

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ
МАСШТАБА 1:50 000

2

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ

СЪЕМКА

В РАЙОНАХ РАЗВИТИЯ

ОТЛОЖЕНИЙ

С ОРГАНОГЕННЫМИ

ПОСТРОЙКАМИ

- НЕДРА -

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ
МАСШТАБА 1 : 50 000

2

ВЫПУСК

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА
В РАЙОНАХ РАЗВИТИЯ
ОТЛОЖЕНИЙ
С ОРГАНОГЕННЫМИ
ПОСТРОЙКАМИ



ЛЕНИНГРАД «НЕДРА» ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ 1982

Геологическая съемка в районах развития отложений с органогенными постройками / Н. М. Задорожная, Д. В. Осадчая, Л. Н. Новоселова и др. — Л.: Недра, 1982. — 328 с. (Методическое пособие по геологической съемке масштаба 1 : 50 000. Вып. 2. Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-т).

Излагаются методы изучения и картирования ископаемых органогенных построек при крупномасштабной геологической съемке. В первой части работы приводятся общие сведения об ископаемых постройках: признаки, способ образования, состав каркасообразующих организмов, факторы, контролирующие развитие органогенных построек, а также классификация, в которой даются определения калиптр, биостромов, биогермов, биостромных, калиптровых, биогермных, рифоидных и рифовых массивов.

Вторая часть работы посвящена методам полевых и камеральных исследований. Рассматриваются методы изучения формы, контактов и внутреннего строения ископаемых построек, определения их залегания, а также использование биостратиграфического, литологического и актуалистического методов при их картировании. Приводятся рекомендации по поискам полезных ископаемых, связанных с органогенными постройками.

Книга рассчитана на геологов-съемщиков, научных работников, занимающихся изучением ископаемых органогенных построек, а также может быть полезной для студентов геологических вузов.

Табл. 14, фототабл. 24, ил. 78, список лит. 99 назв.

Авторы: Н. М. Задорожная (отв. исполнитель), Д. В. Осадчая, Л. Н. Новоселова, В. Е. Краснов, В. Г. Кузнецов, М. А. Минаева, И. Г. Михеев, Д. К. Патрунов, Б. В. Преображенский, Н. К. Фортунатова, В. П. Шуйский, Р. Э. Эйнасто

Главный редактор серии **А. С. КУМΠΑ**

Научные редакторы выпуска **Н. М. Задорожная, В. В. Лавров**

ПРЕДИСЛОВИЕ

После выхода в свет серии «Методических указаний» [1969—1973, вып. 1—13] и «Методического руководства» [1974 г.] по геологической съемке масштаба 1 : 50 000 ВСЕГЕИ приступил к созданию серии пособий по геологосъемочным работам. В отличие от ранее изданных «Методических указаний» и «Руководства», в которых освещались общие вопросы геологической съемки и поисков полезных ископаемых, в пособиях внимание концентрируется на наиболее сложных в настоящий момент вопросах геологического картирования или специальных его видах.

В данном пособии рассматриваются методы изучения и картирования ископаемых органогенных построек, которые представляют собой достаточно сложный объект для геологической съемки и в то же время интересны с точки зрения поисков полезных ископаемых. С ними связаны месторождения нефти и газа, бокситов, полиметаллических и марганцевых руд, фосфоритов. Известняки, слагающие постройки, являются первоклассным сырьем для химической и строительной промышленности. Потребности практической геологии способствуют интенсификации изучения ископаемых органогенных построек как в нашей стране, так и за рубежом. В результате проведенных к настоящему времени исследований установлено их широкое распространение в отложениях фанерозоя и позднего докембрича, появился ряд крупных публикаций по ископаемым и современным постройкам, проведены представительные совещания, посвященные вопросам их изучения и классификации. Такие совещания проводились неоднократно ассоциацией американских геологов-нефтяников в 1949, 1960 и 1970 гг. В Советском Союзе данной тематике были посвящены III и IV Всесоюзные палеоэколого-литологические сессии, результаты работы которых обобщены в книге «Ископаемые рифы и методика их изучения» [1968] и в «Решениях...» [1968]. Ко времени проведения палеоэколого-литологических сессий стало очевидным, что среди специалистов отсутствует единая точка зрения относительно терминологии и классификации ископаемых органогенных построек и что имеются единичные работы с конкретными методическими

рекомендациями по их изучению. Поэтому на III сессии был организован «Рифовый комитет», в задачу которого входило написание методического руководства по изучению рифовых фаций. Запланированная работа «Ископаемые органогенные постройки, рифы, методы их изучения и нефтегазоносность» была опубликована в 1975 г.

Однако одна эта книга не может полностью удовлетворить спрос геологов на методическую литературу по данному вопросу. В приказе по Министерству геологии СССР от 13.12.74 сказано, что дальнейшие поиски месторождений полезных ископаемых, приуроченных к ископаемым органогенным постройкам, требуют: 1) «изучения региональных закономерностей размещения, генезиса, морфологии и критериев выделения зон развития рифогенных построек и их взаимосвязи с различными типами формаций; 2) совершенствования методов изучения и поисков органогенных построек; 3) анализа строения, литологических и палеоэкологических особенностей рифогенных образований, их типизации и изучения вторичных преобразований слагающих их пород; 4) дальнейшей разработки и совершенствования классификации и терминологии рифогенных и близких к ним образований». В связи с актуальностью поднятых проблем во ВСЕГЕИ в течение ряда лет Н. М. Задорожной, Д. В. Осадчей, В. И. Агеевой и Л. Н. Новоселовой выполнялись тематические исследования по разработке методов крупномасштабного картирования ископаемых органогенных построек на примере изучения нижнекембрийских построек в Алтае-Саянской области и на Южном Урале, среднекембрийских — на Сибирской платформе, нижнепермских — в Западном Приуралье, верхнеюрских — в Крыму, неогеновых — на побережье Азовского моря, а также обобщения литературного материала. В написании ряда разделов книги принимали участие В. Г. Кузнецов (МИНХ и ГП), Е. В. Краснов (ДВНЦ АН), М. А. Минаева (ВСЕГЕИ), И. Г. Михеев (МГРИ), Д. К. Патрунов (Севморгео), Б. В. Преображенский (ДВНЦ АН), Н. К. Фортунатова (МГРИ), В. П. Шуйский (СГИ), Р. Э. Эйнасто (ГИН АН ЭССР). Участие каждого автора отражено в оглавлении.

Предлагаемая работа по общему плану имеет некоторое сходство с руководством, изданным в 1975 г., что неизбежно при общности объекта изучения и целевой направленности. Особенно это относится к главам, касающимся таких вопросов, как признаки органогенных построек и их классификация. Однако рассмотрение этих вопросов в методическом пособии необходимо, так как среди специалистов нет единого мнения относительно типизации ископаемых построек. В целом при некоторой аналогии в рубрикации глав данная книга отличается по своему содержанию. Настоящее пособие предназначается в основном геологам-съемщикам, поэтому подбор и расположение материала подчиняются практическим требованиям производства

крупномасштабных геологосъемочных работ. Здесь впервые рассматриваются принципы картирования геологических тел, образованных ископаемыми органогенными постройками, даются анализ наиболее типичных ошибок при их картировании, общая схема размещения маршрутов и последовательность изучения построек в процессе геологической съемки. Рекомендуемые методы касаются только вскрытых органогенных построек. Общие вопросы организации и проведения геологосъемочных работ, которые освещены в упомянутых выше методических руководствах, указаниях и инструкциях, в данном пособии опускаются.

В приведенном списке литературы указана лишь незначительная часть имеющихся основных работ. В какой-то мере этот пробел восполняется ссылками на автора и год в текстовой части.

Большинство рисунков в работе выполнены инженером-картографом ВСЕГЕИ В. И. Агеевой, фотографии и фототаблицы — в фотолаборатории ВСЕГЕИ З. П. Алымовой, М. К. Петровым. На фотографиях и рисунках, взятых из публикаций или материалов других геологов, сделаны соответствующие ссылки.

В процессе написания пособия авторы неоднократно пользовались консультациями, а также проводили совместные обсуждения по вопросам классификации и терминологии с И. Т. Журавлевой, Е. И. Мягковой (ИГИГ СО АН), И. К. Королюк (ИГИРГИ), Н. Н. Предтеченским, М. В. Михайловой (ВНИГНИ). Особенно большую помощь оказали И. Т. Журавлева и М. В. Михайлова, которые неоднократно читали рукопись и сделали ряд ценных замечаний. М. В. Михайловой был передан также ряд оригинальных рисунков, таблиц, фотографий, которые включены в работу с соответствующими ссылками.

Авторы считают своим приятным долгом выразить всем названным лицам глубокую признательность и благодарность.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЙКАХ

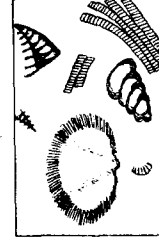
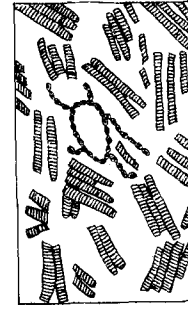
1.1. ПРИЗНАКИ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЕК

Под ископаемой органогенной постройкой понимается «геологическое тело, образованное остатками животных (главным образом колониальных) и растительных организмов, захороненных преимущественно в прижизненном положении». Впервые это определение, в качестве обобщающего понятия для всех типов ископаемых органогенных построек («биостром», «биогерм», «риф» и др.), предложено в Решениях III палеоэколого-литологической сессии [Ископаемые рифы. ..., 1968, с. 248].

Более развернутое определение приводится И. К. Королюк и М. В. Михайловой [Ископаемые органогенные постройки..., 1975, с. 12]: «Органогенная постройка — обособленное, массивное, карбонатное тело, образованное скелетными остатками колониальных и одиночных организмов, нараставших один на другой, захороненных на месте роста и создававших устойчивый каркас, внутри которого накапливались генетически связанные с ними карбонатные осадки, что приводило к образованию особых участков морского дна со своим биоценозом и особым комплексом осадков, возвышающихся и отличающихся от окружающих участков» (рис. 1).

Ископаемые постройки залегают среди слоистых отложений и, на первый взгляд, не вписываются в привычную картину стратифицированных толщ, как бы нарушая естественную последовательность напластования, поскольку от вмещающих отложений они отличаются литологическим составом и комплексом органических остатков (рис. 2).

Органогенные постройки известны в древних отложениях, начиная с позднего докембрия, и продолжают формироваться в настоящее время в современных тропических морях. За столь длительный промежуток систематический состав организмов, способных создавать каркасные структуры, существенно изменялся (см. разд. 1.4). Однако, несмотря на это, разновозрастные постройки обладают в целом рядом характерных общих признаков, позволяющих распознавать их при геологическом картировании и отличать от морфологически сходных карбонатных образований иного генезиса.



0 20 40 см

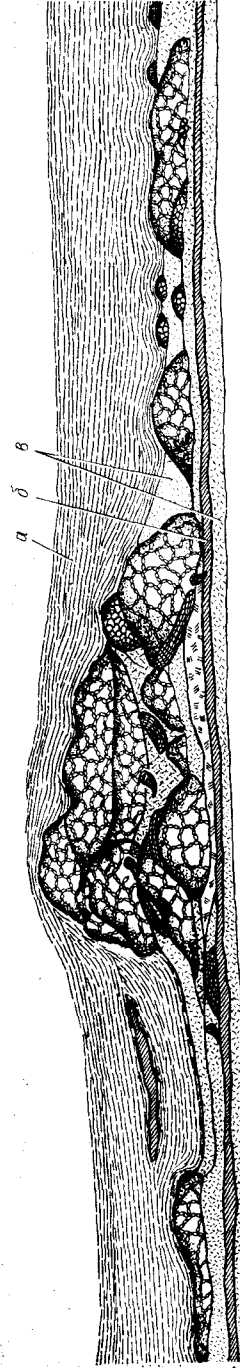


Рис. 1. Органогенная постройка (биогерм), образованная последовательно нараставшими массивными колониями кораллов.

Рядом — отдельные колонии кораллов, находящиеся в положении роста, но не образующие построек. Взмывающие глинистые сланцы (а), песчанки (б) и детритовые известняки (в) приослаивались к первично твердому телу биогерма. Нижний слур, Подолия (А. Я. Бергер, Н. И. Баранова).



Рис. 2. Мшанковые органогенные постройки (д) и условия их залегания. Неоген, берег Азовского моря [Андрусов Н. И., 1961, с. 403, фиг. 6].

е — мезотические известковые слои; кг — дисставая корка на мшанковом известняке; dk — детрит мшанкового известняка; а — делювий; п — осыпь; 1—7 — слоистые отложения, синхронные мшанковому известняку.

Т а б л и ц а 1
Признаки ископаемых
органических построек
(М. В. Михайлова)

Морфологические	Литологические		Палеоэкологические
	первичные	вторичные	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Пространственная обособленность геологических тел 2. Выпуклая форма 3. Четкие границы, своеобразные контакты: впри- стык, в линзу, в клин, сра- стания, постепенные 4. Увеличенная мощность по сравнению с одновоз- растными отложениями 5. Контурная отделывающая (глыбовая, скорлуповая и др.), подчеркивающая обособленность и выпук- лость массива 6. Поверхности выветри- вания, огражающие формы нарастания организмов: со- товые, трубчатые, бугри- стые и т. п. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Резкое литологическое отличие от ок- ружающих пород 2. Преобладание карбасных известняков с различными текстурами нарастания 3. Массивность, отсутствие седимента- ционной слоистости 4. Биоморфная («рифовая») слоистость 5. Тектурная и структурная неоднород- ность, характерная фациальная зональность, перемежаемость карбасных и сопутствующих образований 6. Повышенная пористость и каверноз- ность 7. Выполнение полостей афанитовым, стуктовым и детритовым материалом 8. Геологические уровни — ватерпасы 9. Следы перерывов и сверления 10. В составе детрита преобладание об- ломков карбасных организмов 11. Отсутствие сортировки и первичного цементита в органогенно-обломочных породах 12. Чистота химического состава, незна- чительная терригенная примесь, отсутствие сидеритовых стяжений 13. Следы седиментационных оползней, линзы брекчий на крутых склонах и в окру- жающих породах, пятна и карманы их внутри массивных известняков 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Реликтовые карбасные текстуры 2. Мозаичная пекристаллизация и доломитизация 3. Развитие мно- гостадийных инкрустаций в полостях и по скелетным остат- кам карбасных ор- ганизмов 4. Вторичная по- ристость и кавер- нозность 5. Узорчатое вы- полнение битумом первичных полостей 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Преобладание прикре- пленных форм организмов, способных создавать твер- дую основу органогенной постройки 2. Карбасная форма роста организмов-породообразова- телей 3. Кажущееся беспоря- дочным распределение ор- ганических остатков 4. Закономерная, зональ- ная смена эколого-морфоло- гических групп в пределах постройки 5. Большое родовое раз- нообразие и незначительное видовое 6. Сонахождение органи- ческих остатков из резко отличных экологических группировок 7. Признаки быстрого роста и захоронения орга- низмов, хорошая их со- хранность 8. Образование корковыми формами организмов кусто- видных колоний

Признаки ископаемых построек можно подразделить на три группы: морфологические, литологические, экологические (табл. 1). Часть из них, например прижизненное положение породообразующих организмов, обособленность геологических тел и т. д., относятся к числу обязательных для любого типа построек, другие — могут отсутствовать совсем или проявляться в разной степени. Но ни один из признаков, взятый сам по себе, не может считаться определяющим. Достоверно ископаемые постройки могут быть установлены только по комплексу признаков, учитывающих внутреннее строение, условия залегания и взаимоотношения обособленных карбонатных тел с вмещающими отложениями.

1. Форма, контакты, размеры. Ископаемые органогенные постройки могут иметь самую разнообразную форму: линзовидную, холмовидную, штокообразную, округлую, неправильную и, в частном случае, пластообразную. Наиболее общим признаком, характеризующим их форму, является выпуклость и в общем виде соразмерность протяженности и мощности (табл. II).* В морфологическом отношении различаются тело постройки, подошва, боковые поверхности или склоны, вершина в выпуклых постройках и кровля — в пластообразных. Подстилающие отложения представляют собой фундамент, на котором развивается постройка, вмещающие — занимают объем от основания постройки до подошвы первой пачки, перекрывающей массив в его центральной, наиболее выпуклой части (см. рис. 7). Мощность ископаемых построек обычно превосходит мощность вмещающих отложений.

Размещение построек среди стратифицированных пород может быть различным: в виде одиночных, изолированных тел, протяженных цепочек и гряд, кучных скоплений на площади в пределах одного пласта. От вмещающих отложений, которые могут быть представлены карбонатными, терригенными и эффузивно-терригенными толщами, органогенные постройки отличаются составом, внешним обликом и текстурными особенностями пород. Для них характерны четкие контуры границ, нередко крутые, до вертикальных, склоны, обычно резкие контакты с вмещающими породами, секущие напластование слоистых отложений (см. табл. XIV, XX). В частном случае, когда скорость роста органогенных построек соответствовала скорости накопления одновозрастных отложений, контакты могут быть постепенными, типа срастания. Резкость контактов и отсутствие переходных фаций от карбонатных массивов к вмещающим породам иного литологического состава — один из важнейших признаков ископаемых органогенных построек.

Размеры ископаемых построек варьируют в широких пределах: от мелких тел, измеряемых долями метра, до крупных кар-

* Табл. I—XXIV см. в конце книги.

бонатных массивов, достигающих по протяженности нескольких километров. Комплексы тесно сближенных органогенных построек образуют иногда непрерывные гряды протяженностью в сотни километров, например нижнедевонские рифы Урала [Шуйский В. П., 1973]. Относительно минимальных размеров построек мнения специалистов разделились. Одни считают, что «наиболее рационально органогенными постройками называть тела не менее нескольких метров, в особых случаях около 1 м» [Ископаемые органогенные постройки..., 1975, с. 13]. Другие минимальный размер построек оценивают в 5–6 см [Лучина В. А., 1973; Журавлева И. Т., Мягкова Е. И., 1977]. И. Т. Журавлева и Е. И. Мягкова выделяют еще более мелкие постройки, аккратии (6 см), к которым относят онколиты, микрофитолиты, желваки, возникающие «за счет прикрепления водорослей к подвижным придонным предметам» (1977, с. 125). В данной работе биоценологические желваки, которые «образуются обязательно при шевелении и даже при перекачивании желвака движением воды» [Маслов В. П., 1966, с. 132], не рассматриваются. К органогенным постройкам не относятся также отдельные колонии и корки, поскольку они не имеют каркаса, состоящего из последовательной смены во времени многих поколений прикрепленных организмов (рис. 1). Минимальные размеры ископаемых построек не ограничиваются искусственными пределами и определяются эмпирически от 5–20 см и более.

2. Литологические признаки. Карбонатные породы, слагающие органогенные постройки, отличаются от карбонатных пород любого другого генезиса. Независимо от возраста, состава породообразующих организмов и вмещающих отложений они представлены внешне сходными массивными известняками (реже доломитами) преимущественно белого или светло-серого цвета, выходы которых образуют своеобразные скальные обнажения (табл. I, II). Наиболее характерными породами являются каркасные известняки, в составе которых преобладают скелетные остатки организмов, захороненных в прижизненном положении. Промежутки между ними выполнены органогенно-обломочным материалом (рис. 3, табл. III–IV). Известняки массивные, монолитные, в них отсутствуют седиментационная слоистость и плитчатость, обычная для осадочных пород. Этим известнякам свойственны высокая пористость и кавернозность. Форма, размеры и число пор и полостей различны, так же как различно и их происхождение. Первичные полости возникали между каркасообразующими организмами и деталями их скелетов, внутри скелетных остатков, в промежутках между простыми постройками, участвующими в строении более сложных построек (рис. 4, табл. V, VI). Вторичные поры образуются в результате уплотнения, частичного растворения скелетных элементов и трещиноватости. Размеры полостей варьируют от миллиметров до нескольких метров. Более крупные по-

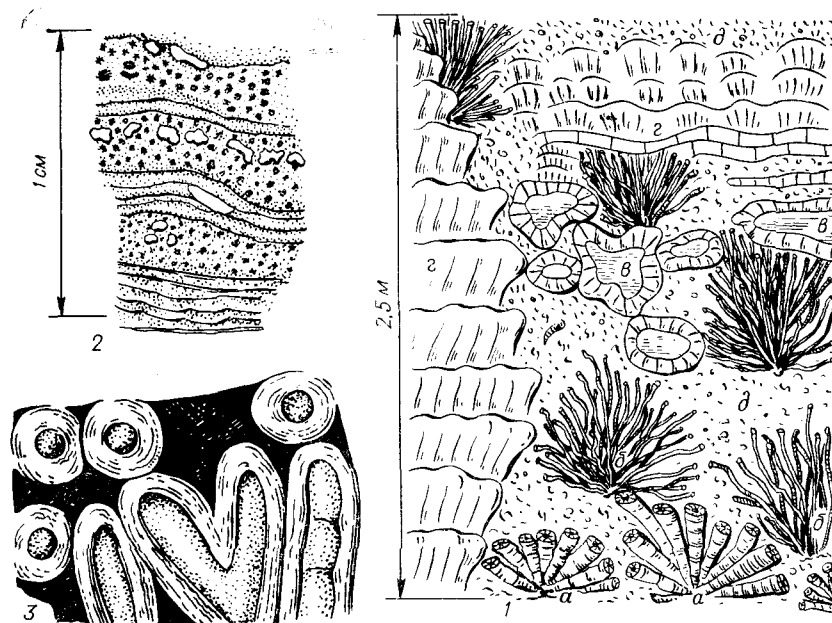


Рис. 3. Примеры различных типов органогенного каркаса.

1 — ветвисто-кустистый (а, б, в — кораллы, г — гексактиниды, д — органогенный детрит). Биогерм, верхняя юра, Крым (Д. В. Осадчая); 2 — массивный (микроструктура строматолита с чередованием пористых и плотных слоев (В. П. Маслов, 1961 б, фиг. 9); 3 — ветвистый (точками показаны ветвистые строматопорониды, штрихами — строматолитовые корочки, черным цветом — инкрустирующий кальцит). Natur. вел. Биогерм, нижний девон, Южный Урал [Шуйский В. П., 1973, рис. 11].

лости выполнены, как правило, детритовыми осадками, мелкие — либо иловым материалом, либо крупнокристаллическим кальцитом, заполняющим пустоты в диагенетическую стадию и образующим характерные инкрустационные структуры. Первичные и вторичные полости, которые могут составлять до 30–40 % общего объема пород, часто остаются незаполненными. Этим объясняются высокие коллекторские свойства погребенных построек, представляющих собой вместилца для нефти и газа.

Карбонатные породы отличаются чистотой химического состава и незначительной терригенной примесью (1–2 %) вследствие биогенного способа накопления карбонатного материала. Для известняков характерны процессы перекристаллизации и вторичной доломитизации, в результате которых каркасные структуры могут быть полностью уничтожены, что затрудняет выяснение генезиса карбонатных тел и принадлежность их к органогенным постройкам.

3. Способ образования. Особенности строения ископаемых органогенных построек обусловлены специфическим

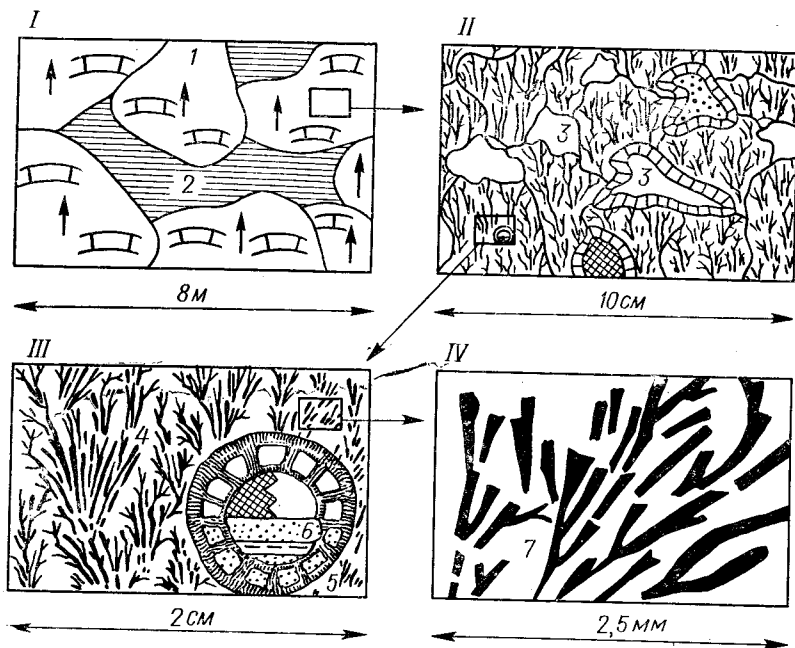


Рис. 4. Примеры различных типов полостей в массивных водорослевых известняках.

