегося массива, выщелачивали известняки по трещинам и поверхностям напластования в условиях окислительно-восстановительной среды. Размеры каверн, а также положение отдельных зон кавернозности зависит от литологического состава и трещиноватости известняков. Ступчатые микротрещинные известняки подверглись наиболее сильному закарстовыванию.

Второй этап – заполнение и циркуляция в кавернах подземных вод после опускания рассматриваемой территории. Карстовый рельеф был погребен под визейскими терригенными отложениями. Происходит рост образовавшихся ранее каверн за счет коррозии. При перенасыщении пластовых вод в восстановительно-окислительных условиях выпадает карбонат кальция. Поверхность отдельных пор и каверн в известняках покрывается кристаллическим кальцитом. Местами вторичный кальцит заполняет часть пор, микротрещин.

Третий этап – заполнение коллекторов мигрирующей нефтью. В образовавшейся нефтяной залежи прекращается коррозионно-аккумулятивная деятельность подземных вод. Происходит частичное уменьшение открытой пористости («запечатывание» пор) за счет эпигенетических процессов, связанных с наличием остаточной воды.

В отложениях башкирского яруса выделены (Быков, Данилова, Наборщикова, 1975) три карстовые зоны (Бш₁, Бш₂ и Бш₃), которые в верхней части ограничены прослоем плотного известняка, а в нижней – прослоем глины. По каротажным данным определено до 9 пронизываемых зон мощностью 2–19 м. В плане строение зоны неоднородно. Повышение коллекторских свойств отмечено в скважинах свода и западного крыла структуры, где наблюдаются наиболее высокие значения начальных дебитов нефти 3–36 т/сут·м, в то время как на остальной части площади они составляют 0,3–2 т/сут·м.

В верхней и средней частях яруса на крыльях и своде складки распространены локально участки высокоемких коллекторов, а в двух скважинах они залегают по всему разрезу башкиро-визейских отложений. Последнее обстоятельство указывает, по мнению В. Н. Быкова, на существование локальных участков развития мощной (89 м) палеогидродинамической зоны вертикальной нисходящей циркуляции карстовых вод, что можно объяснить только унаследованностью положительных тектонических движений на территории карбонатного

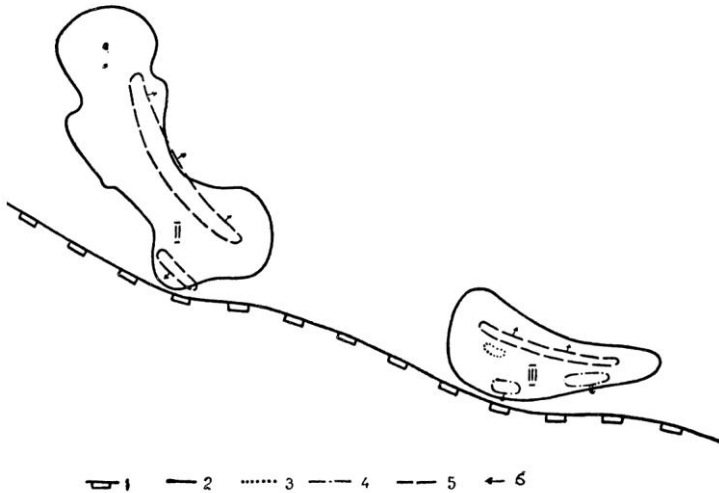


Рис. 28. Карстовые зоны в палеозойских карбонатных отложениях Киенгопского вала (по В. Н. Быкову). Структуры: I – Чутырская, II – Киенгопская, III – Мишкинская. 1 – границы Камско-Кинельской системы прогибов; 2 – контуры структур. Палеокарстовые зоны: 3 – в верхнедевонских отложениях, 4 – в турнейских отложениях, 5 – в окско-серпуховских отложениях; 6 – направление стока палеокарстовых вод

массива. Приведенные факты позволяют также заключить, что локально-карстовые коллекторы башкиро-визейской толщи имеют пластово-секущую форму залегания и гидродинамически взаимосвязаны. Они представлены кавернами, закарстованными трещинами и порово-трещинными коллекторами.

Локально-карстовые коллекторы распространены также в месторождениях Киенгопского вала (рис. 28).

Локальные карстовые коллекторы известны в нижнепермских доломитах херингтон крупного газового месторождения Хьюгтон в Западном Канзасе (США). Флюидоупором является пермская гипсово-ангидритовая толща. Доломиты, моноклинально залегающие с углами падения не более $1-1,5^\circ$, на западе экранированы пермскими глинами (Максимович, Армишев, 1962).