I — полости (2) между биогермами (1), выполненные органогенно-обломочными известняками; II — поры (3) между колониями водорослей, выполненные шестоватым кальцитом и илистым карбонатным материалом; III — поры между водорослевыми слоевищами (4) и внутри кубка археоциат (5), выполненные кальцитом. Поверхность илового уровня, частично выполняющего центральную полость кубка, является геологическим ватерпасом (6); IV — мельчайшие поры между нитями водорослей, заполненные диагенетическим кальцитом (7).

способом их образования как изначально твердых, карбонатных тел, основные компоненты которых всегда были статичны и не подвергались перемещению под влиянием водной среды. Этим они принципиально отличаются от всех прочих типов карбонатных пород. Основу любой органогенной постройки составляет первично твердый известковый каркас, образованный прикрепленными ко дну колониальными организмами, «известковые выделения которых после смерти организма остаются в положении роста, не распадаются и не перемещаются движением воды» [Маслов В. П., 1961а, с. 444]. Скелетные остатки поколений каркасных организмов, сцепленные взаимным прижизненным прирастанием, образовывали жесткие структуры, возвышающиеся на дне водоема. Естественные ячеи и полости в промежутках органогенного каркаса представляли собой ловушки для рыхлых илстых и детритовых осадков, основным источником которых являлись продукты механического разрушения и истирания скелетов прикрепленных организмов в результате волнений и деятельности разнообразных сверлильщиков, ило-

едов и хищников. При заполнении полостей каркаса карбонатным материалом и быстрой его литификации в условиях хорошей аэрации и интенсивных волнений формировались массивные, без признаков слоистости породы. В зависимости от типа и размеров построек количественные соотношения остатков каркасообразующих организмов и органогенно-обломочного материала в общем объеме пород варьируют в широких пределах. При этом чем меньше органогенная постройка, тем большую роль играет биогенный каркас, составляющий до 90 % всего объема. В более крупных и сложных постройках значительно увеличивается роль илесто-детритового компонента, который может преобладать над каркасной частью. Наблюдения над древними и современными постройками показывают, что минимальное число каркасообразующих организмов, обеспечивающее существование устойчивого каркаса, составляет не менее 30 %.

Прикрепленные известковые организмы внутри биотопов органогенных построек образовывали плотные поселения (табл. III, IV). На этих участках морского дна возникали экологические ниши и зоны, заселенные специфическими биоценозами. При изменении условий внешней среды (освещенность, подвижность воды, аэрируемость и т. д.) бентосные организмы мигрировали, прекращали свой рост или пышно развивались за счет угнетения других форм. В результате неравномерного размещения разных групп бентосных организмов на площади формировались каркасные известняки с пятнистой текстурой, рисунок которой уникален для каждого участка. Поскольку скорость роста колониальных известковых организмов значительно больше скорости накопления рыхлых осадков, при длительном сохранении оптимальных условий на дне водоема возникали обособленные твердые тела, заметно возвышающиеся над рельефом дна. Рыхлые осадки, накапливающиеся на смежных участках, прислонялись к уже сформировавшимся твердым телам, которые могли иметь неровные, пещеристые, с нависающими карнизами боковые поверхности. Поэтому контакты органогенных построек с вмещающими отложениями при резких границах могут иметь неровные извилистые контуры, невозможные в нормально осадочных породах (см. табл. XIV, XVI, XVII).

В целом в образовании каркасных известняков ведущими процессами были биологические в отличие от обломочных известняков, которые создавались под влиянием физических процессов (деструкция, сортировка, транспортировка) и пелитовых, образованных преимущественно химическим путем.

4. Прижизненная форма и геологические тела ископаемых органогенных построек. В характеристику ископаемых построек входит два понятия: геологическое тело и прижизненная (палеогеоморфологическая) форма [Маслов В. П., 1950; Корольюк И. К., 1952;

Михайлова М. В., 1959, 1965; Журавлева И. Т., 1966; Журавлева И. Т., Равикович А. И., 1973; Решения III, IV, ..., 1968].

Это объясняется особенностью развития и роста построек во взаимосвязи с окружающим осадконакоплением. В период роста различные типы построек отличались пространственной конфигурацией, размерами и высотой относительно дна бассейна, т. е. имели различную геоморфологическую форму. Это могли быть подводные заросли, выступающие над дном водоема всего лишь на высоту слоевища или особи каркасных организмов

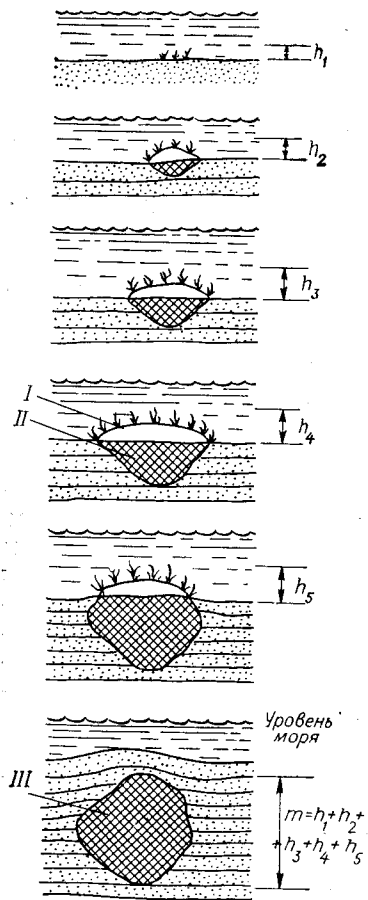


Рис. 5. Схема развития органо-генной постройки во времени.

I — прижизненная форма постройки; II — погребенная, ископаемая часть постройки; III — ископаемая форма постройки, геологическое тело; h — прижизненная высота постройки; m — мощность ископаемого геологического тела. [По Журавлевой И. Т., 1966].

(биостромы), подводные холмы, высота которых измерялась первыми метрами (биогермы) или десятками метров (биогермные массивы), и крупные гряды-волноломы, достигающие уреза воды, высотой в десятки и сотни метров (риффы). Прижизненная высота органо-генных построек определяется в общем виде соотношением скорости роста каркасных организмов и накопления синхронных отложений. Если скорость роста построек соответствовала скорости накопления однообразных отложений, то постройки почти не выделялись в рельефе дна. В большинстве же случаев рост каркасообразующих организмов превосходил скорость накопления рыхлых осадков, поэтому органо-генные постройки возвышались над дном водоема, образуя положительные формы подводного рельефа.

На рис. 5 И. Т. Журавлевой показана принципиальная модель развития органо-генной постройки во времени. Рост постройки происходит путем непрерывного и последовательного нарастания активно живущего верхнего слоя каркасных организмов на твердую поверхность, образованную скелетными остатками уже отмерших организмов и продуктами их разрушения. Основание возвышаю-

щихся первично твердых каркасных сооружений постепенно засыпается синхронными рыхлыми осадками. В рельефе дна продолжают выступать только более верхние, активно живущие части постройки. Со временем развитие постройки прекращается, она оказывается полностью погребенной и превращается в изолированное геологическое тело массивных органо-генных известняков, залегающее среди слоистых отложений (см. табл. XVI). Подобные тела обладают мощностью, которая складывается из прижизненных высот, характерных для каждого отдельного интервала времени, и измеряется расстоянием от подошвы до кровли построек [Журавлева И. Т., 1966; Журавлева И. Т., Равикович А. И., 1973].

Таким образом, геологические тела, образованные ископаемыми органо-генными постройками, формировались в процессе постепенного развития построек во времени и представляют собой суммарный итог последовательной смены различных форм их существования. Безусловно, процесс развития реальных построек более сложный и не может быть сведен к механическому суммированию: одновременно с ростом построек происходило их разрушение, один тип построек при изменении палеогеографических и палеотектонических условий мог сменяться в разрезе другим.

При изучении ископаемых построек геолог имеет дело исключительно с геологическими телами, которые представляют собой реальные историко-геологические образования. Прижизненная форма постройки может быть выявлена только при палеогеографических реконструкциях в процессе детального изучения геологических тел, образованных ископаемыми постройками, и взаимоотношений их с вмещающими отложениями. В частных примерах прижизненная форма небольших органо-генных построек может соответствовать геологическому телу, а прижизненная высота постройки будет соответствовать при этом мощности геологического тела. В большинстве же случаев, особенно для крупных построек, прижизненная форма роста существенно отличается от ископаемой формы геологических тел [Журавлева И. Т., Мягкова Е. И., 1979].

1.2. ТЕРМИНОЛОГИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЕК

1.2.1. ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ

В настоящее время большинство исследователей выделяют следующие основные типы ископаемых органо-генных построек: «биостром», «биогерм», «риф». Однако понимание этих терминов неоднозначно у разных авторов. Наиболее принципиальные разногласия касаются термина «органогенный риф» применительно к ископаемым органо-генным постройкам.

На ранних этапах изучения современных рифов, в середине XIX в. [Дарвин Ч., 1936], под «органогенным рифом» понимали крупное органогенное сооружение, созданное прикрепленными известковыми организмами, которое поднимается со дна океана в виде известняковой гряды, достигает его поверхности и одновременно с ростом постоянно разрушается под действием волн. Подобные рифовые структуры активно влияют на распределение и состав окружающих отложений.

Позднее при изучении древних толщ все обособленные тела массивных органогенных известняков, имеющие секущие контакты со слоистыми отложениями, стали относить к ископаемым рифам. Термины «риф», «рифовые известняки», «рифогенные и рифовые фации» прочно вошли в геологическую практику. Однако с накоплением новых фактов стало очевидным, что далеко не все тела массивных известняков могут сопоставляться с современными рифами. В древних отложениях чаще находятся мелкие постройки, которые не оказывали существенного влияния на вмещающие фации, не несут следов размыва и формировались заведомо ниже уровня моря. Е. Р. Камингс по этому поводу пишет: «Геологическая литература последней четверти века содержит неправильное использование термина «риф» и «коралловый риф». Мы находим многочисленные работы, использующие термин для слоистых структур, которые определенно не поднимались выше окружающего дна и заведомо не подходят к определению риф или коралловый риф, а также небольшие линзы, желваки и даже индивидуальные кораллы и водоросли». В результате этого «слово риф в геологической литературе стало означать очень мало» [Cumings E. R., 1932, с. 332]. В 1915 г. Н. И. Андрусов предложил термины «онкоид» и «стратоид». Под онкоидом он понимал «линзы, желваки и цилиндрические образования, которые во время роста выдавались над дном моря в виде бугров и возвышений, нередко с очень крутыми стенами», и верхушки которых «могли и не достигать поверхности вод, как у обычных коралловых рифов». Стратоиды — слоистые образования, сложенные скоплением свободноживущих, либо одиночных сидячих организмов, либо органогенным детритом [Андрусов Н. И., 1915 г., с. 138, 139]. Эти термины не получили широкого распространения. Позже Е. Р. Камингс и Р. К. Шрок ввели понятие «биогерм» и «биостром».

«Биогерм» происходит от греческого «*bio*» — и «*herma*» (холм), где имеется в виду риф, банка или холм для рифоподобных, холмоподобных, линзоподобных и других структур строго органического происхождения, включенных в породы отличной литологии» [Cumings E. R., 1932, с. 333]. В понятие «биогерм» в первоначальном варианте не были включены признаки положения постройки относительно уровня моря. К биогермам авторы относили и небольшие линзы органогенных известняков и настоящие рифы, хотя для собственно рифовых структур они

считали необходимым признаком «рост вблизи поверхности воды» (с. 335). Термин «биостром» предложен Е. Р. Камингсом «для собственно слоистых структур, таких как раковинные пласты, криноидные пласты, коралловые пласты, состоящие и построенные в основном сидячими организмами и не образующие холмоподобные и линзоподобные формы» [Cumings E. R., 1932, с. 334]. Термины «биогерм» и «биостром» были восприняты в основном специалистами, занимающимися изучением ископаемых органогенных построек. Большинство же геологов до сих пор все выходы массивных органогенных известняков независимо от типа постройки относят к «рифам». Таким образом, термин «риф» до настоящего времени употребляется в разных смысловых значениях: 1) как определенный генетический тип органогенных построек; 2) как обобщающий термин для всех типов построек независимо от того, поднимались они до уровня моря или нет; 3) для обозначения выходов любых органогенных известняков разного генезиса. Этому способствует распространенное мнение, что в геологической практике невозможно установить глубину формирования древних органогенных массивов и поэтому применение термина «риф» ко всем подобным образованиям вполне правильно.

В последние три десятилетия в СССР и за рубежом проведен ряд совещаний по проблемам изучения современных и древних построек, на которых большое внимание уделялось определению понятия «риф»: 1949, 1960 — совещания американских геологов-нефтяников [BAAPG, 1950 г., v. 34, p. 2; Classification... 1962]; 1965 и 1966 гг. — III и IV Всесоюзные палеоэколого-литологические сессии в СССР [Решения III..., 1968; Решения IV..., 1968]; 1970 г. — симпозиум американского общества палеонтологов и минералогов [Reefs..., 1974]. Вопросы классификации органогенных построек обсуждаются во многих отечественных и зарубежных работах [Маслов В. П., 1950, 1961а, б; Королюк И. К., 1952; Наливкин Д. В., 1956; Михайлова М. В., 1959; 1966; Королюк И. К., Михайлова М. В., 1970, 1977; Равикович А. И., 1954, 1960, 1968 г.; Журавлева И. Т., 1966; Журавлева И. Т., Равикович А. И., 1973, 1974 г.; Журавлева И. Т., Мягкова Е. И., 1977, 1979; Чувашов Б. И., 1966 г.; Краснов Е. В., 1968; Кузнецов В. Г., 1978; Шуйский В. П., 1973; Ископаемые органогенные постройки..., 1975, и многие другие; Fairbridge R. W. 1950 г.; Link T. A., 1950; Wilson W. B., 1950 г.; Henson F. R., 1950; Lowenstam H. A., 1950 г.; Newell N. D., 1953 г.; Johnson I. H., 1953 г., 1971 г.; Nelson H. F., Brown G. W., Brineman J. H., 1962; Maxwell W. G., 1968; Heckel P. H., 1974; Шепард Ф. П., 1976 г., и многие другие]. Анализ литературного материала показывает, что имеется различное толкование терминов и классификационных признаков ископаемых построек.

В данной работе принята морфолого-генетическая классификация, основы которой разработаны на III палеоэколого-лито-

логической сессии [Решения III..., 1968]. Она базируется на литолого-морфологических признаках (форма, размеры, сложность внутреннего строения), которые наблюдаются непосредственно при изучении ископаемых построек как реальных геологических тел, а также учитывает палеогеографические признаки, характеризующие постройку в период ее роста (прижизненная высота, форма и положение относительно уровня моря), которые могут восстанавливаться с определенной достоверностью только в результате литолого-фациального изучения построек и вмещающих отложений. Необходимость использования при классификации ископаемых построек признаков, характерных для геологической (ископаемой) и прижизненной (палеогеоморфологической) формы, вызвана тем, что разные генетические типы построек, формирующиеся в различных фациальных обстановках, могут давать сходные геологические тела. Выявление генетической сущности этих тел возможно только после реконструкции прижизненной их формы: представляли ли они в момент развития подводные заросли, холмы или гряды-волноломы. В. П. Маслов писал, что «принцип изучения не только формы геологического тела, но и происхождения и строения этого тела дает нам в руки критерий для классификации и восстановления условий образования пород. Нужда в такого рода работах совершенно очевидна и смешение различных образований под одним термином «риф» вредно отражается на таком изучении» [1961а, с. 444].

1.2.2. ТИПЫ ПОСТРОЕК

По сложности строения ископаемые органогенные постройки подразделяются на элементарные — калиптры, простые — биостромы, сложные — биостромные, калиптровые, биогермные массивы, сложно-дифференцированные, органогенно-аккумулятивные — рифоиды и рифы (табл. 2).

Разделение построек на элементарные, простые и сложные предложено И. Т. Журавлевой и А. И. Равикович [1973], И. Т. Журавлевой и Е. И. Мягковой [1979]; на простые и сложные — И. К. Королюк и М. В. Михайловой [1975 г., 1977]; на примитивные и дифференцированные — А. И. Равикович [1968 г.]. Однако группировка построек внутри этих подразделений понимается разными авторами различно.

1.2.2.1. Элементарные постройки (калиптры)

Состоят из каркасообразующих организмов, редко встречаются самостоятельно, чаще входят в состав более сложных построек, развиваются ниже уреза воды.

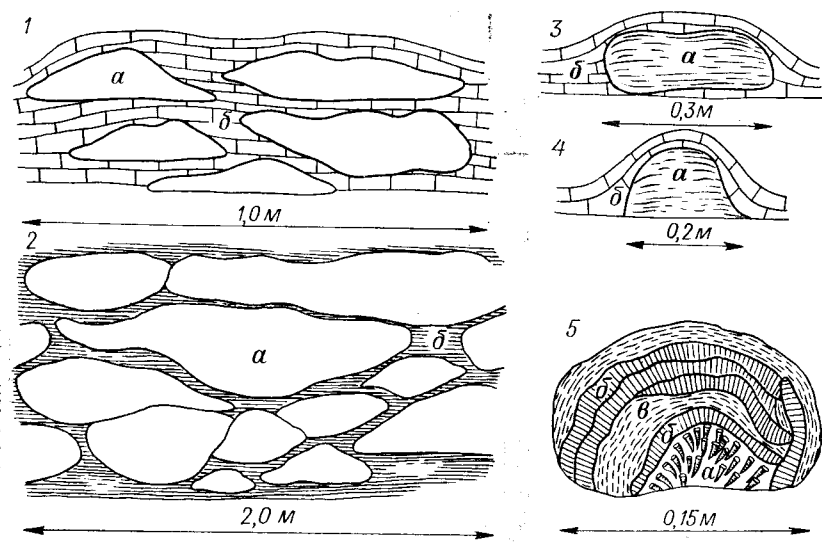


Рис. 6. Калиптры.

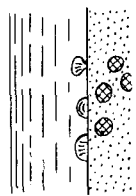
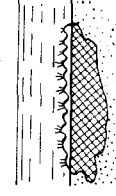
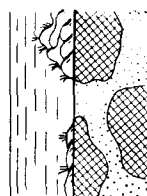
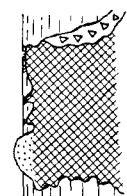
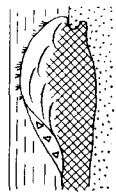
1—2 — водорослевые калиптры линзовидной формы: 1 — изолированные калиптры (а) среди слоистых известняков (б), 2 — деталь строения калиптрового массива. Промежутки между калиптрами (а) выполнены глинистым материалом (б). Средний кембрий, Сибирская платформа, р. Амга. (Н. М. Задорожная); 3—4 — изолированные водорослевые калиптры. Вмещающие известняки (б) облекают калиптры (а). Ордовик, Казахстан [Журавлева И. Т., Мягкова Е. И., 1977, рис. 2]; 5 — пример внутреннего строения калиптры (кораллы: а — одиночные, б — корковые, в — детритово-глинистый материал). Верхняя юра, Крым (Д. В. Осадчая).

Калиптры* — самые мелкие органогенные постройки, размеры которых варьируют от нескольких до первых десятков сантиметров. Форма калиптр разнообразная: округлая, куполовидная, караваеобразная, столбчатая и т. д. Слагаются они одним или несколькими типами организмов, которые могут располагаться внутри калиптры равномерно, зонально, гнездообразно. Поверхности калиптр, соответствующие естественным первичным поверхностям нарастания колониальных форм, часто неровные, ямчато-бугристые (рис. 6; табл. II). В период роста калиптры имели форму бугров, высота которых могла соответствовать всей или части ископаемой калиптры [Лучинина В. А., 1973, 1975 г.; Журавлева И. Т., Лучинина В. А., 1977 г.].

Обычно этот тип построек развивается в тех участках морских бассейнов, где отмечается значительный привнос терригенного материала [Задорожная Н. М., 1974]. Периодическое заливание препятствовало, по-видимому, сплошному расселению каркасных организмов, которые обособлялись в небольшие купола (калиптры), в промежутках между ними скапливался

* Calyptra — греч. «шапочка». Термин предложен В. А. Лучиной [1971 г., 1973].

Т а б л и ц а 2
Типы ископаемых органических построек
 (Н. М. Задорожная)

Типы построек	Калиптра	Определение	Геологическое тело	Прижизненная форма
I. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ Состоят из каркасообразующих организмов, слагают преимущественно более сложные постройки, развиваются ниже уреза воды	Калиптра	Мелкие постройки желвакообразной формы размером от сантиметров до первых десятков сантиметров		Бугор, купол подводные
II. ПРОСТЫЕ Состоят из каркасообразующих организмов или калиптр, могут существовать самостоятельно или входить в состав более сложных построек, развиваются ниже уреза воды	а) Биостром б) Биогерм	«Массивная или слоистая ископаемая органическая постройка, не выделяющаяся или почти не выделяющаяся над прилегающими синхронными отложениями иного литологического состава» [Решения III... 1968] «Массивная ископаемая органическая постройка, возвышающаяся над прилегающими синхронными отложениями иного литологического состава. Мощность биогерма превышает мощность синхронных отложений» [Решения III... 1968]	Линза, пласт Массив	Заросль подводная Холм, бугор подводные
III. СЛОЖНЫЕ Состоят из совокупности элементарных и простых построек, развиваются ниже уреза воды	а) Биостромный массив	Массивное или слоистое геологическое тело, преимущественно пластобразной или линзовидной формы, образованное совокупностью последовательно нарастающих	Серия пластов	Заросль подводная
IV. СЛОЖНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ (ОРГАНОГЕННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ) Состоят из комплекса различных типов построек и генетически связанных с ними органично-обломочных и хемогенных пород, количество которых может быть различным. Развиваются вблизи уреза воды и представляют собой волноломы	а) ископаемый риф (рифовый массив)	яющих в разрезе (во времени) биостромов Пространственно обособленное массивное геологическое тело, образованное тесно нарастающими калиптрами		Бугры подводные
	б) Рифоидный (рифидный массив)	Пространственно обособленное массивное геологическое тело, образованное тесно нарастающими один на другой биогермами		Холм подводный
		Пространственно обособленное геологическое тело, образованное сложным комплексом закономерно сочетающихся в пространстве разнообразных фаций органических построек и генетически связанных с ними органично-обломочных и хемогенных пород		Холм, гора, гряды (волноломы)
		Пространственно обособленное геологическое тело, «имеющее в своей структуре большинство элементов, характерных для рифового склона» [Журавлева И. Т., Мягкова Е. И., 1979]		Холм (волнолом)

- а) Растущая часть органической постройки (прижизненная форма)
 б) Погребенная часть органической постройки



Ископаемая органическая постройка (геологическое тело)

детритовый материал с глинистой примесью. В результате формировались небольшие (5—50 см) обособленные тела, покрытые с поверхности глинистой пленкой (см. табл. XI). В отличие от других типов построек в калиптрах может находиться значительное количество глинистой примеси, выполняющей промежуток между скелетными частями органических остатков.

Сходные по строению образования описаны И. К. Королюк [1952] под названием «литогамниевых шаров» из тортонских подрифовых отложений в миоценовых толщах Подолии. В сарматских отложениях Молдавии В. С. Саяновым [1968] выделяются близкие к калиптрам постройки в качестве «мелких биогермов», которые встречаются изолированно и в составе крупных биогермов. Слагаются они нубекуляриями, багряными водорослями, мшанками.

1.2.2.2. Простые постройки (биостромы, биогермы)

Состоят из каркасных организмов или слагаются тесно нарастающими, обособленными калиптрами. Существуют самостоятельно и входят в состав сложных построек, развиваются ниже уреза воды.

1. Биостром — «массивная или слоистая ископаемая органическая постройка, не выделяющаяся или почти не выделяющаяся над прилегающими синхронными отложениями иного литологического состава». Ископаемая форма — линза, пласт; прижизненная форма — подводная заросль [Решения III..., 1968] (табл. 2).

Это понятие «биострома» отличается от первоначального, данного Е. Р. Камингсом [Cumings E. R., 1932].

К биостромам относятся только те пластообразные карбонатные тела, которые создавались прикрепленными организмами, образующими при жизни первично твердые каркасные структуры. К ним не относятся «раковинные и криноидные пласты» Е. Р. Камингса, сложенные посмертным скоплением раковин, для которых М. М. Язмиром предложен термин «тафостром» [1961], а также образования типа «устричных банок» (см. разд. 1.3).

Мощность биостромов варьирует от сантиметров до первых метров, протяженность может составлять многие километры. Подошва биостромных пластов обычно ровная, кровля чаще волнисто-бугристая, отражающая прижизненную поверхность нарастания известковых колоний. Скорость роста каркасных организмов в биостромах соответствовала скорости накопления одновозрастных осадков на смежных участках морского дна, поэтому мощность биостромов соответствует мощности вмещающих отложений, с которыми биостромы имеют контакты линзовидного выклинивания или срастания с постепенными фаціальными переходами. Каркасные организмы могут распределяться

внутри биостромного пласта равномерно, пятнисто, либо с слоевидной зональностью (см. рис. 49).

Биостромы широко развиты в платформенных областях, где они могут занимать по площади сотни километров и служат прекрасными маркерами при картировании. Например, нижнекембрийские водорослевые биостромы выделяются в разрезах Сибирской платформы на нескольких уровнях. Маркирующие биостромные пласты имеют здесь протяженность от 20—30 км (нохоройский, бачыкский, кырытасский и др.) до нескольких сотен километров (осинский) при мощности от 1—2 до 20 м [Журавлева И. Т., 1979].

2. Биогерм — «массивная ископаемая органическая постройка, возвышающаяся над прилегающими синхронными отложениями иного литологического состава. Мощность биогерма превышает мощность прилегающих синхронных слоев» [Решения III..., 1968]. Ископаемая форма — массив, выпуклая линза; прижизненная — подводный холм, не достигающий уреза воды. Для биогермов характерно разнообразие и в общем виде изометричность формы геологических тел. Они могут быть округлыми, куполовидными, линзовидными, караваеобразными, цилиндрическими, грибообразными и т. д. (см. табл. XIV, XVI). Преобладающие размеры биогермов 0,5—10 м (в поперечнике и по мощности), реже до 15—20 м. Более крупные постройки, по-видимому, правильнее относить к биогермным массивам. В составе биогермов преобладают каркасные известняки с незначительной примесью илесто-детритового материала, заполняющего промежутки между скелетными частями известковых организмов, либо образующие небольшие гнездообразные включения. Иногда биогермы слагаются четко обособленными, тесно нарастающими калиптрами, незначительные промежутки между которыми заполнены детритовым материалом.

Общепринятой классификации биогермов не существует. И. К. Королюк и М. В. Михайлова [1970, 1977] разделяют биогермы по количеству и способу размещения биогермообразователей: 1) однородные или простые, сложенные одним, двумя видами организмов; 2) зональные, сложенные несколькими видами биогермообразователей, распространенными в теле биогерма слоями; 3) пятнистые, образованные несколькими видами организмов, распространенными гнездообразно.

В морфологической классификации за основной признак принимается форма геологических тел. При этом постройки определенной формы имеют иногда собственные названия: округлые — онкоиды, грибообразные — чапейро [Маслов В. П., 1950] и т. д. Однако при большом разнообразии внешних форм трудно создать четкую классификацию по этим признакам.

И. Т. Журавлева [1966] разделила биогермы на две группы: диплоидные (двувершинные) и монолофоидные (одновершинные) (рис. 7). К монолофоидным относятся биогермы с плоским

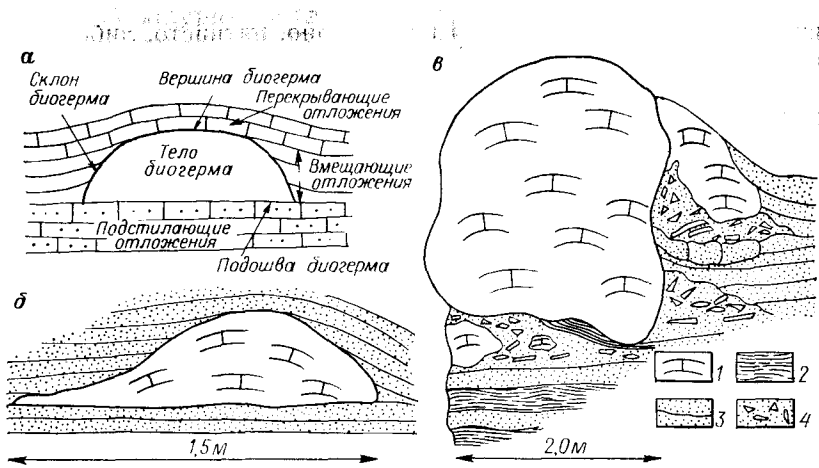


Рис 7. Принципиальная схема строения биогерма (а) (Н. К. Фортунатова) и примеры монолофоидного (б) и дилофоидного (в) биогермов. Нижний кембрий, Алтае-Саянская область, р. Базаиха (Н. М. Задорожная).
1 — биогермные известняки; 2 — алевриты; 3 — песчаники и гравелиты; 4 — брекчии с обломками водорослевых известняков.

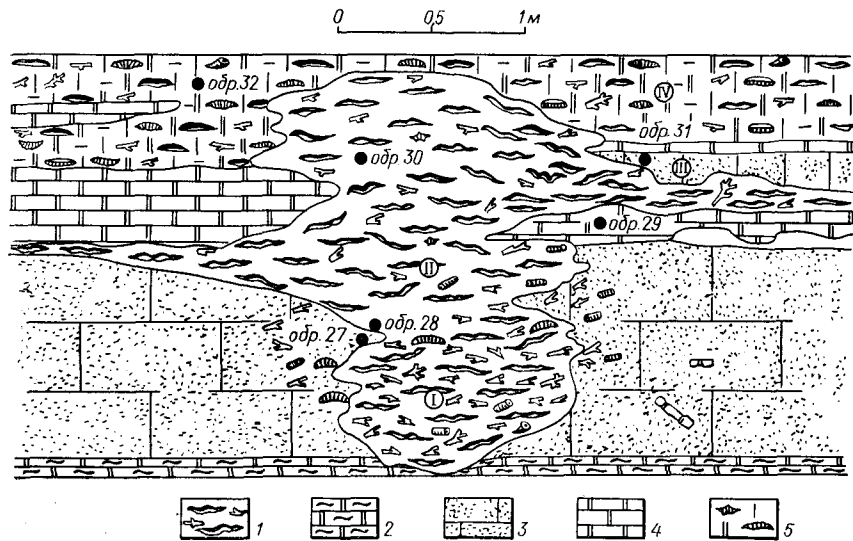


Рис. 8. Сложная форма кораллово-строматопорового дилофоидного биогерма с контактами впритык и линзовидного выклинивания. Силур, Подолия (А. Я. Бергер).
1 — биогермные известняки; 2 — доломитовый мергель; 3 — криноидно-детритовые известняки; 4 — доломиты; 5 — биостромные известняки.

основанием и суженной сверху вершиной: куполовидные, линзовидные, лепешковидные и т. д. Отношение мощности к ширине у основания у них меньше единицы. В плане такие постройки имеют нередко извилистые контуры. Дилофоидные биогермы, суженные сверху и книзу, с расширенной средней частью, имеют как бы две вершины. Обычно они вытянуты в высоту, отношения мощности к наиболее расширенной средней части у них либо равны, либо больше единицы, т. е. мощность биогермов нередко больше их поперечника. К ним относятся постройки желваковидные, округлые, цилиндрические грибовидные, столбчатые и т. п. (см. табл. XIII—XIV). В плане для них характерны округлые или эллипсовидные очертания. Классификация биогермов по такому признаку оказалась принципиальной, отражающей наиболее общие закономерности развития органогенных построек. При всем разнообразии внешних контуров уплощенная или вытянутая вверх форма биогермов зависит в целом от соотношения скоростей роста каркасных организмов и режима погружения фундамента (либо в частном случае колебаний уровня моря).

Иногда биогермы имеют сложную форму, представляющую собой как бы сочетание дилофоидного и монолофоидного типа построек. Например, на рис. 8 показан биогерм, который начинает развиваться как дилофоид, вытянутый в высоту (I). В какой-то момент развития рост каркасных организмов происходил преимущественно в латеральном направлении (II—III), постройка приобретала облик, характерный для монолофоидных биогермов.

Биогермы — наиболее распространенный тип органогенных построек. Они входят в состав биогермных и рифовых массивов, а также часто образуют самостоятельные, изолированные тела. В этом случае биогермы обычно располагаются в виде протяженных цепочек либо группируются на площади в пределах одного пласта. Вследствие сравнительно небольших размеров и массивности пород биогермы отчетливо обособляются среди слоистых отложений. В литературе имеются многочисленные описания биогермных построек разного возраста в работах В. П. Маслова [1949 г., 1950, 1960 г., 1961а, 1966], И. К. Королук [1952, 1968], М. В. Михайловой [1959, 1965, 1968], И. Т. Журравлевой [1966], В. С. Саянова [1968] и др. Классическим примером всестороннего изучения и документации биогермов может служить работа Н. И. Андрусова [1961].

1.2.2.3. Сложные постройки (биостромные, калиптровые, биогермные массивы)

Состоят из совокупности элементарных и простых построек, развиваются ниже уреза воды. В подчиненном количестве в составе сложных построек могут присутствовать органогенно-обломочные и хемогенные породы.

1. Биостромный массив — карбонатное тело пластообразной или линзовидной формы, образованное совокупностью последовательно нарастающих в разрезе (во времени) биостромов.

Биостромные массивы существуют только как ископаемые тела, поскольку в период роста они, так же как и отдельные биостромы, представляли собой подводные заросли, высота которых соответствовала высоте колоний каркасных организмов. Скорость их роста соответствовала скорости накопления синхронных рыхлых осадков, поэтому мощность биостромных массивов практически равна или чуть превышает мощность одновозрастных отложений. Контакты с вмещающими отложениями линзовидные или типа срастания. Как правило, геологические тела, представляющие собой биостромные массивы, имеют отчетливо выраженную пластообразную форму с длиной (десятки метров — километры), во много раз превосходящей их мощность (десятки метров). Очевидно, что подобные тела более соответствуют названию биостромная толща или биостромный пласт. Особенно это характерно для пластовых строматолитов, толщи которых могут протягиваться на десятки километров при мощности в сотни метров. В случае ограниченного распространения биостромов на площади в длительном сохранении однотипных фациальных условий в ископаемом состоянии образуются геологические тела выпуклолинзовидной или неправильной формы. По общей конфигурации эти тела имеют сходство с другими типами органогенных массивов и вполне отвечают понятию «биостромный массив».

Для внутреннего строения биостромных массивов и пластов характерна неотчетливая биоморфная слоистость, отражающая неровные поверхности последовательного нарастания колониальных каркасных организмов. Биостромные пласты часто служат фундаментом для биогермных и рифовых массивов (см. табл. XII).

2. Калиптовый массив — пространственно обособленное массивное тело, образованное тесно нарастающими калиптрами с подчиненным количеством органогенно-обломочных и хемогенных пород в промежутках между ними. Ископаемая форма — обособленный массив преимущественно неправильно линзовидной формы. Палеогеографическая прижизненная форма — тесно расположенные на поверхности дна мелкие бугры, высота которых не превышала размер калиптр. Мощность калиптового массива практически равна мощности одновозрастных вмещающих отложений.

Некоторые исследователи возражают против выделения калиптового массива в качестве самостоятельной формы ископаемой органогенной постройки, считая, что подобные образования соответствуют биостромному массиву, сложенному калиптрами, поскольку прижизненная высота их не превышала

высоты отдельной калиптры, так же как и в биостромном пласте, состоящем из калиптр. Однако в данной работе калиптровые массивы выделяются самостоятельно с целью обратить внимание геологов на своеобразие строения подобных тел, которые обычно имеют более сложное строение, чем сумма калиптровых биостромов. Последние, вероятно, являются лишь частным случаем калиптровых массивов, которые, как правило, слагаются не только калиптрами, но и биогермами, а также сопутствующими органогенно-обломочными породами. Примером может служить нижнекембрийский калиптовый массив в Туве [Задорожная Н. М., 1974]. Массив протяженностью 4 км при мощности 170 м имеет неправильно-линзовидную форму. Слагается он тесно расположенными водорослевыми калиптрами размером от 2—5 до 50 см, сцементированными мергелистым материалом. Среди калиптр располагаются изолированные водорослевые биогермы, преимущественно монолофоидного типа. На западном окончании калиптовый массив «расщепляется» на две биогермные гряды, состоящие из тесно расположенных биогермных массивов (см. рис. 28).

3. Биогермный массив* — пространственно обособленное тело, образованное тесно расположенными на площади и нарастающими один на другой в разрезе (во времени) биогермами. Ископаемая форма — выпуклый массив, прижизненная форма — подводный холм, возвышающийся над синхронными отложениями.

Прижизненная высота биогермных массивов может быть двух типов: в одном случае высота подводного холма не превышает высоты отдельных составляющих биогермов, в другом — соответствует высоте нескольких биогермов, нараставших один на другой и образующих подводный холм значительной высоты. Но в обоих случаях органогенные постройки этого типа в процессе роста не достигают уреза воды и не подвергались размытию в условиях волнового прибойя.

Биогермные массивы могут быть различных размеров: от первых десятков до сотен метров в поперечнике у основания и десятки метров мощности. Геологические тела, образованные биогермными массивами, чаще всего выпуклые, холмовидные с простыми ограничениями, но иногда наблюдаются прихотливо изрезанные контуры, как, например, в мшанковых постройках Керченского полуострова [Андрусов Н. И., 1961]. Внутреннее строение биогермных массивов в общем виде определялось палеогеографическими и палеотектоническими условиями осадконакопления: чем более неустойчивыми были фациальные обстановки, тем более сложным оказывалось строение биогермных массивов. Пример сложной эколого-литологической зональности

* Термин предложен М. В. Михайловой [1959].

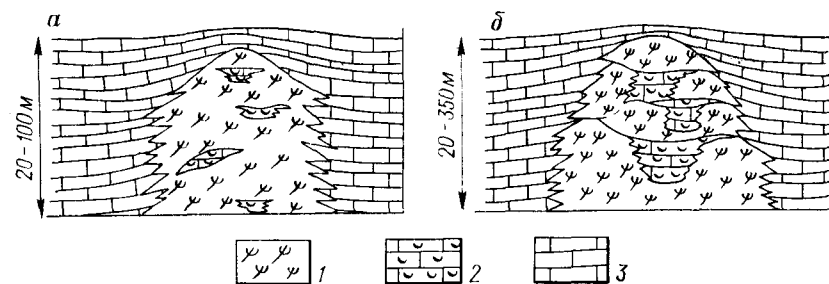


Рис. 9. Типы биогермных массивов.

a — монобиогермный; *b* — полибиогермный (Н. К. Фортунатова); 1 — массивные, карбонатные известняки; 2—3 — слоистые отложения (2 — сопутствующие, межбиогермные, 3 — вмещающие).

приводится М. В. Михайловой для верхнеюрского биогермного массива в Крыму (см. рис. 27).

По сложности строения Н. К. Фортунатова [1976] разделяет биогермные массивы на моно- и полибиогермные (рис. 9). В монобиогермных массивах «сопутствующие породы присутствуют в резко подчиненном количестве в виде небольших линз и включений, отдельные биогермы в теле массива выделить трудно». Выходы массивов образуют обычно моноклитные скальные обнажения, детали внутреннего строения выявляются с большим трудом. Полибиогермные массивы состоят «из нескольких отчетливо выделяющихся биогермов и разделяющих их линз слоистых сопутствующих пород». Отдельные слагающие их биогермы особенно отчетливо обособляются при выветривании. На табл. XIX, 1 показан мшанковый биогермный массив, состоящий из отдельных биогермов трапецеидальной формы. На рис. 2 этой же таблицы приведен пример биогермного массива, который слагается биогермами лепешковидной формы.

Мощность биогермных массивов в большинстве случаев превосходит мощность разновозрастных отложений. Взаимоотношения с ними определяются прижизненной высотой постройки. Наиболее обычны для биогермных массивов контакты впритык и прилегания с возможным первичным наклоном окружающих слоев. Брекчии размыва в отложениях, вмещающих биогермные массивы, практически отсутствуют, что отличает их от рифовых массивов.

1.2.2.4. Сложно-дифференцированные органогенно-аккумулятивные постройки (рифидные и рифовые массивы)

1. Рифидный массив — «органогенная постройка, уже имеющая в своей структуре большинство элементов, характерных для рифа, но без ясно выраженного рифового склона».

Этот термин впервые предложен И. Т. Журавлевой и Е. И. Мягковой [1979] для более простых по сравнению с типичным рифом органогенных сооружений, расположенных, как правило, на мелководных участках шельфа. В рифоидах наблюдается начало дифференциации и усложнения внутреннего строения с появлением в их составе существенного объема неорганогенной фации. В отличие от типичных рифов в них отсутствуют мощные шлейфы грубообломочных брекчий, возникающих при разрушении растущей части рифа, значительно приподнятого над дном бассейна и имеющего крутые склоны. Рифид может развиваться ниже уреза воды или при своем росте достигать базиса волновой эрозии и подвергаться разрушению. Но при незначительных волнениях в мелководных бассейнах вблизи рифондов будет накапливаться мелкообломочные детритовые известняки, органогенные песчаники, гравелиты. Примеры рифидных массивов приводятся И. Т. Журавлевой [1979] из нижнекембрийских отложений Сибирской платформы.

2. Рифовый массив (ископаемый риф) — пространственно обособленное карбонатное геологическое тело, состоящее из комплекса закономерно сочетающихся в пространстве массивных каркасных и генетически связанных с ними органогенно-обломочных и хемогенных известняков. Количество органогенно-обломочных пород может изменяться в широких пределах, они даже могут преобладать над каркасными известняками. Прижизненная форма — холм, гряда — волноломы. Положение растущей части рифов в зоне активных волнений качественно отличает их от всех других типов органогенных построек [Решения III..., 1968].

Ископаемые рифы — наиболее крупные, сложные и длительно формирующиеся органогенные постройки, которые могли существовать непрерывно в течение нескольких веков и соответствовать по возрасту стратиграфическому интервалу от яруса и более. Размеры их измеряются от десятков метров до десятков километров в поперечнике и сотнями метров по мощности, которая, как правило, во много раз превышает мощность разновозрастных отложений. Рифовые массивы либо располагаются в виде одиночных изолированных тел, для которых используются названия «локальные» [Маслов В. П., 1950] и «одиночные» [Решения IV..., 1968], либо, значительно чаще, группируются в цепочки и гряды, вытянутые на значительные расстояния (десятки, сотни километров), и рассматриваемые как рифовые системы [Кузнецов В. Г., 1978; Журавлева И. Т., Мягкова Е. И., 1979]. Последние иногда называют «линейными рифами» [Маслов В. П., 1950] или «цепочками рифов» [Решения III..., 1968].

Все особенности строения ископаемых рифов и взаимоотношений с вмещающими отложениями определяются их прижизненным положением в качестве приподнятой волноломной

структуры, расположенной, как правило, на краю топографического уступа на дне бассейна. Рифостроящие организмы существовали в волноприбойной зоне и одновременно с ростом подвергались интенсивному разрушению в результате воздействия ветров, волнений, а также различных сверлильщиков и илоедов. Большое количество органогенно-обломочного материала, образованного вследствие разрушения известковых скелетов каркасных организмов и частично литифицированных органогенных известняков, отлагалось на склонах и у подножья рифов в виде шлейфов, а также на его вершине, в затишных участках, формируя органогенно-аккумулятивный комплекс пород. В целом, органогенно-обломочные карбонатные породы могут составлять до $\frac{4}{5}$ всего объема рифового массива. Вблизи рифов, являющихся барьерами и затрудняющих циркуляцию водных масс, могли возникать специфические лагунные обстановки с накоплением хемогенных, нередко эвапоритовых отложений.

В строении рифовых массивов и генетически связанных с ними отложений различаются крупные, закономерно сочетающиеся фациальные зоны, расположение и число которых зависит от типа рифовой постройки. Каждой зоне свойственны определенные соотношения каркасных и обломочных пород, специфический состав и количественные соотношения органических остатков. При изучении рифовых массивов используются обычно модели строения современных рифов. На рис. 10 показаны примеры возможного пространственного размещения наиболее характерных фациальных зон в рифовых массивах по аналогии с основными типами современных рифов: береговых, барьерных, атоллов (см. разд. 3.13). В литературе по современным и ископаемым рифам для обозначения одних и тех же частей рифа используются различные термины [Журавлева И. Т., Мягкова Е. И., 1979]. Здесь приводятся наиболее употребительные из них.

Зона рифового ядра (reef-wall) — обязательная часть рифового массива. Слагается преимущественно каркасными известняками, для которых характерны отсутствие слоистости, пятнисто-неравномерное распределение скелетных органических остатков, кавернозность, крустификационные текстуры, гнезда и крупные полости, выполненные органогенно-обломочными породами. При жизни рифа эта часть представляла собой рифовый фронт или рифовый край (reef front, reef edge) с террасовидными уступами и разветвленной системой желобов (spur and groove system) и рифовый волнорезный гребень (reef rim, reef ridge), расположенные в полосе волнового прибоя со стороны открытого моря (см. рис. 52). Здесь происходил наиболее бурный рост рифостроящих организмов, образующих первично твердые каркасные структуры, противостоящие волновому воздействию. В современных и древних рифах в пре-

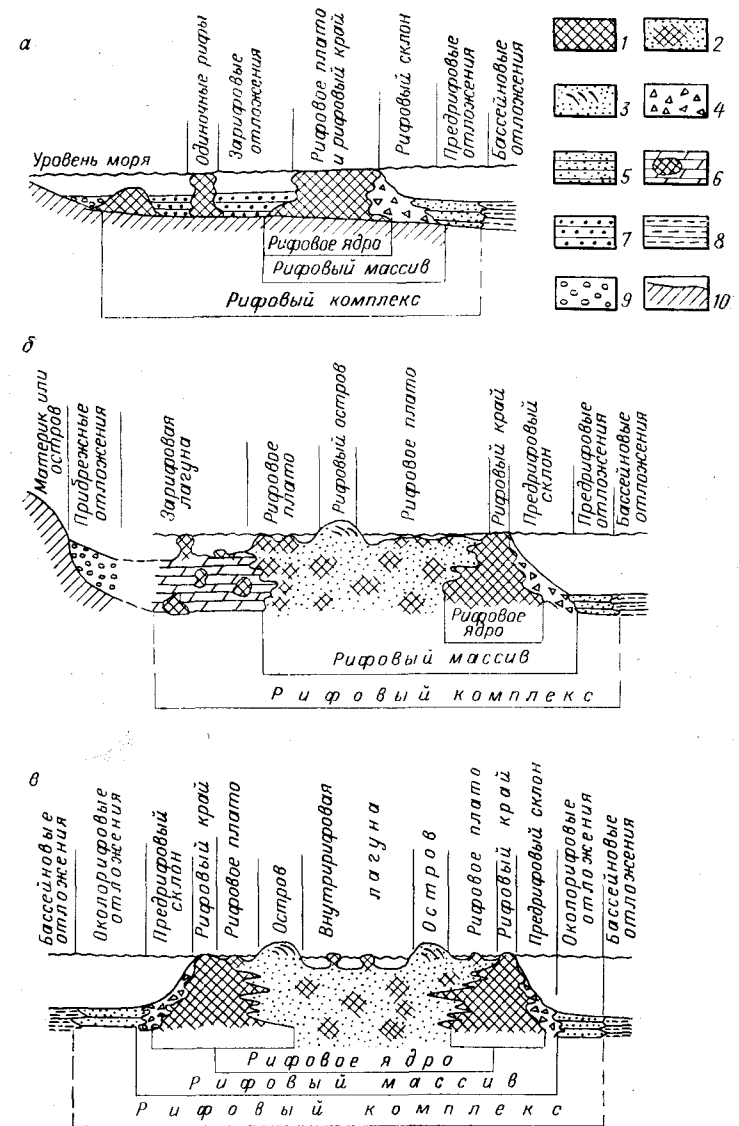


Рис. 10. Принципиальная схема соотношения прижизненных фациальных зон и крупных частей ископаемых рифов (Н. М. Задорожная).