Региональные карстовые коллекторы

Эти карстовые коллекторы формируются в зоне глубинной циркуляции и чаще всего в платформенных условиях. Для Волго-Уральской антеклизы в качестве примера можно привести Ножовское нефтяное месторождение. Здесь в турнейских карбонатных отложениях регионально закарстованная зона образует единый коллектор, который содержит залежи нефти и занимает пространство между ними (рис. 29). Послойное

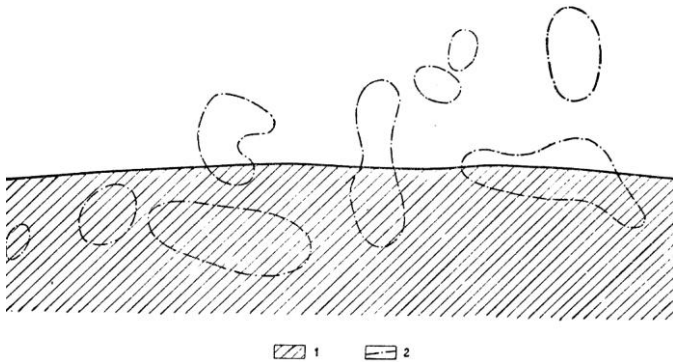


Рис. 29. Схема распространения регионально-карстового турнейского коллектора в Ножовском нефтяном месторождении (по В. Н. Быкову). 1 – регионально-карстовый коллектор; 2 – границы залежей нефти

изучение показало, что среди поля карстового коллектора имеются и продуктивные зоны (рис. 30).

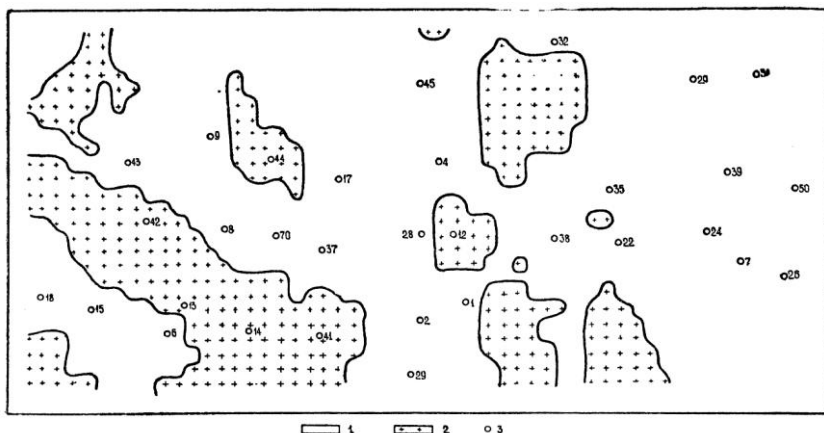


Рис. 30. Схема распространения карстового коллектора в слое 5 турнейских отложений Ножовского месторождения нефти, построенная с применением ЭВМ (по В. Н. Быкову и Ю. В. Шурубору) 1 – коллектор; 2 – неколлектор; 3 – скважины

Регионально-карстовые коллекторы развиты в районе Лима-Индиана Цинцинатского свода (США). Нефтеносные трентонские доломитизированные известняки характеризуются наличием кавернозности и пещеристости. Последняя установлена по провалам бурового инструмента до 2–3 м (Максимович, Армишев, 1962).

В Ферганской нефтегазоносной провинции, соответствующей одноименной межгорной впадине, в палеогеновых отложениях, V горизонт сложен трещиноватыми известняками с прослоями зеленых глин. При общей мощности горизонта 15–20 м эффективная мощность составляет 5–15 м, пористость 6–30 %, проницаемость 60–600 мд. Коллекторские свойства в присводовых частях структуры повышены. На Наманганском месторождении после вскрытия пласта в интервале 3566–3577 м был получен фонтан нефти 123 м³/сут через 9-миллиметровый штуцер. После проведения многообъемной (35 м³/м) солянокислотной обработки дебит скважины при этом же штуцере составил 400 м³/сут при трубном давлении 225 атм.

VII горизонт представлен известняками с прослоями глин, реже – песчаников. В пределах Чуст-Пап-Наманганской ступени среди известняков встречены прослои крупнозернистых песчаников и мелкогалечного конгломерата. При общей мощности горизонта 30–70 м эффективная мощность составляет 10–20 м, пористость 10–22 %, проницаемость 50–600 мд. В отличие от многих нефтяных районов страны коллекторские

свойства горизонта резко ухудшаются от подошвы к кровле.