а — береговой риф; б — барьерный риф; в — атолл; 1 — массивные, преимущественно каркасные известняки. Фаши рифового ядра: 2 — органогенно-обломочные, хемогенные и подчиненные каркасные известняки. Фаши внутририфовых лагун и рифового плато: 3 — карбонатные песчаники, гравелиты. Фаши золотых дон, отмелей, баров; 4 — карбонатные грубообломочные брекчи. Фаши околорифовых шлейфов; 5 — детритовые и хемогенные известняки. Фаши околорифовых отложений открытого моря; 6 — детритовые известняки, доломиты, эвапориты, подчиненные каркасные известняки. Фаши зарифовых лагун: 7 — детритовые, оолитовые, комковатые известняки, песчаники. Фаши рифовых отложений мелководного шельфа; 8 — известняки, мергели, сланцы. Фаши бассейновых, глубоководных отложений; 9 — терригенные прибрежные отложения; 10 — суша и материковый склон.

делах этой зоны широкое развитие имеют водоросли. Рифовое ядро — наиболее важная часть рифовой постройки, которая обеспечивала существование рифа в качестве волнолома и служила источником основной массы обломочного материала, участвующего в строении рифового массива. В строгом смысле слова именно рифовое ядро соответствует понятию «органогенная постройка», поскольку в составе его преобладают каркасные известняки. В остальных фациях рифового массива значительный объем занимают органогенно-обломочные компоненты.

Зона рифового плато (reef flat) располагается за рифовым краем в сторону внутренних частей рифа. Отложения зоны представлены неяснослоистыми и массивными субкаркасными и детритовыми известняками, известковистыми песчаниками и конгломератами, среди которых находятся сравнительно небольшие постройки типа биогермов. Эти отложения формировались в условиях мелководья, на выровненной поверхности позади рифового края, где накапливался органогенно-обломочный материал, забрасываемый сюда интенсивным волнением. На приподнятых, осушаемых участках могли формироваться острова (cau), сложенные эолово-аккумулятивными органогенными песчаниками, галечниками и т. д.

Зона внутри рифовой лагуны (lagoon) располагается в пределах рифового массива. Лагунные фации представлены обычно тонкослоистыми, тонкозернистыми, часто мелкодетритусовыми известняками с рассеянными колониями рифостроющих организмов и мелкими холмовидными биогермами. Отложения характеризуются отчетливой градационной слоистостью, сортировкой материала, присутствием разнообразных органических остатков — рифолюбивых и рифостроющих.

Зона рифового склона (reef slope) ограничивает рифовое ядро со стороны открытого моря в линейных системах рифов (береговые, барьерные) и окружает со всех сторон рифы кольцевой формы (атоллы). Отложения зоны представлены шлейфами преимущественно грубообломочных несортированных карбонатных брекчий (reef talus), образовавшихся в результате разрушения каркасных образований рифового края. Грубообломочные породы, выполаживаясь, переходят в более тонкозернистые фации открытого бассейна. В линейных типах рифов со стороны, обращенной к материку (back-reef slope), крутые склоны отсутствовали, так же как и грубообломочные брекчии.

В отложениях, окружающих рифовые массивы, различаются предрифовые (fore-reef floor) и зарифовые (back-reef floor) фации в линейных типах ископаемых рифовых систем и околорифовые (off-reef floor) для одиночных рифов.

Предрифовые и околорифовые отложения, прилегающие к рифовому массиву со стороны открытого моря, представлены слоистыми детритовыми известняками, известковистыми песчаниками. С одной стороны они переходят в грубообломочные

шлейфы рифового склона, с другой — в бассейновые глубоководные или мелководные фации. Мощность этих отложений значительно меньше мощности одновозрастных рифовых образований.

Зарифовые отложения располагаются между сушей и береговыми и барьерными рифами. В составе их преобладают детритовые и хемогенные отчетливо слоистые известняки и доломиты. Присутствуют отдельные изолированные органогенные постройки типа биогермов, биогермных массивов и рифондов. Мощность зарифовых отложений соизмерима с образованиями рифовых фаций.

Рифовый массив и парагенетически связанные с ним предрифовые и зарифовые отложения составляют рифовый комплекс (reef-complex), который не имеет четких пространственных ограничений, так как разнообразное влияние рифовой постройки на смежные фации может проявляться на протяжении многих километров, постепенно сглаживаясь. Выражается оно в разносе обломков рифовых известняков и в специфическом характере окружающих отложений, состав которых определяется в основном барьерной ролью рифа. В целом для окружающих отложений характерны градационная слоистость, сортировка обломочного материала, присутствие хемогенных и терригенных отложений.

Приведенные схемы фациальной зональности демонстрируют лишь примеры обобщенных моделей, которые далеко не исчерпывают всей сложности строения ископаемых рифов. Последние могли развиваться в обстановках, отличающихся от современных (см. разд. 3.13) и, кроме того, при изменении условий седиментации фациальные зоны древних рифов могли смещаться в пространстве, создавая сложную картину взаимозаменяющихся фаций. Тем не менее приведенные модели показывают, что рифы существенно отличаются от всех других типов органогенных построек. В Решениях IV палеоэкологической сессии [1968] сказано: «Ископаемый риф является более сложным образованием, чем ископаемая органогенная постройка, так как последняя составляет только часть или части разнообразного комплекса пород рифа (его основу)». Из этого определения следует, что ископаемый риф — понятие более широкое, чем ископаемая органогенная постройка. Однако при всем этом очевидно, что ископаемые рифы невозможно исключить из класса органогенных построек, так как генетическую их сущность составляют первично твердые каркасные структуры, созданные в процессе роста взаимно обрастающими известковыми животными и растительными организмами, захороненными в прижизненном положении. Эти изначально твердые органогенные образования определяли существование волноломных структур и являлись источником обломочного материала, который совместно с каркасной решеткой составляет единое, пространственно обособленное геологическое тело. При этом каркасные и обломочные извест-

няки в составе рифового массива перемежаются настолько тесно, что их невозможно обособить в качестве самостоятельных геологических тел.

1.2.2.5. Классификация ископаемых рифов

Единой классификации ископаемых рифов в настоящее время не существует. Имеются различные варианты классификации, основанные на разных принципах в зависимости от аспектов изучения.

1. Морфолого-фациальная (палеогеографическая) классификация наиболее распространена [Наливкин Д. В., 1956; Решения III и IV..., 1968; Кузнецов В. Г., 1978]. Строится она по аналогии с классификацией современных рифов и базируется на следующих признаках: 1) прижизненная форма и размер рифов; 2) положение их относительно берега; 3) связь с геоморфологическими элементами морского дна; 4) глубина бассейна; 5) набор окружающих фаций, генетически связанных с рифом; 6) приуроченность к определенным тектоническим структурам. По этим признакам в современной океанологии выделяются следующие основные типы рифов: береговые или окаймляющие (*fringing reef*), барьерные или окружающие (*barrier reef*) и атоллы (*atoll*). Все три типа, как показал Ч. Дарвин на примере океанических рифов [1936], составляют единый генетический ряд и могут переходить один в другой по простиранию и во времени при изменениях уровня моря (см. рис. 20).

Береговые рифы окаймляют берега материков или островов, прирастая к продолжению материковых склонов (рис. 11). От суши они отделены нешироким (не более нескольких десятков метров) мелководным каналом. В сторону моря крутизна подводных склонов может быть различной. При крутых склонах ширина рифов незначительная. Для береговых ископаемых рифов в разрезе, поперечном к простиранию рифовых гряд, должна наблюдаться следующая последовательность фаций: континентальные отложения, узкая полоса прибрежных органогенно-обломочных и терригенных отложений с мелкими органогенными постройками, рифовый массив, предрифовые шлейфы, мелководные предрифовые либо глубоководные депрессионные отложения.

Барьерные рифы окружают острова либо протягиваются на сотни километров вдоль края материка. От суши они отделены лагуной либо мелководным шельфом, ширина которых может достигать от 1—2 км у рифов, окружающих острова, до 90 км у рифов, окружающих материка. Здесь отлагаются обломочные и хемогенные известняки, доломиты, эвапориты, нередко с массой мелких органогенных построек. Барьерные рифы располагаются на краю резкого морфологического уступа от шельфа

к батнальной области в зоне со значительным перепадом глубин. Для ископаемых барьерных рифов характерна асимметрия в строении самих массивов и в составе вмещающих отложений: со стороны, обращенной к берегу, они замещаются мелководными, а с другой стороны — глубоководными фациями.

Системы береговых и барьерных рифов приурочены обычно к границам крупных геоструктур, например к бортам авлакогенов, к платформенным краям предгорных впадин и т. д., в отличие от одиночных рифов, которые в большинстве случаев связаны с морфоструктурными элементами высших порядков — флексурами, поднятиями, сводами и т. п.

Современные береговые рифы распространены в Красном море. Для барьерных рифов наиболее типичной является сложная система Большого Барьерного рифа Австралии, протягивающаяся вдоль восточного побережья континента на 2000 км. Она состоит из цепочки отдельных коралловых рифов округлой или серповидной формы, которые располагаются вдоль внешнего края шельфа, образуя полосу шириной до 10 км. На востоке рифовый барьер круто обрывается к океанической впадине с глубинами более 2 км. На западе от континента барьер отделяет мелководный шельф (глубина 20—50 м), имеющий ширину от 20 до 100 км, на котором располагаются обильные, сравнительно небольшие, разнообразной формы шельфовые рифы [Maxwell W. G., 1968].

Ископаемые рифовые системы барьерного типа известны в верхнем палеозое Урала [Наливкин Д. В., 1956; Королюк И. К., 1975, 1978; Шуйский В. П., Мухина В. П., 1968; Шуйский В. П., 1973, и др.].

Атоллы — кольцевые рифы, в центре которых располагается замкнутая лагуна с глубинами до 40—60 м. Лагуна ограничена группой островов, сливающихся иногда в сплошную, узкую полосу суши. На дне лагуны накапливаются рыхлые илы и формируются изолированные органогенные постройки. Атоллы развиваются преимущественно в открытом океане и располагаются на изолированных, нередко вулканических, островах, окруженных большими глубинами. В ископаемом состоянии атоллы

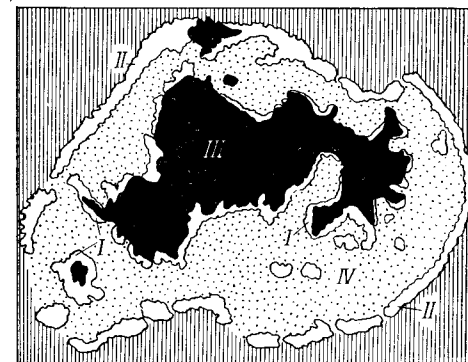


Рис. 11. Береговые (I) и барьерные (II) рифы, фундаментом которых служит вулканический остров (III). Между береговыми и барьерными рифами располагается лагуна (IV). Острова Майота и Коморо. По А. Холмсу [Holms A., 1965 г.].

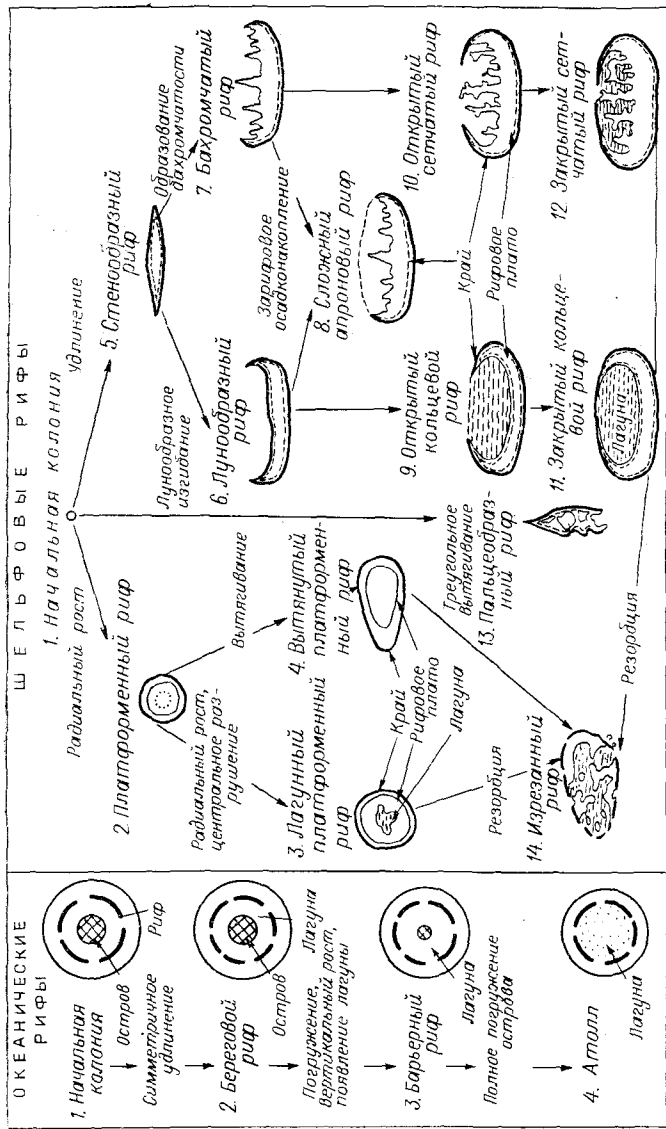


Рис. 12. Классификация рифов по В. Г. Максвеллу [Maxwell W. G., 1968]. Форма рифов отражает изменение гидрологических условий: при сходных условиях вокруг рифов форма их симметричная; если благоприятные для роста рифа условия развиты с одной стороны — форма рифа вытянутая или лунообразная; при ухудшении условий роста риф приобретает нарезанную форму.

имеют вид кольцевой гряды с концентрическим, симметричным размещением фаций как в строении органогенных построек, так и во вмещающих отложениях.

В. Г. Максвелл [Maxwell W. G., 1968] разделил все современные рифы на океанические и шельфовые. Океанические рифы приурочены к океаническим островам и с внешней стороны окружены значительными глубинами (более 200 м). Шельфовые — существуют в условиях небольших глубин (20—70 м) и подразделяются по положению относительно края шельфа на внутренние и внешние или краевые. Затем они классифицируются по морфологическим признакам (рис. 12).

Среди внутренних одиночных рифов (на шельфе и внутри лагун) выделяют холмы (knoll), пятнистые (patch reef), островершинные (pinakl), фаро или кольцевые (fargo reef) океанические одиночные рифы представлены атоллами с лагуной в центре и столовыми рифами (table reef) без внутренней лагуны [Tayama R., 1935 г.]

Классификационные признаки, по которым выделяются перечисленные типы современных рифов, имеют ограниченное применение к древним постройкам, поскольку большинство из этих признаков (прижизненная форма, глубина, топография дна бассейна и т. п.) не может наблюдаться непосредственно, а выявляется с большой долей условности в процессе литолого-фациального анализа. Кроме того, типы современных рифов устанавливаются для определенного момента их существования, в то время как ископаемые постройки представляют собой историко-геологические тела, прошедшие длительную историю развития, в течение которой условия их существования могли неоднократно изменяться. В результате формировались массивы сложного строения, которые в разные периоды могли представлять собой различные генетические типы построек. Для таких массивов бывает невозможно однозначно определить место в рамках рассмотренной классификации, которая может быть использована только в качестве самой общей модели.

2. Стадийная классификация предложена И. Т. Журавлевой и Е. И. Мягковой [1979]. По сложности строения эти авторы устанавливают шесть стадий развития всех типов современных и ископаемых построек. Стадийность в их развитии подразумевает соподчиненность единого ряда от простого к сложному: I стадия — калиптры, биостромы; II — биогермы, биогермные массивы; III — рифоид; IV—VI — рифы. Впервые в этой классификации вводится понятие рифоид (рифоидный массив), который соответствует началу качественного усложнения и дифференциации органогенных построек с появлением в их составе неорганогенных фаций. IV—VI стадии характеризуют собственно рифы, современные и ископаемые, в разных стадиях развития: IV — неполно развитые рифы; V — зрелые рифы; VI — дряхлые, умирающие или разобщенные рифы [Maxwell W. G.,

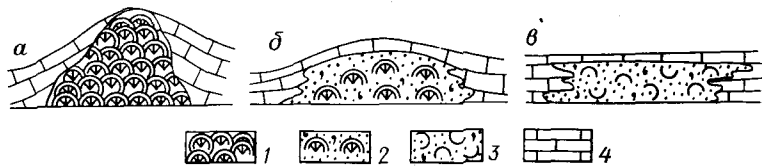


Рис. 13. Основные генетические типы известняков. (По В. П. Шуйскому). *a* — каркасные (биогермные), слагаются скелетными остатками взаимно обрастающих организмов, находящихся в прижизненной ориентировке (биогерм); *б* — субкаркасные (гемибюгермные), слагаются изолированными скелетными остатками известковых организмов в прижизненной ориентировке, сцементированных биокластическим материалом (банка); *в* — органогенно-аккумулятивные (известняковые конгломераты, гравелиты, песчаники). Типы известняков: 1 — каркасные, 2 — субкаркасные, 3 — биокластические; 4 — вмещающие породы.

1968]. Простые постройки (калиптры, биостромы, биогермы, биогермные массивы) могут участвовать как составные элементы в строении рифов.

3. Литологическая классификация ископаемых построек разрабатывается В. П. Шуйским [1971 г., 1973]. Базируется она на объемном соотношении основных генетических типов известняков, отражающих три основных способа органогенного карбоната накопления, между которыми в природе существует вся гамма переходных форм. К ним относятся: 1) биогермные (каркасные),* образованные известковыми остатками взаимно обрастающих, колониальных организмов; 2) ракушечниковые и гемибюгермные (субкаркасные) известняки, образованные более чем на 40—50 % колониями в прижизненной ориентировке, но не прираставшими друг к другу, а свободно покоившимися среди биокластического материала (рис. 13); 3) известняковые гравелиты, конгломераты, песчаники, возникшие в результате органогенно-аккумулятивных процессов в форме песчаных валов, пляжей, островов. Для разных групп органогенных построек характерны различные процентные соотношения перечисленных типов известняков, что отражено на треугольной диаграмме (рис. 14). В составе рифов присутствуют все три типа известняков, количественные соотношения которых сильно варьируют: могут быть рифы, почти лишенные каркасного ядра, и рифы с ясно выраженными каркасными фациями. Критерием мелководности рифов служит обилие биокластического материала в теле постройки и по ее периферии.

Литологическая классификация В. П. Шуйского сугубо геологическая и принципиально отличается от всех существующих классификаций. Впервые сделана попытка перейти к количественным характеристикам органогенных построек, основанная на объективных структурно-литологических признаках пород,

* В данной работе вместо термина «биогермные» используются термины «каркасные», соответственно «гемибюгермные» — «субкаркасные», как более общие термины, безотносительные к какому-либо типу построек.

которые наблюдаются непосредственно при полевых работах. Однако практическое использование этой классификации осложняется трудностью выявления точных количественных соотношений пород разного генезиса в крупных карбонатных телах, сложенных внешне однообразными массивными известняками. Задача эта не простая и в решение ее неизбежно вносится значительный элемент субъективности. Очевидно, что для успешного применения этой классификации требуется дальнейшая разработка методов детальных литологических исследований ископаемых построек.

4. Новое, ландшафтно-экологическое, направление в классификации современных рифов разрабатывается в нашей стране Б. В. Преображенским (см. разд. 3.13). Применительно

к древним постройкам эта классификация позволяет более четко различать рифовые и нерифовые типы, исходя из особенностей экологической зональности и пространственного размещения автотрофных и гетеротрофных биогенных группировок. Автор делает вывод, что постройки, не достигающие уреза воды, могут создаваться растительными (продуцентами), животными (консументы) или смешанными сообществами. Рифы же развиваются только при наличии водорослей. Поэтому может быть чисто водорослевый риф, но невозможен риф, сложенный только животными организмами, например мшанками.

5. Тектонические классификации подразделяют ископаемые рифы по приуроченности к определенным геоструктурным элементам земной коры и тектоническим режимам в процессе их формирования. Один из первых вариантов такой классификации предложен В. П. Масловым [1950], который считал, что термины «барьерные», «береговые» рифы и «атоллы» приложимы лишь к современным рифам или к палеогеографическим построениям, а не к геологическим телам. Для ископаемых рифов им выделялись: I — рифы платформ [а — собственно платформенные; б — рифы края предгорных впадин, которые делятся

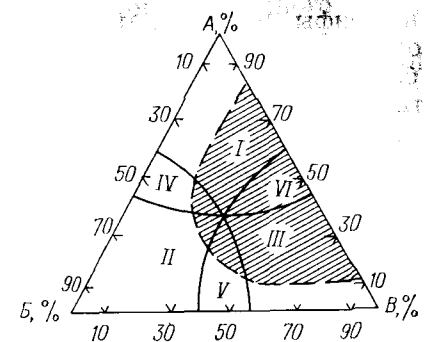


Рис. 14. Классификационная диаграмма положительных форм рельефа морского дна, имеющих осадочное происхождение и состоящих из органогенного материала. По В. П. Шуйскому [1973].

A — каркасные образования; B — био-морфные образования: цельнораковинные, субкаркасные (гемибюгермные, по В. П. Шуйскому); B — биокластический материал (осадки с признаком гидродинамической или эоловой переработки). Классификационные поля: I — биогермы; II — ракушечниковые и субкаркасные банки; III — органогенно-аккумулятивные постройки; IV—VI — постройки промежуточного типа (IV — между биогермами и банками; V — между банками и аккумулятивными формами, VI — между биогермами и органогенно-аккумулятивными формами). Заштриховано поле рифов.

на рифы поднятий (современные рифы Флориды) и рифы опусканий (современные рифы Австралии, древние рифы Ишимбая и Чусовских городков)]; II — рифы геосинклиналей [делятся также на рифы поднятий и рифы опусканий (современные рифы Полинезии и Вест-Индских островов)]; III — рифы межконтинентальных грабенов (современные рифы Красного моря); IV — локальные биогермы и биостромы. Для рифов опускания характерны линейное расположение, большая мощность, обширная глубокая лагуна. Рифам воздымания, формирующимся при подъеме фундамента, свойственны незначительная мощность, локальность, мелководная лагуна, повторяемость в разрезе на разных стратиграфических уровнях.

Дальнейшая разработка этой классификации проводится С. П. Максимовым, Г. А. Каледой, Б. М. Гейманом, Ю. Г. Такаевым [Тектонические закономерности..., 1976]. Эти авторы также выделяют рифы платформ, геосинклиналей и авлакогенов.

I. В платформенных областях выделяются: 1 — рифы внутриплатформенные, которые подразделяются на: а) линейные рифы в зонах флексур и цепочек антиклиналей на склонах крупных сводов (ископаемые рифы Толтр в Молдавии, рифы Эмпайр-Або в США); б) «пятнышковые» рифы, приуроченные к положительным структурам (современные рифы, расположенные между Большим Барьером и материком):

2 — рифы в зонах сочленения платформ с предгорными прогибами и океаническими впадинами. Среди них также выделяются: а) линейные рифы в зонах четкого и прямолинейного края платформ (современный Большой Барьерный риф Австралии; ископаемые — на границе платформ с Предуральским, Предкавказским, Предгималайским и другими передовыми прогибами); б) «пятнышковые» рифы в зонах с неотчетливой границей платформ и незначительной крутизной ее склонов (современные рифы на южном продолжении Большого Барьерного рифа);

3 — рифы бортов тектоно-седиментационных, некомпенсированных прогибов, которые подразделяются на: а) рифы бортов некомпенсированных прогибов; б) рифы центральных частей некомпенсированных прогибов (шлемообразные, уплощенные рифы).

II. Рифы геосинклиналей подразделяются на следующие группы:

1 — рифы интрагеоантиклиналей (крупные рифы): а) рифы, приуроченные к узким линейным зонам поднятий (характерны линейность, большая мощность); б) рифы, приуроченные к склонам крупных и широких поднятий (асимметричность строения, разнообразие типов, повторяемость в разрезе);

2 — рифы интрагеосинклиналей (мелкие рифы), располагающиеся на флексурах и антиклиналях, осложняющих склоны интрагеосинклиналей.

III. Рифы авлакогенов (современные рифы Красного моря; ископаемые рифы Днепровско-Донецкой впадины).

В тектонической классификации Г. Ф. Крашенинникова [1968] выделяется пять групп ископаемых рифов в зависимости от масштаба тектонических структур, с которыми связано их развитие.

1. Рифы, приуроченные к структурам земной коры первого порядка, например границы платформ и краевых прогибов (Большой Барьерный риф Австралии, Стерлитамак-Ишимбаевские нижнепермские рифы в Приуралье, рифы Подолии).

2. Рифы, расположенные на крыльях, сводах и тому подобных структурах второго порядка, в пределах как платформенных, так и геосинклинальных областей (верхнеэоценовые рифы Керченского и Таманского полуостровов).

3. Рифы, связанные с частными локальными структурами. Например, на крыльях антиклинальных складок (верхнепермские рифы Украинской синеклизы, карбоновые рифы бассейна Парадокс в США).

4. Рифы, располагающиеся на вершинах или на склонах вулканических конусов (современные рифы тропической зоны Тихого океана).

5. Рифы, которые не обнаруживают непосредственной тектонической приуроченности.

В целом тектонические классификации фиксируют приуроченность рифов к тектоническим структурам в самых общих чертах, поскольку в настоящее время отсутствует анализ конкретных признаков для рифовых массивов, формирующихся в разных тектонических обстановках. Очевидно, в дальнейшем классификация должна пополняться конкретными морфолого-литологическими критериями, позволяющими устанавливать рифовые массивы, развитие которых происходило в областях с различным тектоническим режимом.

Завершая краткий обзор существующих классификаций ископаемых рифов, можно сказать, что все они касаются разных аспектов изучения рифов и взаимно дополняют одна другую, но ни одна из них не может считаться исчерпывающей.

Рассмотренные классификации ископаемых построек, так же как классификации любых природных объектов, отражают лишь принципиальную сущность крайних генетических типов. Любые постройки, особенно длительно живущие, при изменении условий их роста могут постепенно переходить одна к другой. Например, биогермный массив может на определенном этапе развиваться как риф, и наоборот. Кроме того, между различными постройками могут существовать переходные формы, которые не всегда однозначно можно отнести к тому или иному типу. Поэтому в случае недостаточности фактического материала не следует преувеличивать степень изученности и знаний, а лучше использовать термины свободного пользования, например органогенный массив, толщи с органогенными постройками и т. п.

**1.2.3. СЛОЖНЫЕ ТЕЛА И ТОЛЩИ,
ОБРАЗОВАННЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ГРУППИРОВКОЙ
РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОСТРОЕК**

I III

К подобным образованиям относятся: биогермный пласт, биоритмиты, органогенная полоса, рифовая система, рифогенно-аккумулятивные толщи (табл. 3).

I. Биогермный пласт образуется часто расположенными на площади изолированными биогермами, приуроченными к одному стратиграфическому уровню. Биогермы могут соприкасаться друг с другом или располагаться на некотором расстоянии (0,5—3 м). Термин «биогермный пласт» предложен Е. И. Мягковой [Раннекембрийские органогенные постройки..., 1973], хотя значительно раньше В. П. Маслов выделял подобные структуры без особого названия. Он писал: «Биогермы, сливаясь, слагают иногда пласты сложного состава и линзовидной формы. Часто эти линзы нельзя назвать иначе, как пластами, так как отношение их толщины к протяженности измеряется от 1 : 100 до 1 : 1000 и более» [1950, с. 49]. В отложениях верхнего карбона по рекам Юрезань и Уфа В. П. Масловым выделялись коралловые пласты, которые образовались «вследствие произрастания на дне бассейна миниатюрных коралловых биогермов» располагающихся «в шахматном порядке по поверхности дна с большими или меньшими промежутками между ними» [1950, с. 46].

Биогермные пласты развивались, очевидно, в период кратковременной стабилизации благоприятных условий при замедленных погружениях фундамента, которые способствовали латеральному расселению каркасообразующих организмов на площади.

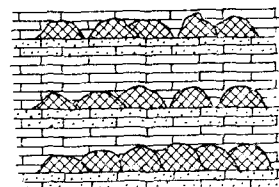
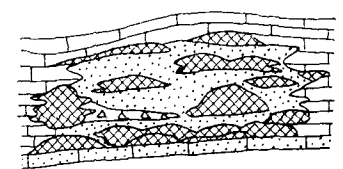
2. «Биоритмиты — толщи, образованные многократно повторяющимися в разрезе биостромами или пластами биогермов среди подчиненных им по объему пород другого происхождения» [Королюк И. К., 1968]. Подобные образования широко развиты в вендских и кембрийских отложениях Прибайкалья. Биоритмиты слагаются здесь чередованием строматолитовых биостромов мощностью 0,2—5 м с микрофитолитовыми известняками и доломитами.

На рис. 15 показан биоритмит из нижнекембрийских отложений Тувы со сравнительно мощными (80—200 м) трехчленными ритмами, в каждом из которых выделяется последовательность: конгломераты, песчаники, туфопесчаники — известняки иногда с мелкими биогермами и калиптрами — биогермные пласты с отдельными биогермами и небольшими (до 10 м) биогермными массивами.

Возникновение ритмически построенных толщ с органогенными постройками объясняется «тектоническими причинами, т. е. вековыми колебаниями уровня моря или, иначе, дна бас-

Таблица 3

Сложные тела и толщи, образованные закономерной группировкой различных типов органогенных построек
(Н. М. Задорожная)

<p>I. Биогермный пласт Образован часто расположенными на площади одиночными биогермами, строго приуроченными к одному стратиграфическому уровню</p>	
<p>II. Биоритмиты «Толщи, образованные многократно повторяющимися в разрезе биостромами или пластами биогермов» [Ископаемые органогенные постройки..., 1975]</p>	
<p>III. Биогермная гряда «Линейно расположенные биогермные массивы, отдельные биогермы, биостромы и прилегающие к ним тафостромные образования» [Андеркенская биогермная гряда..., 1974]</p>	
<p>IV. Рифогенно-аккумулятивные толщи Слагаются органогенными постройками и породами, образовавшимися в основном за счет разрушения органогенных построек в процессе их роста</p>	



1 Органогенные постройки



2 Органогенно-обломочные известняки



3 Вмещающие отложения

сейна, обуславливающими циклическую смену во времени условий осадконакопления» [Маслов В. П., 1950].

3. Биогермная гряда представляет собой линейное расположение биогермных массивов, отдельных биогермов, биостромов и прилегающих к ним тафостромных образований. Совокупность органогенных построек, вытянутых в единую биогермную гряду, охватывает полный цикл развития органогенного сооружения. Впервые термин применен И. Ф. Никитиным,

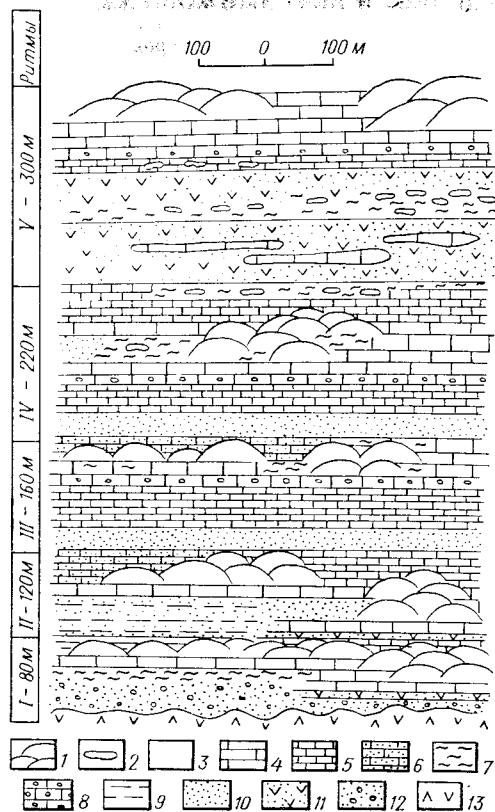


Рис. 15. Биоритм, образованный чередованием песчаников, известняков и биогермных пластов. Нижний кембрий, р. Кадвой, Алтае-Саянская область (Д. В. Осадчая).

1 — биогермные массивы; 2 — одиночные биогермы; 3 — известняки (3 — массивные археоциато-водорослевые, 4 — серые плитчатые, 5 — черные тонколитчатые, 6 — темно серые песчаные, 7 — комковатые, волнисто-слоистые, 8 — черные оолитовые); 9 — алевролиты, аргиллиты; 10 — песчаники; 11 — туфопесчаники; 12 — конгломераты мелкогалечные; 13 — эффузивы, туфы.

ных построек, резкая фациальная изменчивость всего комплекса отложений, которые формировались в обстановке прибрежного мелководья, в пределах протяженных отмелей, фиксирующих конфигурацию древней береговой линии.

4. Органогенная полоса — «геологическое тело сложного строения (линией вытянутое) и длительного развития, в состав которого на разных этапах входят различные по своей морфологии органогенные постройки — от самых примитивных

М. Б. Гниловской, И. Т. Журавлевой и другими для сложного комплекса ордовикских органогенных построек в Чу-Илийских горах [Андеркенская биогермная гряда..., 1974]. Известняки этой гряды образуют невыдержанный по мощности линзовидный пласт с раздувами и пережимами, залегающий среди терригенных отложений. Протяженность гряды 25 км, видимая ширина выхода 200 м, мощность до 60 м. В пределах биогермной гряды выделяются три различные по строению части: центральная, где развиты преимущественно биогермные массивы; переходная с биогермными массивами, единичными биогермами, мозаичными и желваковыми тафостромными известняками и периферическая — с редкими биогермными массивами, биогермными пластинами, единичными биогермами. При окончании гряды наблюдается полное ее выклинивание с замещением органогенных известняков алевролитами. В целом для данной гряды характерны разнообразие органогенных

до таких сложных, как биогермные гряды или барьерные рифы. В каждом конкретном случае та или иная органогенная полоса может иметь различный набор компонентов, ее составляющих». Данное понятие предложено И. Т. Журавлевой [1979] применительно к ископаемым комплексам органогенных построек нижнекембрийской Сахайской органогенной полосы, которая пересекает Сибирскую платформу и прослеживается на протяжении 2000 км. В палеогеографическом смысле Сахайская полоса представляла собой отмельную зону, разделявшую солеродную и нормально-морскую акватории раннекембрийского бассейна. В первой половине раннего кембрия в пределах этой полосы развивались исключительно биостромы, биогермы, биогермные и рифоидные массивы [Журавлева И. Т., 1979] и, по данным В. Е. Савицкого и В. А. Асташкина [Геология..., 1979], во второй половине раннего кембрия — рифовые массивы.

5. Рифовая система представляет собой более или менее протяженную цепь, состоящую из ряда соединяющихся или отдельных рифовых массивов различной формы, приуроченных к единому структурному (палеогеоморфологическому) элементу (или границе двух разнородных элементов) и генетически связанных с ними. Для рифовых систем характерны резкое различие глубин в предрифовой и зарифовой частях бассейна, а для древних рифов — определяемое этим весьма существенное различие фаций в поперечном направлении к рифовой системе и асимметрия строения [Кузнецов В. Г., 1978].

Рифовые системы имеют значительную протяженность (до 2000 км) и длительность развития (несколько веков, эпоха и более). Обычно они формируются на границе структур с различным режимом тектонического развития и приурочены к таким геоструктурам, как краевые прогибы, авлакогены, борта некомпенсированных прогибов и т. п. Типичным примером современных рифовых систем является Большой Барьерный риф Австралии, древних — девонские рифы Уральской геосинклинали и нижнепермские Предуральского прогиба (см. рис. 74).

6. Рифогенно-аккумулятивные толщи определяются И. К. Королюк и М. В. Михайловой [1975 г.] как «тела, сложенные сочетанием органогенных построек с породами, образовавшимися, в основном, за счет разрушения построек в процессе их роста». Термин «рифогенный» говорит лишь о связи рассматриваемых толщ с органогенными постройками, но не указывает на обязательное присутствие действительно настоящих рифовых массивов [Королюк И. К., Михайлова М. В., 1975 г., с. 48]. Рифогенно-аккумулятивные толщи слагаются массивными и неотчетливо-плитчатыми известняками, в составе которых преобладают разнообразные продукты разрушения органогенных построек (детритовые, брекчиевые, тафоморфные известняки), банковые образования (ракушняковые и субкаркасные известняки), аккумулятивные накопления (известняковые

песчаники, гравелиты, конгломераты). Органогенные постройки составляют незначительную часть общего объема подобных толщ. Наибольшее распространение имеют биостромы, биогермы, биогермные массивы, а также субкаркасные банки, типа подводных лугов и зарослей. Значительно реже в составе этих толщ присутствуют отдельные рифовые массивы. Органогенные постройки от сопутствующих биокластических пород обособляются с трудом вследствие сходства внешнего облика и состава массивных каркасных и детритовых известняков, состоящих из обломков каркасных организмов.

Форма ископаемых тел рифогенно-аккумулятивных толщ неправильно-пластообразная, часто с асинхронными литологическими границами, пилообразно смещающимися по разрезу. Мощность их может достигать сотен метров, протяженность — десятков километров. В целом эти толщи не могут быть отнесены ни к одному из рассмотренных выше типов построек, хотя формирование их определяется устойчивым развитием на площади и во времени комплекса органогенных построек, которые постоянно разрушались в процессе роста и обеспечивали накопление значительного количества автохтонного биокластического материала. Развивались эти толщи в мелководных бассейнах, расположенных в пределах длительно существующих устойчивых поднятий с характерными для них замедленными погружениями фундамента. Это способствовало латеральному расселению каркасных организмов и постоянному разрушению их в зоне интенсивных волнений. Наиболее возможной зоной рифообразования в пределах широких положительных структур могли быть подвижные краевые участки, к которым приурочены обычно значительные перепады глубин бассейна седиментации.

При картировании рифогенно-аккумулятивные толщи могут быть приняты за рифовые или биогермные массивы. От последних их отличают следующие признаки: 1) отчетливо-пластообразная форма геологических тел; 2) отсутствие каркасного ядра; 3) отсутствие определенной (кольцевой или линейной) фациальной зональности; 4) существенное преобладание органогенно-аккумулятивных пород по сравнению с каркасными известняками.

В качестве примера можно привести нижнекембрийские толщи археоциато-водорослевых массивных известняков, развитых в Батеневском кряже Алтае-Саянской области, которые слагают пластообразные тела мощностью от 300 до 800 м и протяженностью до 10—12 км. В строении толщ преобладают уплощенные, лепешковидные биогермы, которые либо располагаются изолированно, либо образуют локальные скопления типа биогермных массивов. Отдельные постройки невыразительные, с трудом обособляются от сопутствующих детритовых отложений, составляющих значительный объем толщи. По внешнему облику они почти не отличимы от биогермных: белые, массивные, не-

равномернозернистые, с остатками водорослей. Различия устанавливаются в поле по неотчетливо выраженной плитчатости у детритовых известняков и при дальнейшем изучении их под микроскопом. Литологические границы толщи массивных известняков резко асинхронные, скользящие по разрезу, со смещением в объеме нескольких биостратиграфических горизонтов [Задорожная Н. М., 1974].

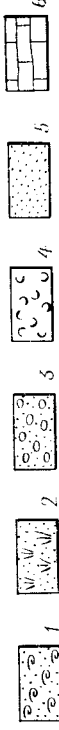
1.3. КАРБОНАТНЫЕ ТЕЛА, МОРФОЛОГИЧЕСКИ СХОДНЫЕ С ИСКОПАЕМЫМИ ПОСТРОЙКАМИ

В практике полевых исследований геологу наряду с органогенными постройками нередко приходится иметь дело с обособленными карбонатными телами и толщами, которые по форме, условиям залегания и внешнему облику пород имеют сходство с ископаемыми органогенными постройками, но отличаются от них по строению и генезису. К подобным телам относятся ископаемые органогенные банки, тафоморфные образования, аккумулятивные положительные формы донного рельефа (табл. 4). Внешнее сходство этих тел с ископаемыми постройками может быть настолько значительным, что отличить их при картировании бывает возможно только после детальных литолого-фациальных исследований. Для них, так же как и для органогенных построек, характерны обособленность геологических тел, линзообразная либо выпукло-холмовидная форма, увеличенная мощность по сравнению с окружающими одновозрастными отложениями иного литологического состава, нередко массивное строение, инкрустационные текстуры, структурно-текстурная неоднородность и преимущественно органогенный состав пород. Принципиальное отличие заключается в преобладании в их составе органогенно-обломочного (раковинного и тафоморфного), изначально рыхлого, подвижного материала, в отсутствии первично твердого каркаса, в слоистых текстурах пород. Перечисленные формы могут существовать самостоятельно, вне зависимости от присутствия органогенных построек, но чаще формируются совместно и бывают связаны с ними, обнаруживая при этом всевозможные постепенные переходы от каркасных до органогенно-аккумулятивных образований [Шуйский В. П., 1973].

В настоящее время подобные карбонатные тела, их строение и классификация изучены недостаточно. Как правило, при картировании они относятся к ископаемым органогенным постройкам, в частности к «рифам», что приводит к существенным ошибкам в понимании геологической истории регионов. Наиболее полный обзор подобных образований имеется в книге «Ископаемые органогенные постройки, рифы, методы их изучения и нефтегазоносность» [1975].

Карбонатные тела, морфологически сходные с ископаемыми органогенными постройками (Н. М. Задорожная)

Определение		Прижизненная форма	Ископаемая форма	Сходство с ископаемыми постройками
<p>I. Ископаемые органогенные банки — карбонатные тела, формирующиеся на приподнятых отмелях, сложенные преимущественно остатками организмов и органогенно-обломочным материалом. Органические остатки находятся на месте обитания, нередко в прижизненном положении, но не создают карбонатных структур</p>		<p>Приподнятая отмель</p>	<p>Линза, биостел, пласт</p>	<p>Биогермный массив, биостром</p>
<p>а) Р а к о в и н н ы е б а н к и — «карбонатные тела, образованные организмами, не способными строить и удерживать положительную структуру на морском дне, в зоне действия волн» [Барс Д., Колланд А., Ритчи У., 1973 г.]</p>		<p>Приподнятая отмель, холм</p>	<p>Линза, пласт</p>	<p>Биогермный массив, биостром</p>
<p>б) Ж е л в а к о в ы е б а н к и — карбонатные тела, сложенные подвижными биогенными желваками, захороненными на месте их формирования</p>		<p>Мелкие холмы, гряды</p>	<p>Линза, пласт</p>	<p>Биогерм, биостром</p>
<p>II. Тафомерфные тела Образуются за счет захоронения целых, но переселенных скелетных остатков, т. е. за счет литификации танатоцеенозов» [Королюк И. К., 1952]</p>		<p>Холмы, валы</p>	<p>Линза</p>	<p>Биогермный массив, биогерм</p>



1—4 — известняки (1 — ракушняковые, 2 — субкаркастые, 3 — желваковые, 4 — тафомерфные); 5 — известняковые песчаники; 6 — вмещающие отложения.

1. Органогенные банки представляют собой особый тип органогенных структур. В океанографии под банкой понимается «плосковерхое поднятие морского дна в мелководной области (обычно на глубинах менее 200 м), особенно на континентальном шельфе или вблизи островов» [Толковый словарь англ. геол. терминов, 1977 г.]. При массовом поселении на отмелях разнообразных организмов формируются органогенные банки.

Под ископаемой органогенной банкой понимаются карбонатные тела, образованные разнообразными бентосными организмами, которые захоронились на месте обитания, но не создавали устойчивого трехмерного каркаса, способного значительно возвышаться над дном бассейна и противостоять воздействию волн. Существенную роль в образовании банок играют биокластические образования, поскольку органические остатки на отмелях, как правило, подвергаются интенсивному разрушению.

Ископаемые органогенные банки имеют форму линзовидных пластов, протяженность которых может достигать многих километров, мощность — десятки метров.

В зависимости от типа организмов, формы их существования и захоронения различают раковинные, субкаркасные и желваковые типы банок.

а) Раковинные банки образуются «организмами, не способными строить и удерживать структуру на морском дне в зоне действия волн» [Барсс Д., Копланд А., Ритчи У., 1973 г.]. К ним относятся разнообразные моллюски, брахиоподы, криноидеи. Массовые скопления известковых скелетов на месте их обитания образуют ракушняковые банковые известняки, которые трудно отличить от скопления перенесенного и переотложенного раковинного материала, тем более что в обоих случаях в большом количестве присутствуют биокластические образования. В подобных ситуациях геологу предстоит провести палеоэкологические исследования, чтобы распознать банковый тип захоронения. Например, одни раковины прикреплялись при жизни с помощью бисуса, который не сохранялся после гибели организма. Створки при этом разъединялись и подвергались механическому перераспределению. Доказательством аккумуляции раковин на месте обитания является приблизительно одинаковое количество левых и правых створок. Иногда раковины прикрепляются только одной створкой, которая, как правило, сохраняется на месте поселения, в то время как другие створки могут механически транспортироваться и переотлагаться. И, наконец, имеются организмы, раковины которых плотно прирастают к субстрату или к соседней раковине и остаются в таком положении после смерти. Наиболее типичным примером этому служат устричные банки, образованные густыми поселениями (десятки и сотни экземпляров на 1 м²)

прикрепленных раковин устриц, захороненных на месте обитания в прижизненном положении [Чельцова Н. А., 1969 г.]. Совместные биоценозы устриц с каркасными организмами, например с водорослями, мшанками, могли создавать приподнятые до нескольких метров биогермные постройки, которые нередко совершенно необоснованно называют «устричными рифами».

При ограниченной площади раковинных биотопов ракушняковые известняки будут иметь форму коротких лепешковидных линз. «В сумме эти линзы, лежащие одна на другой, подобно стопке монет, превращались в геологическое тело, напоминающее столб», для которого В. П. Маслов предложил название «биостел» [1950, с. 59]. По внешней форме эти тела напоминают биогермы, но они существенно отличаются от них по способу образования.

б) Субкаркасные банки образуются организмами, являющимися потенциально возможными каркасостроителями, но которые в силу различных палеогеографических условий не создавали каркасных структур, а расселялись изолированно, в форме подводных лугов. Общее количество каркасных организмов в пределах банковской отмели может составлять всего 15—20%. В составе банковых известняков колонии каркасных организмов находятся в прижизненной ориентировке, но не прирастают друг к другу и разъединяются биокластическим материалом.

Ископаемые тела субкаркасных банок могут иметь форму пластов либо выпуклых холмов со значительными (10—30°) первичными наклонами склонов. В американской литературе подобные структуры носят название «иловых горок» или холмов [Барсс Д., Копланд А., Ритчи У., 1973 г.]. Слагаются они массивными карбонатными породами, включающими разобщенные остатки каркасных и одиночных организмов в прижизненном положении. В палеогеографическом отношении они представляли собой приподнятые структуры, хорошо выраженные в рельефе дна, которые формировались ниже зоны активной волновой деятельности. Возникновение иловых холмов объясняется интенсивным и быстрым накоплением илистого и тонкого биокластического карбонатного материала, который удерживается ситообразным покровом живущих организмов. Появление субкаркасных банок часто предшествует развитию рифовых и биогермных массивов. Например, цоколем среднедевонских рифов района Рейнбоу в Канаде служат субкаркасные криноидные известняки с изолированными колониями массивных строматопоронидей и ветвящихся кораллов. В основании девонских кораллово-строматопоровых рифов в Западной Сахаре установлены иловые холмы мощностью до 27 м, с углами падения склонов 34°. Слагаются они илистыми известняками, содержащими кораллы, членики криноидей, инкрустационные структуры [Dumstre A., Illing L. V., 1967 г.] (рис. 16).