Региональная выдержанность коллекторов V и VII горизонтов, их достаточно равномерно распределенные по впадине коллекторские свойства и формирование впадины в окружении поднимающихся хребтов, обеспечивающих сток карстовых вод, позволяют предполагать здесь наличие регионально-карстовых коллекторов (Максимович, Тюрина, 1975).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В СССР к карбонатным коллекторам приурочено 18 % залежей, а в мире они содержат 40 % запасов нефти. Прирост запасов нефти Татарии в восьмую пятилетку на 30 % в основном произошел за счет карбонатных отложений. В девятую пятилетку он составил в среднем 50 %, а в последние годы – 70–80 % от общего объема запасов. Достигнуты определенные успехи при изучении других районов. В Западной Сибири промышленные и полупромышленные притоки нефти и газа получены из карбонатных пород верхнего силура-девона, в том числе из рифовых зон. Имеются перспективы получения нефти и газа из рифов Днепровско-Донецкой и Припятской впадин, Предкавказья, Иркутского бассейна и ряда других районов.

За рубежом перспективы нефтяных и газовых месторождений связаны как с континентами, так и акваториями. Так, в арктических районах и на западе Канады нефтеносны рифы девонского возраста. В Индии вблизи Бомбея открыты морские нефтяные месторождения в известняках. Имеется и газ.

Нефтегазовые месторождения в карбонатных отложениях, где значительную роль играют ККК, открываются и будут открываться. Для грамотной их разведки и разработки необходимо знание основ нефтяного карстования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ПРЕДИСЛОВИЕ

- Губкин И. М. Учение о нефти. М. – Л., 1932, 443 с.; М. – Л., 1937, 458 с.
Губкин И. М., Киселев С. П. Мировые нефтяные месторождения. М. – Л., 1934, 366 с.
Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973, 153 с. Максимович Г. А.
Режим нефтяного месторождения Верхне-Чусовские городки. – Азерб. нефтяное хоз-во, 1935, № 5, с. 25–33.

- Максимович Г. А. Основы карстования, т. I. Пермь, 1963, 444с.
- Максимович Г. А. Основы карстования, т. II, Пермь, 1969, 529 с.
- Максимович Г. А. Проблемы карстовых коллекторов нефти и газа.– В сб.: Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973, с. 3–28.
- Максимович Г. А. Гидрогеологические и геохимические проблемы карстообразования. – В сб.: Геохимическое изучение гиперсферы. Минск, 1977, с. 47–66.
- Максимович Г. А., Енцов И. И. Нефтегазоносность карбонатных коллекторов, ч. I. Зарубежные страны. – В сб.: Гидрогеология и карстование, вып. 3. Пермь, 1966, с. 30–76.
- Трофимук А. А. К вопросу об оценке емкости трещиноватых нефтяных коллекторов. – Нефт. хоз., 1955, № 7, с. 51–55.
- Трофимук А. А. Условия образования нефтяных месторождений Урало-Волжской нефтеносной области. – В кн.: IV международный нефтяной конгресс, т. I. М., 1956, с. 23–28.
- Успенская Н. Ю., Таусон Н. Н. Нефтегазоносные провинции и области зарубежных стран. М., 1972, 296 с.

ВВЕДЕНИЕ

- Максимович Г. А. Проблемы карстовых коллекторов нефти и газа.– В сб.: Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973, с. 3–28.
- Ронов А. Б., Сеславинский К. В., Хайн В. Е. Кембрийские литологические формации мира. – Сов. геол., 1974, № 2, с. 10–33.
- Ронов А. Б., Хайн В. Е. Девонские литологические формации мира.– Сов. геол., сб. 41, 1954, с. 46–76.
- Ронов А. Б., Хайн В. Е. Каменноугольные литологические формации мира. – Сов. геол., сб. 48, 1955, с. 92–117.
- Ронов А. Б., Хайн В. Е. Пермские литологические формации мира. – Сов. геол., сб. 54, 1956, с. 20–36.
- Ронов А. Б., Хайн В. Е. Триасовые литологические формации мира. – Сов. геол., 1961, № 1, с. 27–48.
- Ронов А. Б., Хайн В. Е. Юрские литологические формации мира. – Сов. геол., 1962, № 1, с. 9–34.
- Ронов А. Б., Хайн В. Е., Балуховский А. Н. Палеогеновые литологические формации континентов. – Сов. геол., 1978, № 3, с. 10–42.
- Ронов А. Б., Хайн В. Е. Сеславинский К. В. Ордовикские литологические формации мира. – Сов. геол., 1976, № 1, с. 7–27.
- Тафт У. Х. Современные карбонатные осадки. – В кн.: Карбонатные породы, т. I, гл. 2. М., 1970, с. 40–54.
- Хайн В. Е., Ронов А. Б., Балуховский А. Н. Меловые литологические формации мира. – Сов. геол., 1975, № 11, с. 10–38.
- Хайн В. Е., Ронов А. Б., Сеславинский К. В. Силурийские литологические формации мира. – Сов. геол., 1977, № 5, с. 21–43.
- Шепард Ф. П. Морская геология. Гл. XIV. Глубоководные океанические отложения. М., 1976, с. 407–437.

Глава 1. Возникновение, рост и заполнение карстовых коллекторов

- Быков В. Н. Нефтегазоносность коллекторов закарстованных трещин.– В сб.: Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973, с. 29–37.
- Быков В. Н. Роль карбонатной муки в строении карбонатных нефтегазоносных толщ. – В сб.: Гидрогеология и карстование, вып. 6, Пермь, 1975, с. 5–20.

Карцев А. А., Вагин С. Б., Басков Е. А. Палеогидрогеология. М., 1969, 151 с.

Лукашев К. И. Роль гиперсферы в геохимическом круговороте вещества и энергии в земной коре. – В сб.: Геохимическое изучение гиперсферы. Минск, 1977, с. 7–28.

Максимович Г. А. Основы карстоведения, т. 1. Пермь, 1963, 444с.

Максимович Г. А. Основы карстоведения, т. II. Пермь, 1969, 529с.

Максимович Г. А. Проблемы карстовых коллекторов нефти и газа. – В сб.: Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973а, с. 3–28.

Максимович Г. А. Типы древнего рельефа закарстованных карбонатных толщ в нефтегазоносных районах. – В кн.: Применение палеогеоморфологических методов при нефтегазописковых работах. М., 1973б, с. 55–57.

Максимович Г. А. Гидрогеологические и геохимические проблемы карстообразования. – В сб.: Геохимическое изучение гиперсферы. Минск, 1977, с. 47–65.

Максимович Г. А., Армишев В. М. Палеокарстовые коллекторы нефти и газа. – В сб.: Гидрогеология и карстоведение. Пермь, 1962, с. 7–52.

Максимович Г. А., Быков В. Н. Классификация карбонатных коллекторов. – Тр. Пермск. фил. Гипростокнефть, вып. 4. Пермь, 1969а, с. 103–123.

Максимович Г. А., Быков В. Н. Классификация залежей нефти и газа в карстовых коллекторах. – В сб.: Вопросы карстоведения. Пермь, 1969б, с. 15–19.

Максимович Г. А., Быков В. Н. Роль стилолитов в строении трещинных коллекторов. – Тр. Пермск. фил. Гипростокнефть, вып. 6. Пермь, 1969в, с. 89–102.

Максимович Г. А., Быков В. Н., Эсмонтович М. А. К методике морфометрического изучения стилолитов. – Тр. ПермНИПИнефть, вып. 6. Пермь, 1971, с. 3–23.

Максимович Г. А., Енцов И. И. О доломитизации путем селективного выщелачивания кальцита из карбонатных пород. – Тр. ВНИГНИ, Камский фил., вып. 65. Пермь, 1967, с. 415–426.

Максимович Г. А., Шестов И. Н., Шурубор А. В. Геохимические стадии эволюции вод в присутствии органического вещества. – Тр. ВНИГНИ, вып. 117. Пермь, 1971, с. 302–311.

Маруашвили Л. И. Карстосфера, ее размеры и отношение к другим геосферам. – Сообщения АНГССР, т. 57, № 2, 1970, с. 357–360.

Маруашвили Л. И. Хронологические и пространственные закономерности пещерообразования в известняках. – В кн.: Карст в карбонатных породах. М., 1972, с. 54–60.

Панкина Р. Г., Мехтиева В. Л., Гуриева С. М., Шкутник Е. Н. Генезис CO₂ в нефтяных попутных газах. – Геол. нефти и газа, 1978, № 2, с. 38–43.

Прозорович Г. Э. Покрышки залежей нефти и газа. – Тр. Зап. Сиб. НИГНИ, вып. 19. М., 1972, 120 с.