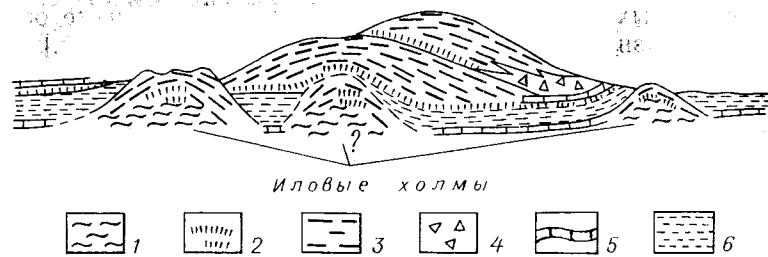


Рис. 16. Иловые холмы в основании среднедевонских строматопоровых рифов в Испанской Сахаре [Dumstre A., Illing L. V., 1967 г.].

1 — иловые горки; 2 — коралловые пласты; 3 — строматопоровый риф; 4 — околорифовые брекчии; 5 — слоистые известняки; 6 — кальцеоловые известняки.

Субкаркасные банки в комплексе с органогенными постройками могут образовывать сложные массивы. На нефтяном месторождении Джуди-Крик в Западной Канаде Дж. Муррей [1968 г.] выделил подобные тела под названием «рифовых банок». Одна из них, банка Суон-Хилс, представляет собой линзовидное тело (мощность 120 м, длина у основания 10 км), сложенное чередованием коралловых, строматопоровых и амфипоровых пластов, в которых органические остатки содержатся в количествах, недостаточных для образования каркасных структур. В краевых частях банки располагаются локальные строматопоровые рифы, которые, судя по приведенному в работе описанию, более похожи на биогермные массивы.

В ископаемом состоянии субкаркасные банки по общему облику пород, содержащих остатки каркасных организмов, и форме геологических тел могут быть приняты за рифовые и биогермные массивы.

в) Желваковые банки слагаются биоценоотическими желваками, которые образуются преимущественно остатками водорослей или продуктами их жизнедеятельности (онколиты), а также могут иметь смешанный состав (губково-водорослевый, мшанково-водорослевый и т. д.) [Маслов В. П., 1950; Журавлева И. Т., 1966; Королюк И. К., 1952; Ископаемые органогенные постройки..., 1975].

Желваковые банки характеризуют наиболее мелководные условия осадконакопления. Они образуются в зоне интенсивных волнений, достигающих дна бассейна и взмучивающих рыхлые осадки. Биоценоотические желваки формируются «обязательно при шевелении и перекачивании движением воды» [Маслов В. П., 1966], в результате чего возникает их концентрическая внутренняя структура. Подвижные желваки, достигая предельных размеров, при которых они не могут передвигаться в данных гидродинамических условиях, оседают на дно и цементируются карбонатным материалом. Скопления желваков могут слагать

выдержанные пласты, линзы, а также холмовидные бугры и гряды, которые могли возвышаться в рельефе дна. В ископаемом виде подобные тела могут быть приняты за мелкие биогермные постройки.

2. Тафоморфные* тела слагаются известняками, которые «образуются за счет захоронения целых перенесенных скелетных остатков, иначе говоря, произошедших за счет литификации танатоценозов. Эта группа является переходной к органогенно-обломочным известнякам, так как образуется также за счет пассивного накопления перенесенных скелетов, но не подвергшихся раздроблению» [Королюк И. К., 1952, с. 35]. Для известняков характерны массивная или неотчетливо-слоистая текстура, незначительная сортировка раковин по размеру, присутствие детритовых прослоев. Во вмещающих породах содержатся многочисленные остатки тех же организмов, которые слагают тафоморфные тела, в отличие от органогенных построек, в которых обычно наблюдаются специфические сообщества организмов, практически не известные за пределами построек.

По форме тафоморфные тела подразделяются на тафостромы и тафогермы. Тафостромы имеют линзовидную и линзовидно-пластообразную форму тел. Слагаются они скелетными остатками известняковых организмов, в частном случае планктонных, которые после гибели спадали на дно бассейна в массовом количестве. Примером подобных тафостромов могут служить проауляпоровые известняки в отложениях нижнего кембрия Алтас-Саянской области, состоящие из микроскопических остатков свободноплавающих трубчатых водорослей проауляпора. Подобные тафостромные пласты обычно хорошо выдержаны на площади и могут использоваться в качестве маркирующих горизонтов (см. рис. 45). Мощность тафостромов измеряется метрами, протяженность — многими километрами. При картировании эти пласты могут быть приняты за биостромы.

Тафогермы — тела неправильной, линзовидной и куполовидной формы, размеры которых измеряются первыми метрами. Термин для обозначения такого рода тел предложен М. М. Язмиром (1960 г.). Образование тафогермов связано с деятельностью интенсивных разнонаправленных течений в условиях мелководья, которые намывают холмовидные линзы и гряды из скелетных частей органических остатков (рис. 17). Контакты тафогермов с вмещающими породами могут быть постепенные, облекания и впритык. По форме тел и характеру залегания они имеют сходство с биогермами.

* Термин «тафоморфный» соответствует понятию «тафогермный» [Королюк И. К., 1952]. Последнее содержит в корне слово «герм» (холм) и потому заменен на более общий «тафоморфный», не подразумевающий форму тел, которая может быть и пластообразной.

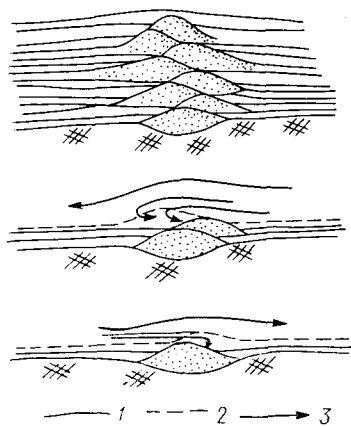


Рис. 17. Схема образования тафогермов [Язмир М. М., 1960 г.].

1 — поверхность закрепившегося грунта; 2 — поверхность отложений, еще не закрепившихся; 3 — направление течения.

ков здесь преобладают обломки рифообразующих организмов.

Ископаемые тела аккумулятивных образований имеют обычно линзовидную, грядообразную форму. Мощность их, как правило, превышает мощность одновозрастных отложений, протяженность варьирует от десятков метров до нескольких километров.

По форме геологических тел и внешнему облику химически чистых органогенных известняков аккумулятивные образования могут ошибочно относиться к органогенным постройкам. Например, протяженные ископаемые тела барьерных островов и баров, разделяющие лагунные и шельфовые фации открытого моря, могут быть приняты за рифовые массивы. От органогенных построек их отличают обломочные структуры известняков, окатанность и сортировка органогенно-обломочного материала, признаки косой и перекрестной слоистости и знаки ряби, сходный состав окружающих слоистых отложений.

1.4. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ КАРКАСНЫХ ОРГАНИЗМОВ

Анализ распространения органогенных построек и развития каркасных организмов во времени позволяет выделить несколько крупных этапов, различающихся интенсивностью образования органогенных сооружений и составом строящих и сопутствующих им организмов.

Тафостромы и тафогермы нередко служат цоколем для органогенных построек.

3. Органогенно-аккумулятивные положительные формы донного рельефа представляют собой разнообразные пляжевые образования: барьерные острова, береговые валы, бары, гряды, косы и т. д., которые формируются в прибрежной зоне в результате работы волн, прибоев, донных течений [Леонтьев О. К., 1963 г.; Зенкович В. П., 1957 г.; Шепард Ф. П., 1976 г.]. Пляжевые накопления могут полностью слагаться ракушняками, детритовыми и оолитовыми породами. Особенно широко органогенно-аккумулятивные породы развиты вблизи рифовых построек и на самих рифах. В составе известковых песчаников и галечников

в истории изучения ископаемых построек был период, когда все они считались коралловыми. Лишь в конце XIX и начале XX веков было установлено, что в разные периоды геологической истории Земли их создавали различные животные и растительные организмы [Маслов В. П., 1937—1973 гг.; Равикович А. И., 1954, 1968 г.; Кузьминская К. С., Хаин В. Е., 1964; Решения IV..., 1968; Журавлева И. Т., Равикович А. И., 1973; Журавлева И. Т., Лучинина В. А., 1977 г.; Осадчая Д. В., Краснов Е. В., 1977, и др.].

Позднепротерозойский этап. Самый древний этап характеризовался распространением бактерий и сине-зеленых водорослей, создававших первые органогенные сооружения, известные в литературе как строматолиты [Маслов В. П., 1959; Крылов И. Н., 1967 г., 1968 г.; Нужнов С. В., 1967 г.; Журавлева И. Т., Лучинина В. А., 1977 г., и др.]. Древнейшие строматолитовые постройки слагали в основном многометровые толщи, протягивающиеся на десятки и сотни километров. Создавали они также и куполоподобные биогермы и массивы. Самые древние строматолитовые постройки известны из булавайской серии Родезии (Южная Африка). Их возраст определяется около 2860 млн. лет [Крылов И. Н., 1968 г.]. Однако массовое распространение строматолитов приурочено к позднему протерозою.

Строматолитовые образования создавались на протяжении всей геологической истории, включая современную эпоху. Начиная с середины палеозоя площади распространения и мощности их значительно уменьшаются. Современные строматолиты известны на Багамских островах и у побережья Австралии.

Массовое развитие строматолитов, вызванное широким распространением водорослей и бактерий в докембрии, привело к коренному изменению газового состава атмосферы. Поглощая углекислый газ, водоросли выделяли кислород, в результате чего возник озоновый экран, задерживающий ультрафиолетовое солнечное излучение, губительное в больших дозах для организмов [Аблизин Б. Д., Курбацкий А. М., Крылов И. Н., 1969 г.].

Ранне- и среднепалеозойский этапы. С начала палеозоя отмечен качественно новый этап в эволюции органической жизни Земли. В эпоху раннего кембрия самые разные группы организмов приобрели способность строить скелет. Появились и получили массовое развитие археоциаты, гастроподы, хиолиты, брахиоподы, камениды и водоросли с известковыми слоевищами [Шевырев А. А., 1962 г., 1966 г.; Томмотский ярус..., 1969 г.; Розанов А. Ю., 1973 г., и многие другие].

В раннем палеозое в строении каркаса органогенных построек ведущая роль принадлежала водорослям [Журавлева И. Т., Лучинина В. А., 1977 г. и др.], которые не потеряли своего значения на всех последующих этапах рифостроения (рис. 18).

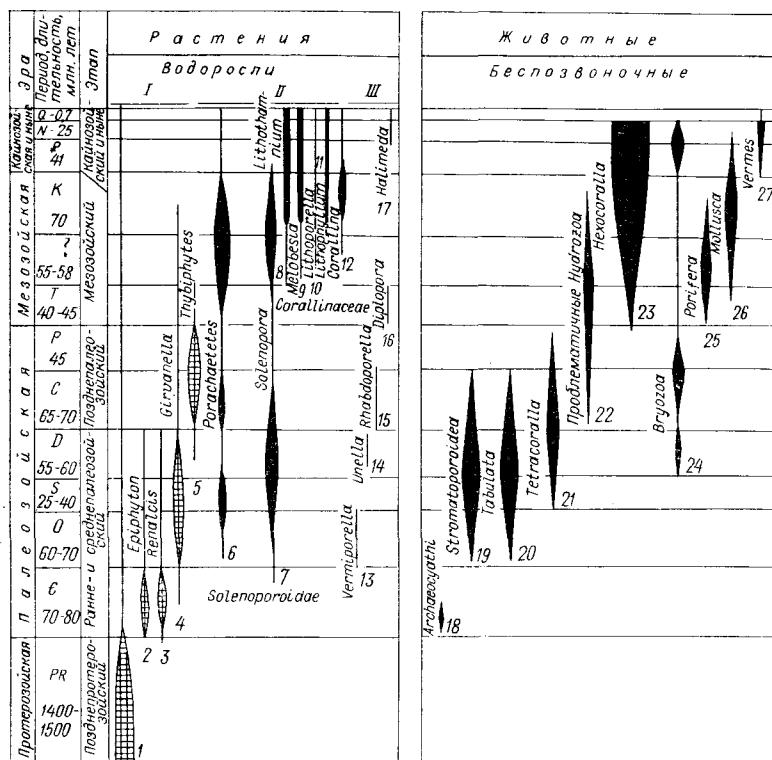


Рис. 18. Схема эволюции основных каркасостроящих организмов (Д. В. Осадчая, Е. В. Краснов).

Растения: I — *Syanoophyta* — сине-зеленые водоросли (1—5); II — *Rhodophyta* — красные водоросли (6—12); III — *Chlorophyta* — зеленые водоросли (13—17). Животные: 18 — археоциаты; 19 — строматопоронидеи; 20 — табуляты; 21 — четырехлучевые кораллы (ругозы); 22 — проблематичные гидроидные; 23 — склерактинии; 24 — мшанки; 25 — губки; 26 — моллюски; 27 — черви.

Кембрий. Основными строителями кембрийских органогенных построек были известкывыделяющие водоросли: кустистые *Eriphyton* (табл. VII, 1), слоевищные *Rasumovskaja*, комковатые *Renalcis* [Маслов В. П., 1973 г.; Лучинина В. А., 1973; Раннекембрийские органогенные постройки..., 1973, Кордэ К. Б., 1973 г.].

Одними из первых скелетных организмов, принимавших участие в образовании органогенных построек нижнего кембрия, являлись археоциаты (табл. VII), роль которых как основных каркасостроителей переоценивалась на ранних этапах их изучения [Вологдин А. Г., 1959 г.]. Для сложных органогенных сооружений раннего кембрия типичны археоциато-водорослевые и водорослевые биоценозы. Кембрийские постройки морфологически разнообразны и достигают значительных мощностей (сотни метров).

Ордовик и силур. Начиная с ордовика роль основных каркасостроящих организмов прочно перешла к кишечнополостным [Клааманн Э. Р., 1964 г.; Нестор Х. Э., Кала Э. А., 1968 г.; Мянниль Р. М., Эйнасто Р. Э., Хинте Л. М., 1964 г., и др.]. В ордовике наиболее широкое распространение получили табулятоморфные кораллы: *Favosites* (табл. VIII, 5), *Halysites* и строматопоронидеи. Большую роль продолжали также играть сине-зеленые водоросли *Girvanella*, сохранившиеся до наших дней. Впервые появились и приобрели широкое распространение известковые багряные водоросли *Solenoporoidae* и *Corallinaceae* [Маслов В. П., 1937 г.; Гниловская М. Б., 1972 г., и др.], среди которых активными строителями были *Solenopora* и *Parachaetetes*. В силурийский период в образовании построек принимали участие ругозы и сифоновые водоросли *Dasycladaceae*, образующие корковые и бугристые наросты. Среди сопутствующих организмов встречаются многочисленные мшанки, двустворчатые моллюски, известковые губки, морские лилии, ежи, трилобиты и брахиоподы.

Девон. Увеличивается значение четырехлучевых и восьмилучевых кораллов и мшанок (табл. VIII, 3, 4). По-прежнему в строительстве построек участвовали табуляты и строматопоронидеи [Равикович А. И., 1954; Муррей Дж. У., 1968 г.]; активную роль играли сине-зеленые и багряные водоросли [Маслов В. П., 1937 г.; Краузе С. Н., Маслов В. П., 1960 г.; Шуйский В. П., Мухина В. П., 1968].

Позднепалеозойский этап. В результате мощных горообразовательных движений возникли горные системы в Центральной Европе, сформировался хребет Восточного Урала, наметилось заложение геосинклиналей на территории Средней Азии, Алтае и т. д. [Равикович А. И., 1954; 1976 г.]. Среди органогенных сооружений преобладали рифы — сложные экологические системы, объединяющие различные по происхождению, но тесно связанные по условиям и образу жизни группы животных и растений — бентосных, nektonных, планктонных. Среди каркасостроителей вместе с кораллами преобладали гидроидные и проблематичные водоросли. Самые мощные постройки на этом этапе известны в раннепермскую эпоху.

Карбон. В каменноугольном периоде главная роль среди каркасных организмов перешла к ругозам, вытеснившим табуляты, значительно распространились гидроидные. По-прежнему велико участие известковых водорослей *Parachaetetes* (табл. VIII, 1). Появились водоросли неясного систематического положения *Tubiphytes* [Маслов В. П., 1956 г.; Раузер-Черноусова Д. М., 1950 г. и др.]. В постройках карбона принимали участие крупные фораминиферы *Fusulina* и *Schwagerina*.

Пермь. Ведущими каркасными организмами по-прежнему оставались колониальные ругозы. Широкое развитие получили ветвистые мшанки, гидроидные (палеоаплизины), фо-

раминиферы, проблематичные водоросли *Tubiphytes*. К концу пермского периода исчезли некоторые древние мшанки, потеряли свое значение ругозы, ряд групп иглокожих, плеченогих и головоногих моллюсков.

В Приуралье сохранились уникальные памятники палеозойского рифообразования — шиханы Шахтау, Тратау, Юрагтау [Раузер-Черноусова Д. М., 1940 г., 1950 г.; Наливкин Д. В., 1956; Шамов Д. Ф., 1957 г.; Геккер Р. Ф., 1961 г.; Нижнепермский биогермный массив..., 1970]. Основными строителями шихана Шахтау были проблематичные водоросли *Tubiphytes* и гидроидные *Paleoaplesina*. В образовании Тратау наряду с *Tubiphytes* участвовали фораминиферы и др. Шихан Юрагтау преимущественно кораллово-мшанковый при широком участии водорослей, фораминифер и брахиопод. Состав каркасостроящих организмов в шиханах на разных этапах их формирования испытывал значительные изменения.

Мезозойский этап. В начале мезозойской эры отмечаются заметные изменения рельефа материков, смещения климатических зон, а следовательно, и зон распространения органогенных построек [Равикович А. И., 1954, 1976 г.; Кузьминская К. С., Хаин В. Е., 1964, и др.]. Органогенные сооружения, среди которых преобладали рифы, создавались преимущественно в пределах океана Тетис. В мезозойскую эру впервые появились органогенные постройки, созданные мадрепоровыми кораллами, которые и поныне являются основной группой организмов, строящих рифы.

Т р и а с. Основными каркасостроящими организмами стали мадрепоровые кораллы *Scleractinia*. В образовании построек активно участвовали гидроидные полипы, известковые губки *Molengrafiia*, *Hadsia* и др. Среди багряных водорослей преобладали соленопоры *Parachaetetes* [Кузьминская К. С., Хаин В. Е., 1964]. Из сопутствующих форм встречались многочисленные двустворчатые моллюски и брюхоногие (нериниды), морские лилии, ежи, плеченогие, фораминиферы и сифоновые водоросли.

Ю р а. Наиболее мощное развитие сложных органогенных построек (рифов). Наибольшая вспышка рифообразования приурочена к концу позднеюрской эпохи. Основными каркасостроителями наряду с мадрепоровыми кораллами *Scleractinia* (табл. IX, 1, 2) были известковые губки, хететиды (табл. IX, 3, 4) и гидроидные. На юрский период приходится расцвет багряных водорослей, среди которых преобладают *Solenopora*, *Parachaetetes*. Из сопутствующих форм встречались двустворчатые моллюски, брюхоногие (нериниды), крупные плеченогие, морские лилии. В районах рифовых сооружений обнаружены остатки рыб, крабов, морских звезд и т. п.

М е л. По-прежнему преобладают мадрепоровые кораллы *Scleractinia*, широко представленные семействами *Astroidea*,

Fungiidae, *Turbinoidae*, и особенно багряные водоросли (*Lithotamnium*, *Lithophyllum*, *Melobesia*), а также гидроидные [Кузьмичева Е. И., Шаля А. А., 1962 г.; Кузьмичева Е. И., 1966 г., и др.]. Среди сопутствующих организмов в образовании построек участвовали брюхоногие моллюски (*Nerinea*, *Actaeonella*), крупные фораминиферы, мшанки и др. В меловом периоде известны крупные органогенные сооружения, сложенные рудитами (*Hippurites*, *Radiolites*) и др. Рудитовые постройки обнаружены в Горном Крыму, на юге Франции, в Бельгии, Испании, Италии и Северной Америке.

Кайнозойский и современный этапы. В конце мезозойской эры произошли грандиозные преобразования в геосинклинальных областях, что привело к возникновению альпийских горных цепей (Альпы, Кавказ, Карпаты, Гималаи, Гиндукуш и др.). Моря и континенты постепенно приобрели современные очертания. Области распространения органогенных сооружений отступили к югу в пределах Тихого и Индийского океанов. Роль ведущих каркасных организмов принадлежала водорослям, мшанкам, кораллам. Симбиоз водорослей и кораллов привел к многократному усилению известкывыделяющей деятельности коралловых полипов и образованию гигантских каркасных форм рифостроящих склерактиний.

П а л е о г е н. Каркасостроящие кораллы *Scleractinia* близки по составу родов и семейств к современным [Равикович А. И., 1954; Кузьминская К. С., Хаин В. Е., 1964]. Большую роль в образовании органогенных построек палеогена приобрели кораллиновые водоросли *Lithotamnium* (табл. X, 3), *Lithophyllum* (табл. X, 2), пришедшие на смену водорослям-соленопорам. В сооружении каркаса иногда активно участвовали колониальные фораминиферы (нубекулярии), а также новые группы мшанок *Membranipora* (*Microporella*). Коралловые рифы, развивающиеся в условиях геосинклинального моря, достигали значительных мощностей. Они известны в Европе, Азии и Африке. Водорослево-коралловые рифы сооружались в Северной Америке (Колорадо, Нью-Мексико, Техас, Канзас). Фораминиферо-водорослевые постройки развиты в Андах. На территории СССР биогермы и биостромы распространены в Горном Крыму, Армении.

Н е о г е н. В этот период кораллы как строители построек потеряли свое ведущее значение. Роль основных каркасостроителей перешла к кораллиновым водорослям (табл. X, 2, 4) и мембранипоровым мшанкам. Среди кораллиновых водорослей выделяются литотамниевые, создававшие мощные постройки значительной протяженности. Хорошо известны водорослевые органогенные сооружения на юге Украины, в Предкарпатье, Молдавии [Королюк И. К., 1952; Саянов В. С., 1957 г., 1959 г., 1962 г., 1968 и др.]. В некоторых местах биогермы создавались серпулидами (червями-трубкожилами, выделяющими известко-

вые трубочки). Часто постройки образовывались не одной группой организмов, а сложным комплексом. Так, в рифогенных известняках Предкарпатья выделены литотамниевые, литотамниевом-мшанково-верметусовые, водорослево-фораминиферовые и другие сооружения [Королюк И. К., 1952]. Неогеновые мшанковые постройки известны в Крыму на Керченском, Казантипском и Таманском полуостровах [Андрусов Н. И., 1961].

Четвертичный период тесно связан с современным [Равикович А. И., 1954, 1976 г.]. Многие ныне живущие постройки возникли в неогеново-четвертичном и даже в палеогеновом периодах. В Крыму на Керченском полуострове известны четвертичные устрично-серпуловые постройки [Губанов И. Г., Подгорецкий П. Д., 1966 г.]. Водорослевые биостромы и биогермы этого возраста найдены в США близ о. Лахонтан, коралловые постройки — в Калифорнии. Четвертичные рифы строят преимущественно мадрепоровые кораллы и известковые водоросли. Для рифообразования характерно разнообразие типов построек и обширность занимаемых ими площадей. Современные рифы распространены главным образом в экваториальной зоне и ограничены 30° северной и 30° южной широт (см. разд. 3.13).

Таким образом, анализ развития каркасообразующих организмов в геологической истории Земли позволил выделить несколько крупных этапов, различающихся интенсивностью образования органогенных построек и составом каркасостроителей (см. рис. 18). На всех этапах развития ведущая роль в каркасообразовании принадлежала водорослям или сообществам беспозвоночных с участием водорослей.