Софроницкий П. А., Потеряев А. Г., Кропачев А. М. Покрышки – один из главных факторов образования ловушек в палеокарстовых коллекторах. – В сб.: Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973, с. 98–99.

Чепиков К. Р., Ермолаева Е. П., Орлова Н. А. О постседиментационных процессах в терригенных породах-коллекторах нефтяных месторождений Урало-Поволжья. – Литология и полезные ископаемые, 1969, № 6, с. 95–108.

Подошвенная полостная седиментация в карбонатных коллекторах

Аширов К. Б. Цементация приконтактного слоя нефтяных залежей в карбонатных коллекторах и влияние ее на разработку. – Тр. Гипровостокнефти, вып. 2. М., 1959, с. 163–174.

Аширов К. Б. Жизнедеятельность пластовой микрофлоры как индикатор геологических условий и процессов, протекающих в нефтяных пластах. – Тр. ин-та микробиологии, вып. 9. М., 1961, с. 111–120.

Аширов К. Б., Сазонова И. В. О механизме биогенного запечатывания нефтяных залежей, приуроченных к карбонатным коллекторам. – Микробиология, 1962, № 4, с. 680–683.

Быков В. Н., Данилова Л. Ю. Распространение изолирующего слоя в подошве нефтяных залежей в карбонатных коллекторах. – Тр. ПермНИПИнефть, вып. 6, Пермь, 1971, с. 24–32.

Быков В. Н., Данилова Л. Ю., Наборщикова И. И. Изучение закономерностей распространения и строения карстовых коллекторов под подсчета запасов нефти и рациональной разработки залежей. – Тр. ПермНИПИнефть, вып. 12. Пермь, 1975, с. 47–75.

Викторин В. Д. Особенности строения карбонатных коллекторов нефти. – Геол. нефти и газа, 1964, № 11, с. 31–34.

Максимович Г. А. Проблемы карстовых коллекторов нефти и газа. – В сб.: Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973а, с. 3–28.

Максимович Г. А. Известковые туфы и их место в карбонатном литогенезе. – В кн.: Вопросы изучения и использования известковых туфов. Кунгур, 1973б, с. 8–12.

Максимович Г. А., Быков В. Н. О роли вторичного кальцита в изоляции залежей нефти месторождений Волго-Уральской провинции. – Тр. Пермск. фил. Гипровостокнефть, вып. 2. Пермь, 1966а, с. 126–138.

Максимович Г. А., Быков В. И. Глубинная аккумуляция вторичного кальцита в полостях карбонатных пород. – В сб.: Пещеры, вып. 6 (7). Пермь, 1966б, с. 3–18.

Максимович Г. А., Быков В. Н. Об одной форме изоляции нефтяных залежей в карбонатных коллекторах. – Нефть и газ, 1967, № 1. Баку, с. 15–17.

Шестов И. Н., Вавер В. И. О влиянии нафтеновых кислот на образование кальцитизированных зон в карстовых коллекторах нефти. – В сб.: Гидрогеология и карстование, вып. 6. Пермь, 1975, с. 34–37.

Глава II. Карст рифов

Кузьминская К. С., Хайн В. Е. Развитие рифов в истории Земли. – Жизнь Земли, № 2, сб. Музея земледования МГУ. М., 1964, с. 31–43.

Максимович Г. А. Нефть и газ палеокарстовых полостей рифов. – В кн.: Карст и его народнохозяйственное значение. М., 1964, с. 95–104.

Рифы современных морей

Девис С., Уист де Р. Гидрогеология, т. II. М., 1970, с. 189.

Максимович Г. А. Пещеры и карст коралловых островов. – В сб.: Пещеры, вып. 16. Пермь, 1976, с. 106–120.

Шепард Ф. П. Морская геология, гл. XII. Коралловые рифы. Л., 1976, с. 345–371.

- Шуккин И. С. Общая морфология суши, т. 2, 1938, с. 364–371.
- Bourguilh F. Karst, diagenese subaerienne et atoll. «4^{er}ne Reun. annu. sci. Terre. Paris, 1976», Paris, 1976, p. 73.
- Hummelinck P. W. Las cuevas de las Antillas holandesas. Acad. cienc. Cuba. Ser. Espeleol. y carsol., N 35, 1973, p. 31.
- Ollier C. D. Coral Island geomorphology the Trobrian Islands. Z. geomorphol., 19, 1975, N 2, p. 164–190.
- Weydert P. Relation entre les variation de la direction des ventes dominants et la genese d'une barriere resifah l'exemple du Grand Recif de la baie de Tulear (cote SW de Madagascar). Mem. Bur. rech. geol. et minieres, 1977, p. 467–479.

Ископаемые рифы и их нефтегазоносность

- Бакиров А. А., Варенцов М. И., Бакиров Э. А. Нефтегазоносные провинции и области зарубежных стран. М., 1971, 544 с.
- Быков В. Ф. Геологические условия распространения рифовых месторождений нефти и газа. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геол.-минерал. наук. М., 1974, 39 с.
- Ископаемые органогенные постройки, рифы, методы их изучения и нефтегазоносность. М., 1975, 236 с.
- Ископаемые рифы и методика их изучения. – Тр. третьей палеоэкологолитологической сессии. Свердловск, 1968, 252 с.
- Кошляк В. А., Коваленко Э. К. Распределение коллекторов в рифовых массивах Башкирии. – Тр. ТатНИИ, вып. X. Л., 1967, с. 160–170.
- Кузнецов В. Г. Основные черты геологии рифов и их нефтегазоносность. М., 1971, 60 с.
- Максимов С. П., Каледа Г. А., Гейман Б. М., Такаев Ю. Г. Тектонические закономерности распространения рифов, их нефтегазоносность и методика поисков. – Тр. ВНИГНИ, вып. 194. М., 1976, с. 5–20.
- Максимович Г. А. Нефть и газ палеокарстовых полосостей рифов. – Тр. Моек. общ-ва испытателей природы, т. XX. М., 1964, с. 95–104.
- Максимович Г. А. Коралловые острова и их практическое значение. – В сб.: Геология океанов. Мат. VI съезда Географического общества СССР. М., 1975, с. 40–43.
- Нефтегазоносность рифовых комплексов и особенности поисков в них нефтегазовых залежей в зарубежных странах. М., 1977, 72 с.
- Сабиров Х. Ш. Неоднородность коллекторов рифогенных залежей. – Нефть и газ, 1976, № 1, с. 15–18.
- Успенская Н. Ю. Нефтегазоносность палеозоя Североамериканской платформы. М. – Л., 1950, 408 с.
- Успенская Н. Ю., Таусон Н. Н. Нефтегазоносные провинции и области зарубежных стран. М., 1972, 296 с.
- Шарма Г. Д. Геология рифа Петерс, округ Сент-Клэр, Мичиган. – В кн.: Геология и нефтегазоносность рифовых комплексов. М., 1968, с. 131–167.

Глава III. Карстовые останцы

- Бакиров А. А., Варенцов М. И., Бакиров Э. А. Нефтегазоносные провинции и области зарубежных стран. М., 1971, 544 с.
- Зубашенко М. А. Карст Северного Вьетнама. – Изв. Воронежского отд. географ. о-ва СССР, вып. 3, 1961, с. 159–166.
- Леворсен А. И. Геология нефти. М., 1958, 488 с.
- Максимович Г. А. Основы карстоведения, т. 1, гл. V. Карстовые останцы. Пермь, 1963, с. 140–168.
- Максимович Г. А. О стадиях развития горизонтальных карстовых пещер в карбонатных отложениях. – В сб.: Пещеры, вып. 7 (8). Пермь, 1969, с. 65–73.
- Максимович Г. А. Гидрогеологические и геохимические проблемы карстоведения. – В кн.: Геохимическое изучение гиперсферы. Минск, 1977. с.

47–66.

Максимович Г. А., Армишев В. М. Палеокарстовые останцовые коллекторы нефти. – Татарская нефть, 1962, № 4, с. 36–38.

Максимович Г. А., Горбунова К. А. Материалы симпозиума по морфогенезису. – В сб.: Пещеры, вып. 12–13. Пермь, 1972, с. 174–177.

Мельникова Н. А., Мясникова Г. П. Типы коллекторов и перспективы нефтегазоносности карбонатных отложений нижнего карбона и верхнего девона Оренбургской области. – Геол. нефти и газа, 1966, № 8, с. 34–38.

Успенская Н. Ю. Нефтегазоносность палеозоя Североамериканской платформы. М. – Л., 1950, 408 с.

Успенская Н. Ю., Таусон Н. Н. Нефтегазоносные провинции и области

зарубежных стран. М., 1972, 296 с.