1.5. ФАКТОРЫ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЕК

Ископаемые органогенные постройки представляют собой специфические палеоэколого-фациальные системы, развитие которых контролировалось рядом факторов. Среди них выделяются биотические (наличие известковых каркасных организмов) и абиотические (климат, физические и гидрохимические обстановки в бассейне осадконакопления, тектоника, эвстатические колебания уровня моря и т. д.). Влияние каждого из них на появление, время существования, форму и размеры ископаемых построек было различным. Часть из них относится к категории лимитирующих, другие определяли генетическое существо построек, третьи контролировали форму и пространственное размещение фациальных зон в их составе. При этом чем мощнее и сложнее постройка, тем большее количество факторов определяют ее развитие. Если воздействие какого-нибудь из них оказывается ниже минимального уровня, органо-

генные постройки не возникают. В зависимости от комбинации различных факторов и силы их воздействия развиваются различные типы построек в разных структурно-фациальных обстановках.

В природных условиях влияние всех факторов тесно переплетается и трудно выявить их индивидуальную роль, особенно при изучении ископаемых геологических тел. Очевидно, можно говорить лишь об общей направленности воздействия различных факторов среды на осадки и организмы, с тем чтобы попытаться распознать их в строении литифицированных органогенных построек.

1.5.1. БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Как уже отмечалось, органогенные постройки создаются особыми группами известково выделяющих организмов, которые обладают экологическим потенциалом, обеспечивающим формирование топографически положительных каркасных структур, способных противостоять волновому воздействию. Это характерно как для самых древних, протерозойских, так и современных построек, несмотря на существенную смену систематического состава каркасных организмов от синезеленых водорослей и бактерий до сложных растительно-животных биоценозов. Очевидный факт эволюционного усложнения сообществ каркасных организмов во времени приводит к довольно распространенному мнению о том, что таксономическое разнообразие организмов определяет непосредственно и более сложное (морфологическое и структурное) строение построек. Однако это положение справедливо лишь в общем виде и особенно по отношению к таким двум этапам развития органического мира, как докембрийский и фанерозойский, на рубеже которых существенно изменились процессы биогенного карбоната накопления и типы образования каркасов.

В докембрии широко распространены исключительно строматолитовые постройки с корковым типом каркаса. Они возникли за счет жизнедеятельности синезеленых водорослей и бактерий, сосуществовавших в виде прикрепленных пленочных колоний. Карбонатный материал осаждался в слизи окружающей колонии в результате химических, биохимических и частично физиологических процессов [Маслов В. П., 1966]. Накопление карбонатов происходило в форме обволакивающих субстрат известковых корок, которые отлагались периодически в процессе сезонного развития всей пленочной колонии. Твердый каркас строматолитов формировался последовательным наслаиванием известковых корок толщиной от долей до нескольких миллиметров и состоящих из двух плотно прилегающих микрослоев — темного микрозернистого, комковато-губчатого, и свет-

лого, сложенного кристаллическим кальцитом. Вследствие этого каркас строматолитовых построек плотный, массивный, со слойчатым строением и незначительной первичной пористостью.

В фанерозое, начиная с раннего кембрия, впервые в массовом количестве появились скелетные организмы (археоцнаты, трилобиты, брахиоподы и др.), а также различные каркасные водоросли с индивидуализированными слоевищами (эпифитоны, разумовская, ренальцис и др.). В последующие эпохи происходило качественное и количественное наращивание разнообразия групп животных и растений, способных строить органогенные постройки: кораллы, строматопороидеи, мшанки, гидроидные, губки, соленопоры, литотамнии и др. (см. разд. 1.4). С этого времени преобладают такие органические процессы карбонатоосаждения, при которых накопление карбонатного материала происходит преимущественно в скелетах животных организмов и в тканях водорослевых слоевищ «из клеточного сока внутри клетки или ее стенках». А также физиологические процессы, при которых «известь выпадает снаружи клеточных стенок вследствие фотосинтетической деятельности растений в водной среде, инкрустируя водорослевые слоевища в виде известкового чехла». Во всех этих случаях известь извлекается из морской воды в течение всей жизни организмов, известковые образования фиксируют строение индивидуальных форм или определенного вида колоний и «консервируют внутреннюю прижизненную анатомическую структуру, которую можно поэтому изучать в ископаемом состоянии» [Маслов В. П., 1961а, б]. Новая форма биогенного карбонатоосаждения в скелетах и тканях организмов обусловила и существенно иной способ формирования твердого каркаса органогенных построек, которые отличаются по своему строению от докембрийских строматолитов. В фанерозое впервые появляются многочисленные типы растений и прикрепленных животных с вертикально стоящей формой скелетов и слоевищ, образующих разнообразные типы каркасов.

По мнению В. П. Шуйского, в фанерозое «известно четыре основных формы роста колониальных каркасообразующих организмов: ветвисто-кустистая, гребенчато-веероидная, пластинчато-инкрустирующая и массивная (рис. 19). Перечисленные формы образуют биогермные известняки либо индивидуально, либо в тех или иных сочетаниях друг с другом. Эти формы роста встречаются у совершенно разных групп водорослей и беспозвоночных животных. Можно допустить существование своеобразного морфологического фонда, который сформировался к началу палеозоя и во всей дальнейшей истории органического мира не испытывал ни сокращения, ни пополнения. Именно это обстоятельство объясняет факт удивительного сходства структурных типов биогермных известняков в постройках фанерозоя. Стабильность структурного разнообразия биогермных известняков в течение фанерозоя поддерживалась механизмом мор-

Формы роста колоний	Организмы	Зарисовки
Ветвисто-кустистая	Кораллы, строматопороидеи, сине-зеленые и красные водоросли, фистулеллы и др.	
Гребенчато-веероидная	Мшанки, сине-зеленые водоросли, проблематичные таравалии и др.	
Пластинчато-инкрустирующая	Строматопороидеи, альвеолитиды, сине-зеленые водоросли и др.	
Массивная	Кораллы, строматопороидеи, сине-зеленые и красные водоросли и др.	

Рис. 19. Основные формы роста колониальных каркасообразующих организмов (В. П. Шуйский).

фологической конвергенции в рамках упомянутого фонда». Появление организмов с устойчивыми быстро растущими скелетами и слоевищами обеспечило возможность образования более устойчивых каркасов, которые могли значительно возвышаться над дном водоемов, противостоять интенсивным движениям воды и обеспечивать лучшие условия освещенности и питания для прикрепленных форм. Более приспособленные известковые организмы фанерозоя значительно расширили диапазон фациальных обстановок формирования органогенных построек. Таким образом, в общем плане усложнение организмов способствовало несомненно увеличению многообразия построек в фанерозое. Начиная с кембрия известны все их типы от простейших калиптр до рифовых массивов и комплексов [Задорожная Н. М., 1974; Геология рифовых систем... 1979].

Кроме того, изменение состава биоты и трофической структуры рифовых сообществ (соотношение водорослей, фито- и зоофагов и т. д.) во времени соотносится с проявлением вспышек рифообразования и продуктивности рифовых экосистем в геологической истории Земли: в средне-позднем девоне, в поздней юре, в четвертичном периоде [Нестор Х. Э., 1980 г.].

В другом, более узком смысле, состав биоты, образующей постройки, не определяет их типа и морфологии. Одни и те же организмы могут слагать разные генетические типы построек, присутствовать в разных фациях сложных построек, и наоборот, постройки, сходные по типу и строению, могут слагаться разными биоценозами. Каркасные организмы приспосабливаются к обстановкам, занимая наиболее благоприятные ниши для своего существования. Образование первично твердого скелетного каркаса — ответная биологическая реакция на обстановку в условиях мелководья.

Биота является первичным источником карбонатного материала, который под влиянием физико-географических условий превращается в геологические тела определенной формы.

Большое значение в составе биоценозов органогенных построек имеют водоросли. Они продуцируют значительные количества карбоната кальция, а также способствуют его выделению животными за счет увеличения рН в местах их обитания и симбиотических соотношений с животными организмами (например, кораллы и зооксантеллы). Роль растений в формировании органогенных построек настолько велика, что, например, рифы, наиболее крупные и сложные из них, не могут существовать без участия водорослей, в то время как известны чисто водорослевые рифовые постройки (см. разд. 3.13). В этом смысле состав биоты может служить одним из отличительных признаков рифовых и нерифовых образований (см. табл. 5).

1.5.2. АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Могут быть подразделены на две группы: палеогеографические и тектонические.

1.5.2.1. Палеогеографические факторы

Включают климат, глубину бассейна, рельеф дна, силу и направление течений и ветров, интенсивность волнений, соленость воды, привнос терригенного материала и т. д. Часть этих факторов может рассматриваться как лимитирующая развитие построек, другие относятся к категории определяющих их форму, закономерности размещения фаций, зональность в распределении организмов. Воздействие палеогеографических условий на развитие древних построек может восстанавливаться с ограниченной долей вероятности только на основании палеоэколого-фациального анализа и актуалистических моделей (см. разд. 3.13).

Климат, а также распределение планетарных холодных и теплых течений, если исходить из современных

аналогий, относятся к числу лимитирующих факторов, которые контролируют географическое распространение органогенных построек. Современные рифы, как правило, существуют при среднегодовых температурах не ниже 20 °С. Это связано не столько с теплолюбивостью организмов, которые могут обитать и при более низких температурах [Максимова С. В., 1971 г.], сколько с «изменением степени насыщенности вод карбонатами. Известно, что при высокой температуре насыщение вод карбонатами наибольшее. С падением температуры в воде растет содержание углекислоты и повышается растворимость CaCO₃. В итоге холодные воды оказываются недосыщенными карбонатом кальция. Энергетические затраты сообщества коралловой колонии на постройку карбонатных скелетов оказываются в холодных водах больше поступления энергии за счет фотосинтеза; биоценоз рифа не развивается, будучи энергетически нецелесообразным» [Лисицын А. П., Петелин В. П., 1970 г., с. 80]. Не исключено, что это было справедливым и для прошлых эпох. Анализ размещения ископаемых построек во взаимосвязи их с такими индикаторами древних климатов, как красноцветные, эвапоритовые и соленосные формации, следы древних оледенений, а также положение древних магнитных полюсов свидетельствуют (по крайней мере для фанерозоя) о приуроченности зон распространения органогенных построек к тропическим и субтропическим поясам, размещение которых менялось на поверхности Земли во времени [Кузьминская К. С., Хаин В. Е., 1964].

Глубина бассейна ограничивает вертикальное распространение органогенных построек. Большинство из них, содержащее в своем составе водоросли, оптимально могут развиваться в зоне фотосинтеза, до 30—50 м, хотя отдельные каркасные организмы и их сообщества известны в современных морях на значительно больших глубинах, до 200 м и более [Лисицын А. П., Петелин В. П., 1970 г.; Максимова С. В., 1971 г.].

Роль ограничивающего фактора играет также привнос терригенного материала, влияние которого связано, с одной стороны, с заиливанием бентосных колоний, а с другой — со снижением прозрачности воды, затрудняющей процессы фотосинтеза. Присутствие значительных количеств глинистой примеси влияет на распределение литофаций и распространение сообществ организмов. Как правило, при обильной терригенной взвеси в воде происходит угнетение и прекращение роста органогенных построек на этих участках.

К факторам, определяющим структуру, форму и темпы роста органогенных построек, относятся: рельеф дна, направление и циркуляция водных масс.

Рельеф морского дна обеспечивает участки, благоприятные для роста каркасных организмов (достаточная освещенность, циркуляция воды, насыщенность кислородом и т. д.).

Эти поднятия в виде подводных уступов, валов, островов предопределяют форму крупных сооружений, площадное распространение и группировку комплекса мелких построек. Так, форма кольцевых атоллов, барьерных и береговых рифов, развивающихся вокруг океанических островов, полностью повторяет их контуры (см. рис. 11). Постройки, развивающиеся на вытянутых подводных отмелях, валах или перегибах континентальных склонов, приобретают грядообразную, полосовидную форму пространственного размещения [Королюк И. К., 1952; Шуйский В. П., Мухина В. П., 1968; Журавлева И. Т., 1979 и др.].

Расчлененный неровный рельеф морского дна — одна из причин развития локальных построек, размещение которых контролируется положением топографических поднятий.

Гидрогеология бассейнов определяется ветровой и водной циркуляцией, влиянием континентальных масс. Она влияет в большой мере на разнообразие внутренних структур, морфологию и направление преобладающего роста построек. Особенно это касается рифов, развивающихся в зонах волнолома. Оптимальное развитие бентосных организмов и высокая первичная продуктивность их зависят от снабжения водных масс кислородом (аэрация вод) и притока питательных веществ с глубин океана. Подобные условия существуют в зонах повышенных волнений и активной циркуляции воды (турбулентные зоны), в пределах которых происходит максимальное развитие органогенных построек. Для существования бентосных, прикрепленных организмов необходимы фосфаты, нитраты, марганец и другие химические элементы, поступление которых связано с подъемом к поверхности глубинных вод. Поэтому наиболее интенсивный рост органогенных построек происходит в эвфотической зоне на приподнятых участках морского дна, в зоне значительного перепада глубин, например на границе шельфа и континентального склона. На шельфовых участках бассейна и в лагунах развиваются более мелкие разобщенные постройки.

Циркуляция водных масс в морских бассейнах зависит от силы и направления приливных потоков, течений и ветров, которые определяют интенсивность волнений.

Там, где эти факторы воздействуют равномерно, возникают постройки с симметричной структурой. В случае преобладающего одностороннего влияния они приобретают асимметричное строение. Комбинация этих факторов приводит к усложнению формы и размещения фациальных зон, что показал В. Г. Максвелл [Maxwell W. G., 1968] на примере шельфовых рифов Австралии (см. рис. 12). При одностороннем воздействии факторов вдоль внешнего края шельфа или береговой линии возникают асимметричные, вытянутые, стеноподобные рифы. В дальнейшем в зависимости от проявления турбулентности, аэрации,

притоков питательных солей, накопления органогенного детрита эти рифы могут приобретать серповидную, луноподобную и сетчатую форму.

1.5.2.2. Тектонические и эвстатические факторы

Определяющая роль тектонических факторов в развитии органогенных построек, установленная Ч. Дарвиным [1936] на примере современных коралловых рифов, подтвердилась впоследствии и для ископаемых построек. В отличие от палеогеографических обстановок, интерпретируемых преимущественно на основании актуалистических моделей, тектонические факторы проявляются для ископаемых построек более отчетливо по приуроченности их к определенным геоструктурным элементам земной коры. В отечественной литературе эти вопросы специально разрабатывались Д. В. Наливкиным [1956], В. Д. Наливкиным [1962], В. П. Масловым [1950], А. И. Равикович [1960], В. Е. Хаинным [1962], Г. Ф. Крашенинниковым [1968, 1975], Н. Ю. Успенской [1946 г.], В. Г. Кузнецовым [1978], И. К. Королюк [1975, 1978] С. П. Максимовым, Г. А. Каледой, Б. М. Гейман, Ю. Г. Такаевым [1976 г.] и др., а также во многих региональных работах.

Органогенные постройки известны в районах с различным тектоническим режимом: в геосинклиналях, на платформах, в рифтовых зонах и краевых прогибах. Во всех случаях тектонический контроль в развитии построек осуществляется в двух аспектах: 1) опосредованно, через определяющую роль тектонических движений в формировании обстановок осадконакопления (подводный рельеф, глубина бассейнов и т. д.), от которых, в свою очередь, зависит пространственное размещение органогенных построек; 2) непосредственно, в форме вертикальных движений фундамента, определяющих историю развития и длительность их существования.

Как уже отмечалось, для возникновения органогенных построек необходимы достаточно освещенные отмели, омываемые океаническими олиготрофными водами с хорошей аэрацией. При прочих равных условиях оптимальное развитие построек происходит на подводных, топографически четко выраженных уступах, разделяющих мелководные и глубоководные участки бассейнов с различным режимом погружения фундамента. Резкий перепад глубин обеспечивает подток глубинных вод к отмельным зонам. Подобные формы рельефа в большинстве случаев связаны с тектоническими структурами. Это могут быть осевые зоны конседиментационных антиклинальных складок, валлообразные протяженные поднятия, обусловленные тектоническими флексурами в породах фундамента, краевые части тектонических уступов, вулканические гряды и цепочки вулканических островов, приуроченные к зонам долгоживущих разломов.

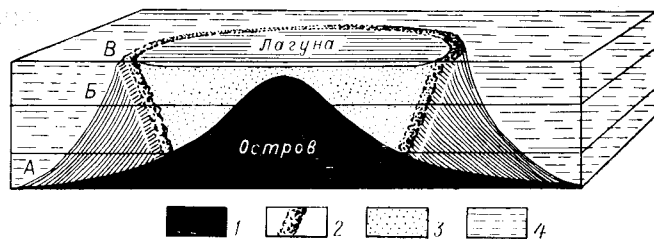


Рис. 20. Схема, иллюстрирующая дарвинскую теорию опускания и постепенного перехода береговых рифов в барьерные и атоллы. По А. Холмсу [Holms A., 1965 г.].

А — береговой риф; Б — барьерный риф; В — атолл; 1 — опускающийся фундамент; 2 — риф; 3 — лагуна; 4 — море.

В соответствии с простираем морфоструктурных элементов дна органогенные постройки располагаются протяженными полосами и грядами. Примером могут служить палеозойские рифовые системы Урала, протягивающиеся согласно с тектоническими структурами на сотни километров [Наливкин В. Д., 1962; Шуйский В. П., Мухина В. П., 1968; Королюк И. К., 1975, и многие другие]. Однако полосовидное расположение органогенных построек не обязательно фиксирует тектонические зоны. Системы рифов могут располагаться, например, на уступах гомоклиналей и сами создавать морфологические уступы [Грачевский М. М., Кучурук Е. В., Скворцов И. А., 1977 г.].

Дальнейшее развитие органогенных построек, длительность их существования и общая форма геологических тел в значительной мере определяются интенсивностью и темпом эпейрогенических движений фундамента и эвстатическими колебаниями уровня моря.

Для известковых организмов, существующих преимущественно в зоне фотосинтеза, требуется определенный диапазон глубин. Ч. Дарвин впервые выдвинул идею, что непрерывное и длительное развитие рифов может осуществляться исключительно при условии равномерных и постоянных опусканий фундамента. Только в этом случае возможна стабилизация оптимального экологического уровня для жизни каркасных организмов, сохранение устойчивого положения глубины в условиях мелководья. На основании этих представлений, получивших впоследствии известность как «теория опускания», Ч. Дарвин установил возможность последовательного перехода во времени береговых рифов в барьерные и атоллы (рис. 20).

В природе эпейрогенические движения представляют собой сложный процесс чередования различной интенсивности нисходящих, восходящих движений и периодов стабилизации, что находит отражение в строении органогенных массивов. Характер развития построек во времени и общая их форма в большой

мере определяются соотношением скоростей погружения фундамента и роста каркасных организмов. Непрерывное равномерное наращивание каркаса вверх происходит только в том случае, если скорости роста известковых организмов будут соответствовать скорости опускания фундамента и компенсировать это погружение формированием вертикальных биогенных структур. Стабильный режим нисходящих движений обеспечивает длительное развитие органогенных сооружений большой мощности, которая в общем виде будет соответствовать амплитуде тектонического погружения дна бассейна.

В том случае, когда прогибание фундамента превышает скорость роста известковывделяющих организмов, органогенные постройки окажутся в результате погруженными ниже оптимальной глубины, лимитирующей рост их относительно снабжения светом, кислородом и т. д. и в конечном счете прекратят свое существование. В случае преобладающего поднятия, а также режима стабильного покоя вновь образующиеся каркасные структуры будут постоянно размываться и отлагаться в виде обломочных фракций на прилегающие участки дна. В таких условиях мощность органогенных построек будет небольшой при значительном распространении биокластических шлейфов. При более интенсивных воздыманиях органогенные постройки могут оказаться выше уровня моря и, превратившись в биогенные острова, попасть в область размыва. Прерывистые, пульсационные эпейрогенические движения вследствие периодического прекращения и возникновения оптимальных условий для развития органогенных построек приводят к образованию дискретных тел, которые размещаются в разрезе на разных стратиграфических уровнях. В результате могут возникать специфически построенные биоритмиты (см. разд. 1.2.3, рис. 14).

Подобные влияния на развитие ископаемых построек имеют эвстатические колебания уровня моря, вызванные климатическими причинами или изменением объема морских впадин [Васильковский Н. П., 1960 г.]. Повышение или понижение океанического уровня аналогичным образом нарушает диапазон глубин между оптимальным положением построек на дне бассейнов и урезом воды. В начале XX в. появилась так называемая теория «ледникового контроля», выдвинутая Р. А. Дэли [Daly R. A., 1915], который пытался опровергнуть тектоническую концепцию Ч. Дарвина. Однако последующее изучение современных рифов подтвердило ведущее значение тектоники, которая в сложном взаимодействии с эвстатическими процессами определяет развитие органогенных построек. Взаимодействие это выражается в изменении расстояния между дном бассейна, где обитает каркасные организмы, и уровнем моря.

Периодические изменения уровня моря приводят к формированию трансгрессивных и регрессивных серий отложений и связанных с ними комплексов органогенных построек. Пред-

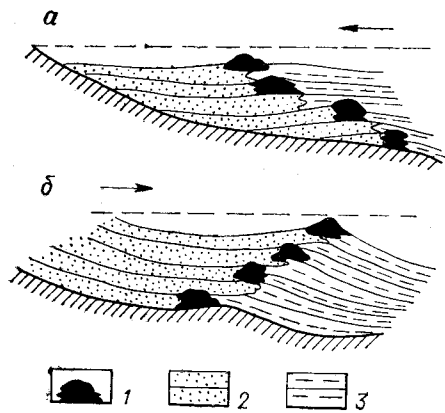


Рис. 21. Схема смещения органогенных построек в разрезе при изменении уровня моря. а — при трансгрессии в сторону берега; б — при регрессии в сторону моря: 1 — органогенные постройки; 2 — мелководные прибрежные или лагунные фации; 3 — фации открытого бассейна.

сохраняются участки, пригодные для их роста. В этом случае для крупных построек (рифов, биогермных массивов и др.) будет наблюдаться постепенное смещение рифовых фаций в сторону берега с последовательным перекрытием зарифовых отложений рифовыми известняками. Отдельные мелкие тела (биогермы) при трансгрессиях будут мигрировать в сторону берега совместно с вмещающими фациями, образуя серию изолированных тел на разных стратиграфических уровнях. Более молодые постройки будут располагаться при этом в полосе, сдвинутой в сторону берега (рис. 21).

При регрессиях, в условиях общего падения уровня моря, наблюдается обратная картина миграции фаций с органогенными постройками — в сторону центральных частей бассейна.

Вновь возникающие, более молодые постройки размещаются в более удаленных от берега зонах, перекрывая последовательно глубоководные отложения. Общая полоса развития органогенных построек постепенно сдвинется в сторону моря. При четко выраженном трансгрессивном или регрессивном характере развития бассейна наблюдается резкое смещение зон распространения разновозрастных построек и вмещающих фаций соответственно в сторону берега или моря. При пульсационных изменениях уровня моря возникает «размазанная», сложная зона с незначительными латеральными смещениями разновозрастных построек и пилообразными замещениями мелководных и глубоководных фаций (см. рис. 72). Таким образом, в зависимости от направленности развития бассейнов образуются

ставления об общих закономерностях пространственной миграции фаций с органогенными постройками во времени, в процессе развития бассейнов, после работ Т. А. Линка [Link T. A., 1950] и Ф. Р. Хенсона [Henson F. R., 1950] известны как «теория трансгрессивных и регрессивных рифов» [Кузнецов В. Г., 1971; 1978; Mesolella K. J., Sealy H. A., Matthews R. K., 1970 г.]. При трансгрессиях, в условиях повышения уровня моря, органогенные постройки могут оказаться на глубинах, неблагоприятных для обитания каркасных организмов. В то же время в прибрежной полосе моря

трансгрессивные или регрессивные комплексы органогенных построек.