Цоцур В. С., Юнусов М. А., Габдрахманов Р. М. Геоморфологические ловушки нефти и газа в палеозое Башкирии. – Палеогеоморфологические методы при нефтепоисковых работах. М., 1975, с. 133–145.

B a l a z s D. Beitrage zur Speiaologie des Siidchinesishen karstgebietes. Karst es Barlangkutatas, II, 1962, p. 3–80.

B a l a z s D. Relief types of tropical karst areas. Symposium on Karst-Morphogenesis, Hungary, 1973, p. 16–32.

Catastro espeleologica de Venezuela. Bol. Soc. Venezol. Espel., III, N 1, 1970, p. 11–32.

Corbel J., Muxart R. Karsts des zones tropicales humides. Zeit-schrift fur Geomorphologie, Bd. 14, N. 4, 1970, s. 411–474.

Delamare Debautteville C., Yuberthie Ch. Recherches biospeleologique. Spelunca N 3, supplement, 1976, p. 18–24.

G o b b e t t D. J. The formation of limestone caves in Malaya. Malayan Nat. J., 19, N 1, 1965, p. 4–12.

K u s c h H. Hohlen in Laos, Nord und Westtailand. Hohle, 26, N 4, 1975, s. 114–123.

K u s c h H. Hohlenvorkommenim west und siidthailandischen Karst. Hohle, 27, N 3, 1976, s. 113–123.

P e r e i r a J. Notas preliminares sorbe la Mineralogia del «Penon» de Iglesias, la Guairila, estado Miranda. Bol. Soc. Venezol. Espel., 4, N 2, 1973, p. 129–133.

W y c h e r l e y P. The Batu Caves (Malaysia) Protection Association. Studies in Speleologie, Vol. I, part 5, 1967, p. 1254–261.

Глава IV. Карст слоистых карбонатных толщ

Болотина Н. М., Соколов Д. С. Карст Витебских порогов. – Бюл. Моск. о-ва испытат. природы, отд. геол., т. 29, № 4, 1954, с. 62–78.

Быков В. Н. Нефтегазоносность коллекторов закарстованных трещин. – В сб.: Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973, с. 29–37.

Быков В. Н. Нефтегазоносность карстовых коллекторов карбонатных отложений палеозоя Пермской области. Нефтегазовая геология и геофизика. – Текущая информация, 1974, № 18, М., с. 14–16.

Быков В. Н., Данилова Л. Ю., Наборщикова И. И. Изучение закономерностей распространения и строения карстовых коллекторов для подсчета запасов нефти и рациональной разработки залежей. – В сб.: Тр. ПермНИПИнефть, вып. 12, Пермь, 1975, с. 47–75.

Быков В. Н., Наборщикова И. И. Влияние карста на строение карбонатных коллекторов некоторых нефтегазоносных областей. – В сб.: Гидрогеология и карстование, вып. 5. Пермь, 1974, с. 44–47.

Быков В. Н., Чернов И. И. Строение карстовых коллекторов месторождения Каракай. – В сб.: Вопросы карстования. Пермь, 1969, с. 20–21.

Гончаренко М. П., Франчук В. П. Карст Северного Причерноморья. – В сб.: Физ. географ., геоморфология, вып. 4. Киев, 1970, с. 119–132.

Максимович Г. А., Быков В. Н., Зуев А. С. Палеокарстовые коллекторы нефти турнейского яруса Ярино-Каменноложского месторождения. – В сб.: Тр. Пермск. фил. Гипростокнефть, вып. 1. Пермь, 1965, с. 88–92.

Демидович Л. А., Шевченко Т. А., Бенсман Ф. Я. Формирование коллекторских свойств в терригенных и карбонатных отложениях нефтегазоносных впадин запада Русской платформы. – В сб.: Особенности формирования пород-коллекторов впадин запада Русской платформы. Минск, 1977, с. 12–14.

Максимович Г. А. Проблемы карстовых коллекторов нефти и газа. – В сб.: Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973, с. 3–28.

Максимович Г. А., Армишев В. М. Палеокарстовые коллекторы нефти и газа. – Гидрогеология и карстование. Пермь, 1962, с. 7–52.

Максимович Г. А., Енпов И. И. Нефтегазоносность карбонатных коллекторов, ч. 1. Зарубежные страны. – В сб.: Гидрогеология и карстование, вып. 3. Пермь, 1966, с. 30–76.

Максимович Г. А., Тюрина И. М. Опыт изучения карстовых коллекторов нефти и газа в различных геотектонических обстановках. – В сб.: Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973, с. 38–62.

Максимович Г. А., Тюрина И. М. Роль карста в формировании карбонатных коллекторов нефти и газа Ферганской межгорной впадины. – В сб.: Гидрогеология и карстование, вып. 6. Пермь, 1975, с. 20–27.

Максимович Г. А., Тюрина И. М. Роль перерывов в осадконакоплении в формировании карбонатных коллекторов. – В сб.: Особенности формирования пород-коллекторов впадин запада Русской платформы. Минск, 1977а, с. 34–36.

Максимович Г. А., Тюрина И. М. Особенности формирования и строение карбонатных коллекторов Ярино-Каменноложского месторождения. – В сб.: Особенности формирования пород-коллекторов впадин запада Русской платформы. Минск, 1977б, с. 52–53.

Тюрина И. М. Палеогидрогеологические условия эволюции карбонатных коллекторов Ярино-Каменноложского месторождения. – В сб.: Гидрогеология и карстование, вып. 4. Пермь, 1971, с. 104–109.

Яблоков В. С. Перерывы в морском осадконакоплении и палеореки. М. 1973, 216 с.

CONTENTS

Preface	5
Introduction	7
Chapter I. Origin, Increase and Filling of Karst Reservoirs	12
Chapter II. Karst of Reefs	33
Chapter III. Karst Outliers	62
Chapter IV. Karst of Layered Carbonate Series	78
Conclusion	88

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие (Г. А. Максимович)	5
Введение (Г. А. Максимович)	7
Распространение карбонатных отложений	7
Современные карбонатные осадки океанов и морей	7
Распространение древних морских карбонатных отложений на континентах	7
Древние карбонатные отложения на дне современных морей и океанов	10
Роль карбонатных карстовых коллекторов в добыче нефти и газа	10
Глава I. Возникновение, рост и заполнение карстовых коллекторов (Г. А. Максимович, В. Н. Быков)	12
Определение карста	12
Гидрогеологические циклы и карст	13
Гиперсфера и карстосфера	13
Гидрогеологические условия наземных карстующихся толщ	15
Типы древнего карстового рельефа карбонатных отложений	19
Аккумулятивные карбонатные образования на поверхности древних перерывов в осадконакоплении	22
Карстовые коллекторы	23
Заполнение карстовых коллекторов	24
Полостная седиментация в карстовых коллекторах	25
Подошвенная полостная седиментация в карстовых коллекторах под нефтяными залежами	26
Вопросы терминологии	30
Карст и палеокарст	31
Классификация залежей нефти и газа в карстовых коллекторах	32
Глава II. Карст рифов (Г. А. Максимович)	33
Рифы современных морей	33
Карст современных рифов	36
Пещеры современных рифов	39
Ископаемые рифы и их нефтегазоносность	44
Коллекторские свойства рифов и роль карста	53
Распределение коллекторских свойств в рифовых массивах	56
Геолого-промысловая характеристика рифов и коллекторов	59
Глава III. Карстовые останцы (Г. А. Максимович)	62
Карстовые останцы тропических областей	63
Пещеры карстовых останцов	67
Погребенные палеокарстовые нефтегазоносные останцы	69
Место нефтегазоносных карстовых останцов среди денудационных выступов древнего погребенного рельефа	76

Глава IV. Карст слоистых карбонатных толщ	
(Г. А. Максимович, В. Н. Быков)	78
Геолого-гидрогеологические условия формирования локальных и региональных карстовых коллекторов	78
Локальные карстовые коллекторы	80
Региональные карстовые коллекторы	86
З а к л ю ч е н и е (Г. А. Максимович)	88
Список литературы	88

Георгий Алексеевич Максимович
 Владимир Никифорович Быков
Карст карбонатных нефтегазоносных толщ
 Учебное пособие по спецкурсу

Редактор Л. П. Сидорова
 Технический редактор Г. П. Васильева
 Корректор Т. В. Паришина

Сдано в набор 03.04.78.
 Подписано в печать 15.08.78. ЛБ02085.
 Формат 60×90¹/₁₆. Бум. тип. № 1.
 Гарнитура литературная. Печать высокая.
 Усл. печ. л. 6. Уч.-изд. л. 4,842.
 Тираж 1000 экз. Заказ 491. Цена 50 к.

Редакционно-издательский отдел Пермского
 университета. 614099. Пермь, ул. Букирева, 15.

Книжная типография № 2 Управления издательств,
 полиграфии и книжной торговли. 614001.
 Пермь, ул. Коммунистическая, 57.