В целом от соотношения скоростей прогибания дна бассейна, эвстатических изменений уровня моря и роста каркасных организмов, а также длительности однонаправленных движений зависят конфигурация и мощность геологических тел. Если скорость прогибания фундамента (или суммарная скорость увеличения расстояния между дном бассейна и уровнем воды) будет соответствовать или чуть превышать скорость роста, то оптимальный режим для существования организмов сохранится при интенсивном вертикальном нарастании каркасных структур. В результате возникают тела, вытянутые в высоту (дилофоидный морфологический тип построек, см. разд. 1.2.2.2). Если скорость прогибания окажется меньше скорости роста организмов, то вертикальные каркасные структуры подвергаются интенсивному размыву, бентосные организмы распространятся преимущественно латерально в экологически наиболее благоприятные зоны. Вследствие этого образуются тела монолофоидного типа преимущественно линзовидной формы, вытянутые по горизонтали, с преобладанием длины относительно мощности [Задорожная Н. М., 1975].

1.5.3. ОБЩИЕ КРИТЕРИИ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ИСКОПАЕМЫХ ПОСТРОЕК

Завершая краткий обзор условий, контролирующих развитие органогенных построек, необходимо еще раз подчеркнуть, что формирование их определяется комбинацией взаимосвязанных факторов внешней среды: палеогеографических, тектонических, эвстатических, а также наличием каркасных организмов, способных интенсивно продуцировать карбонатное вещество. Палеогеографические факторы определяют конфигурацию и общий рисунок размещения лито-фациальных и палеоэкологических комплексов на площади в каждый момент существования построек, тектонические (темпы и режим тектонических движений) и эвстатические — ответственны за длительность непрерывного существования построек, их мощность и общую форму геологических тел в разрезах (вытянутость, уплощенность). Суммарная скорость роста известьевыделяющих организмов, их способность компенсировать прогибание субстрата нарастающим вертикально вверх твердым каркасом обеспечивают накопление общих масс биогенного карбоната.

Многочисленность комбинаций определяющих и лимитирующих факторов среды приводит не только к большому морфологическому разнообразию, но и к уникальности строения каждой постройки, а также способов их комбинаций в пространстве. Общие закономерности их строения, а также пространственного размещения могут быть выявлены только в результате

Критерии систематизации ископаемых органогенных построек
(Н. М. Задорожная, Р. Э. Эйнасто)

А. АБИОТИЧЕСКИЕ

1. Морфологические

Размеры и сложность внутреннего строения		Способы пространственного размещения	
Мелкие, простые постройки	Крупные и сложные постройки, состоящие из простых построек и сопутствующих пород	Одиночные постройки	Группировки построек
1. Элементарные: капитлы 2. Простые: а) биостромы б) биогермы	1. Сложные массивы: а) биостромные б) калиптровые в) биогермные 2. Сложно-дифференцированные массивы: а) рифоидные б) рифовые	1. Элементарные 2. Простые 3. Сложные 4. Сложно-дифференцированные	1. Биогермный пласт 2. Биоритмит 3. Биогермная грядка 4. Органогенная полоса 5. Рифовая система

II. Палеогеографические

а) Батиметрическое положение построек в палеобассейне

Ниже базиса волнового воздействия	В мелководной турбулентной зоне при равномерных, постоянных глубинах	В зоне постоянных волнений при значительном перепаде глубин. Постройки образуют волнолом
1. Элементарные 2. Простые 3. Сложные	1. Элементарные 2. Простые 3. Сложные 4. Сложно-дифференцированные: рифонды	Сложно-дифференцированные: рифы, рифонды

б) Типы построек в зависимости от положения в палеобассейне

Шельфовые	Внутриконтинентские	в) Типы построек в зависимости от направленности развития палеобассейнов
1. Внутренние: а) береговые б) удаленно-отмелевые 2. Краевые	1. Береговые 2. Краевые	Регрессивные комплексы органогенных построек Трансгрессивные комплексы органогенных построек

III. Тектонические (геоструктурные)

Платформенные	Геосинклинальные	Переходные (в зонах сочленения платформ и геосинклиналей)
1. В зонах крупных флексур, целочек антиклиналей, на склонах крупных сводов 2. На бортах некомпенсированных прогибов 3. На крыльях и сводах мелких структур второго порядка 4. На бортах авлакогенов	1. В узких, линейных зонах поднятий 2. На склонах линейных прогибов 3. На мелких флексурах, антиклиналях, вершинах вулканических конусов 4. В зонах срединных массивов	На платформенных склонах перикратонных прогибов

Б. БИОТИЧЕСКИЕ

Состав палеобиоценозов

Продукты (водоросли)	Консументы (животные)	Продукты и консументы (водоросли и животные)
1. Элементарные 2. Простые 3. Сложные 4. Сложно-дифференцированные	1. Элементарные 2. Простые 3. Сложные	1. Элементарные 2. Простые 3. Сложные 4. Сложно-дифференцированные

ПРЕДПОЛЕВАЯ ПОДГОТОВКА

2.1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Общие вопросы предполевой подготовки, такие как организация партии, достаточно полно рассматриваются в специальной литературе [Апродов В. А., 1952 г.; Голубятников В. Д., 1954 г., и др.], Методических руководствах... [1954—1978] и в серии Методических указаний по геологической съемке масштаба 1 : 50 000 [1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1980].

Не останавливаясь на общеизвестных положениях, отметим лишь некоторые особенности подготовки к полевым работам при крупномасштабном геологическом картировании в районах распространения органогенных построек.

1. Организация партии, составление проекта работ и обеспечение ее необходимым оборудованием ничем не отличаются от такового при крупномасштабном картировании любых отложений. Здесь полезно отметить лишь два момента. Во-первых, если в районе работ известно широкое развитие ископаемых органогенных построек, то, учитывая сложность их картирования, в штате партии желательно предусмотреть литолога и палеонтологов, специалистов по ведущим группам каркасостроящих организмов. И, во-вторых, для работы в районах распространения органогенных построек совершенно обязательно иметь аэрофотоснимки, а также, кроме топоосновы масштаба 1 : 50 000, более крупномасштабные карты — 1 : 25 000 и даже 1 : 10 000 — для составления детальных карт и схем при картировании сложнопостроенных органогенных массивов.

2. Предварительное аэрофотодешифрирование. Перед выездом на полевые работы полезно составить предварительную геологическую карту в заданном масштабе, используя аэрофотоснимки. Аэрофотометодам при геологическом картировании посвящена обширная литература, где в ряде случаев упоминается о дешифрировании карбонатных отложений [Методическое руководство по геологической съемке..., 1954, 1978; Высоцкий В. П., 1962 г., и др.]. Однако не известно специальных исследований по дешифрированию аэрофотоснимков для областей развития органогенных построек.

Массивные известняки, слагающие органогенные постройки, относятся к породам со слабой дешифрируемостью: в них невозможно определить, а тем более измерить элементы залегания

детального палеоэколого-литологического изучения самих построек, а также общего фациального анализа вмещающих отложений. Но при этом необходимо учитывать, что по строению геологических тел внешне сходные морфологические типы органогенных построек могут формироваться в совершенно различных палеогеографических обстановках. Поэтому для интерпретации условий осадконакопления недостаточно ограничиваться выделением морфологических типов построек, что является задачей первого этапа их изучения, а желательнее систематизировать их с учетом более широкого спектра признаков, которые могут быть подразделены на биотические и абиотические (табл. 5). Абиотические объединяют морфологические, палеогеографические и тектонические критерии. Морфологические определяют тип построек и способы их пространственной группировки. Палеогеографические включают батиметрическое положение построек относительно базиса волнового воздействия, принадлежность их к структурно-фациальным зонам палеобассейна и к регрессивным или трансгрессивным комплексам отложений. Тектонические критерии устанавливают приуроченность построек к определенным геоструктурным элементам земной коры. Биотические признаки касаются состава палеобиоценозов и, в частности, соотношения в них животных и растительных организмов, что имеет значение для различения рифовых и нерифовых фаций.

В целом комплексный подход к систематизации ископаемых построек позволяет увязать формирование их с развитием древних бассейнов осадконакопления, а также принадлежность их к определенным типам формаций.

ния, дешифрировать маркирующие горизонты и т. п., поскольку выходы этих известняков на аэрофотоснимках имеют вид бесструктурных светлых пятен. И тем не менее, светлая окраска органогенных известняков позволяет оконтурить их, особенно если они образуют изолированные тела среди вулканогенных и терригенных пород, имеющих более темную окраску. Поэтому в задачу предварительного дешифрирования при изучении участков с распространением органогенных построек входит оконтуривание площадей распространения карбонатных массивов, выделение и прослеживание отдельных тел и гряд известняков, перенос результатов дешифрирования на топооснову с целью составления предварительной карты.

Особенности внутреннего строения карбонатных массивов в ряде случаев возможно наметить по формам выходов известняков в рельефе, отраженных на аэрофотоснимках. Для этого могут быть использованы данные о связи геоморфологической формы выходов известняков с внутренним строением карбонатных толщ (см. разд. 3.5). Так, массивные органогенные известняки с уплощенными биогермами при пологом залегании дают мелкосопочный рельеф, что хорошо отражается на аэрофотоснимках и может быть учтено при предварительном дешифрировании. И наоборот, выходы органогенных известняков в виде скал, останцов, отчетливо выделяющихся на аэрофотоснимках, позволяют предполагать наличие монобиогермных массивов и рифов. При этом надо иметь в виду, что расчлененный рельеф с крутыми склонами и оврагами образуют также выходы слоистых известняков и доломитов. В этом случае на снимке удастся иногда обнаружить чередование тонких полосок, отражающих слоистое строение толщи. Тектонические нарушения в поле развития карбонатных толщ часто имеют выраженные в рельефе отчетливые уступы, которые дешифрируются на аэрофотоснимках.

Предварительное дешифрирование аэрофотоснимков дает также полезную информацию для определения участков лучшей обнаженности. Это позволяет наметить схему размещения маршрутов и разрезов.

Сведения, получаемые при дешифрировании, не всегда оправдываются в полевых условиях. Поэтому предварительные варианты дешифрирования должны быть проверены полевыми исследованиями.

3. Изучение материалов предыдущих исследований. В предполевой период геолог должен ознакомиться с основными материалами по району предстоящих исследований, которые включают опубликованную литературу, а также фондовые отчеты, докладные записки, разнообразные карты (геологические, тектонические и т. д.) и планы по району работ. Изучение этих материалов позволяет наряду со сведениями об общем геологическом строении района установить присутст-

вие ископаемых органогенных построек, выявить их масштаб и возможные зоны распространения. Если в районе работ не проводились тематические исследования, то в материалах предшествующих мелкомасштабных съемок, как правило, отсутствуют детальные сведения об ископаемых постройках. В лучшем случае в отчетах имеются упоминания о толщах массивных органогенных известняков, которые включаются при описании разрезов в качестве составных элементов. Поэтому при анализе имеющихся материалов необходимо внимательно относиться к описанию карбонатных образований, обращая особое внимание на упоминание линз известняков среди пород иного литологического состава, светлых массивных известняков с обилием органики, которые могут оказаться органогенными постройками. На картах желательно определить зоны распространения таких известняков для последующего выявления их природы. Косвенные сведения можно получить, анализируя списки органических остатков, среди которых могут преобладать каркасообразующие формы (кораллы, известковые водоросли и т. п.), потенциально возможные строители ископаемых построек. Все полученные материалы необходимо задокументировать, нанести на предварительную карту и тщательно проанализировать.

2.2. КРАТКИЙ ОБЗОР ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ОРГАНОГЕННЫМ ПОСТРОЙКАМ

Успех работы при картировании отложений с органогенными постройками во многом определяется тем, насколько геолог-съемщик ориентируется в вопросах их типизации и методов изучения. Поэтому перед началом и в процессе работ желательно ознакомиться с основополагающими работами по ископаемому и современным постройкам, которым посвящена обширная литература. В данном пособии приводится самый минимальный список имеющихся работ.

Первые крупные публикации по современным рифам появились в прошлом веке. Среди них наиболее важны труды Ч. Дарвина [русск. пер. 1936], А. Агасица [Agassiz A., 1896 г.], И. Вальтера [Walther J., 1888 г., 1893—1894 гг.]. Для последних 25 лет характерно связывание проблем рифогенеза и нефтепоисковой геологии, что видно уже из многочисленных названий работ: «Геология и нефтегазоносность рифовых комплексов юга СССР» [1978 г.], монография В. Г. Кузнецова «Геология рифов и их нефтегазоносность» [1978] и из обширных глав, посвященных рифам, в таких работах, как «Геология нефти» [1970 г.], «Геология гигантских месторождений нефти и газа» [1973 г.].

Большой вклад в изучение рифовых образований внесли советские геологи. В нашей стране за последние 30 лет опубликованы сборники и монографии, посвященные этой проблеме.

Они базируются на богатом фактическом материале, полученном в процессе геологической съемки, тематических исследований и поисковых работ. Широко известны обобщающие сводки по рифам Д. В. Наливкина [1956, т. I], А. И. Равикович [1954]. Большой интерес представляет сборник «Ископаемые рифы и методика их изучения» [1968]. В нем разбираются теоретические вопросы по ископаемым органогенным постройкам, их классификация и приводятся материалы по изучению построек различного возраста. Взгляды советских специалистов на классификацию ископаемых органогенных построек отражены также в Решениях IV палеозолого-литологической сессии [1968]. Этой проблеме посвящены также статьи Н. И. Андрусова [1915 г.], И. К. Королюк, М. В. Михайловой [1970, 1977], И. Т. Журавлевой [1966], И. Т. Журавлевой, А. И. Равикович [1973], И. Т. Журавлевой, Е. И. Мягковой [1979]. Большое внимание этому вопросу уделено в работах В. П. Маслова [1950, 1961а, б, 1966], И. К. Королюк [1952], Г. Ф. Крашенинникова [1968], М. В. Михайловой [1959, 1968], Е. В. Краснова [1968], В. П. Шуйского [1973], В. Г. Кузнецова [1971, 1978] и многих других. В 1975 г. издана коллективная монография «Ископаемые органогенные постройки, рифы, методы их изучения и нефтегазоносность», созданная И. К. Королюк, М. В. Михайловой, А. И. Равикович, Е. В. Красновым, В. Г. Кузнецовым, Ф. И. Хатяновым, которая является в нашей стране первым справочным руководством. В то же время эта работа и итоговая. В ней систематизирован материал, накопленный советскими геологами к началу 70-х годов с учетом достижений зарубежных ученых.

На материалах совещания в МОИП был создан сборник «Литология и палеогеография биогермных массивов» [1975]. Он содержит принципиально важную работу Г. Ф. Крашенинникова «Карбонатная рифовая формация» и разбор особенностей рифовых образований разного возраста.

Общим вопросам морфологии органогенных построек и эволюции организмов-рифостроителей в геологической истории посвящен ряд статей в серии сборников «Среда и жизнь в геологическом прошлом» [1973 г., 1974 г., 1977 г., 1979 г.] и «Организм и среда в геологическом прошлом» [1966 г.].

Советскими геологами и океанологами проведены большие исследования по современным рифам и обобщению связанных с ними материалов. Насыщена фактами работа А. П. Лисицына и В. П. Петелина «Коралловые рифы и связанные с ними осадки» в сборнике «Тихий океан. Т. 2» [1970], сборник «Биология коралловых рифов» [1980 г.], статья В. Т. Фролова [1975 г.], работы Б. В. Преображенского [Preobrazhensky V. V., Trophodynamical structure of coral reef.—XIV Pacific Congress, 1977 г.; Phipps C. V. G., Preobrazhensky V. V. Morphology, development and general coral distribution of some reefs

of the Lau Islands, Fiji.—Mem. du B. R. G. M., п. 89, 1977 г.]. Всесторонне разобраны особенности современного рифообразования в главе «Коралловые рифы» из книги «Морская геология» Ф. П. Шепарда [1976 г.].

Большое внимание уделено рифам в обзоре Д. К. Патрунова, Т. Н. Голубовской «Современное карбонатообразование» [1976 г.].

В разные годы на русском языке вышли переводные работы зарубежных исследователей. Среди них сборник «Геология и нефтегазоносность рифовых комплексов» [1968], посвященный строению и экономическому значению рифовых комплексов на территории Северной Америки.

Среди иностранных (непереведенных) работ наибольший интерес представляют труды совещаний Ассоциации американских геологов-нефтяников, посвященные органогенным постройкам, опубликованные в «Бюллетене американской ассоциации нефтяных геологов» [Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 34, п. 1, 1950 г.] и в сборниках «Классификация карбонатных пород» [Classification of carbonate rocks. A symposium Amer. Assoc. Petrol. Geol., mem. 1, 1962] и «Рифы во времени и пространстве» [Reefs in time and space. Soc. Econ. Paleont. and mineral. Spec. Public. Tulusa, Oklachoma, п. 18, 1974], в которых рассматриваются различные аспекты современных и ископаемых рифов и широко используется актуалистический принцип. Для сравнительного анализа современного и древнего рифообразования существенный интерес представляет работа В. Г. Максвелла «Атлас Большого Барьерного рифа» [Maxwell W. G. Atlas of the Great Barrier Reef. Amsterdam, 1968]. Большой фактический материал по современным рифам собран в двухтомнике «Биология и геология коралловых рифов» [Biology and geology of coral reefs. New York—London, Acad. Press., v. 1, 1973 г.; v. 2, 1974 г.]. В работе Р. Эллой «О некоторых рифовых обстановках палеозоя» [Elloy R. Reflexions sur quelques environnements recifaux du Paleozoique.—Bull. Cent. Rech. Pau, v. 6, п. 1, 1972 г.] показано многообразие древних рифовых образований и зависимость их морфологии от различных — географических и тектонических — факторов среды. В этой работе большое внимание уделено органогенным образованиям типа иловых бугров и банок. Подобные образования разбираются также в работе А. Ли, Б. Ноеля, П. Бой [Lees A., Noel B., Bouw P. The Waulsortian reef of Belgium.—Mem. Inst. geol. Univ. Lovain., п. 29, 1977 г.]. Примером детального и тщательного литологического исследования древних рифов может служить монография А. А. Мантена «Силурийские рифы Готланды» [Mantén A. A. Silurian reefs of Gotland. Amsterdam, Elsevier, 1971 г.]. Среди отдельных статей общеметодического направления можно указать работу Ц. Дж. Брейтвэна [Braithwaite Z. Y., 1973 г.] «Риф: только ли

проблема семантики?», где сопоставляется понимание современных и ископаемых рифов.

Общий обзор «Развитие рифов в истории Земли» приводится К. С. Кузьминской и В. Е. Хаиным [1964], В. Твенховелом [Twenhofel W. H. Coral and other organic reefs in geologic column.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., v. 34, n. 2, 1950 г.] и П. Геккелем [Heckel P. H. Carbonate buildups in the Geologic Record: a review.— Reefs in time and space.— Soc. Econ. Paleontol. and Mineral. Spec. Publ., n. 18, 1974].

Геологам полезно знать литературу по органогенным постройкам разного возраста. Поскольку она очень обширна, ниже указываются лишь примеры, относящиеся к тому или иному подразделению стратиграфической шкалы по наиболее характерным областям рифообразования.

Кайнозойские органогенные постройки в нашей стране известны в Крыму [Андрусов Н. И., 1961], [Белокрыс Л. С., 1973 г.], в Приднестровье [Королюк И. К., 1952], в Молдавии [Янакевич А. Н., 1977 г.; Саянов В. С., 1968]. За рубежом они находятся в области Средиземного моря, в частности в Испании, в Израиле, на Мальтийских островах [Pedley H. M., 1979 г.]. В Северной Африке известны нуммулитовые банки [Descouez D., Lanterno E., 1979 г.]. Рифовые постройки широко распространены в районе Карибского моря, его островного обрамления и Флориды [Frost S. H., 1977 г.; Стенли С. М., 1968 г.], а также в тропических и субтропических областях Тихого и Индийского океанов.

Меловые постройки в основном связаны с Тетисом и встречаются от Кавказа до Пиренейского полуострова, а также в области Карибского бассейна. Они известны в Крыму, на Кавказе, Средней Азии, а также в Карпатах, Балканах, Альпах, на Ближнем и Среднем Востоке. Описание построек этого возраста имеется в работах В. Е. Железняка, А. Е. Каменского [1978 г.]; Е. И. Кузьмичевой [1975 г.]; Г. Е. Сихарулидзе [1970 г.]; В. Г. Чернова [1969 г.]; Enos P. [1974 г.]; Petta T. J., Gerhard L. C. [1977 г.].

Юрские постройки распространены в области Тетиса от Средней Азии до Франции и Марокко. Они известны в Англии, Испании, Алжире, Северной Америке. В нашей стране мощные, в том числе и типично рифовые, сооружения развивались на территории Крыма, Молдавии, Донбасса, Кавказа, на Памире и Сахалине. Юрские органогенные постройки находятся также на Дальнем Востоке, в Сибирском Приуралье (по данным бурения). Примеры описания построек этого возраста имеются в работах М. Х. Арифджанова [1975 г.]; Н. В. Безносова, В. А. Ильина, Л. Н. Смирнова [1978 г.]; Н. С. Бендукидзе [1978]; Е. В. Краснова, В. О. Савицкой [1973 г.]; М. В. Михайловой [1968, 1970 г.]; Н. К. Фортунатовой, И. Г. Михеева [1975 г.], Du Driesnay R. [1971 г.]; Eliuk L. S. [1978 г.] и др.

Триас. Этот период геологической истории сравнительно мало охарактеризован описаниями рифовых образований, которые, по-видимому, распространены очень локально. Они известны в Кордильерах, Альпах, Карпатах, на Кавказе и в Средней Азии и Приморье [Рейман В. М., 1964 г.; Leonardi P., 1961 г., и др.].

Пермские рифы широко развиты в СССР и за его пределами. В распределении рифовых образований этого времени ведущая роль принадлежит бассейнам, связанным с замыкающимися палеозойскими океанами, ориентированными под углом к Тетису, а также с обширными эпиконтинентальными впадинами (например, цехштейновое море). Область их распространения в СССР охватывает полосу от Каспийского моря до Полярного Урала [Королюк И. К., Кириллова И. А., 1973 г.; Шапов Д. В., 1969 г.; Шапов Д. В., Камалетдинов М. А., 1968 г.; Раузер-Черноусова Д. М., 1950 г., и др.]. В Западной Европе органогенные постройки связаны с цехштейном. В пермское время сформировался мощный рифовый комплекс в Скалистых горах на юге США [Adams J. E., Frenzel H. N., 1950 г.]. Они известны также в Тунисе [Newell N. D., Rigby J. K. e. a., 1976 г.] и на северо-западе Северной Америки [Davis G. R., 1970 г.].

Карбоновые органогенные постройки и рифы в СССР описаны из Предуралья, включая его арктическое продолжение [Елисеев А. И., 1971 г.; Смирнов Г. А., 1968 г.], в бассейнах Восточно-Европейской платформы [Антропов И. А., 1972 г.] и в Верхоянье [Красный Л. И., 1976 г.]. Область распространения рифовых образований в Европе в основном связана с Англией и Ирландией. Они известны также на Шпицбергене, в Сахаре и Японии, в ряде штатов США: Дакота, Техас, Нью-Мексико, Колорадо, Монтана, Оклахома [Leeder M. R., 1972 г.; Lees A., 1964 г., и др.].

В девонский период органогенные постройки были распространены широко и тяготели к бортам геосинклинальных бассейнов, к внутригеосинклинальным поднятиям, а также к перикратонным прогибам. Местом формирования органогенных построек служили также борта внутриконтинентальных рифтов. В СССР девонские органогенные постройки известны на Урале [Шуйский В. П., 1973], на Вайгаче и Новой Земле [Патрунов Д. К., 1975 г.], на востоке Восточно-Европейской платформы, в Днепровско-Донецком и Припятском авлакогенах. Они распространены на Тянь-Шане, в Кызылкуме [Пятков К. К., Пяновская И. А., Быковский Ю. К. и др., 1969 г.] и в Саяно-Алтайской горной области [Бельская Т. Н., 1975 г.], на севере Сибири. Девонские органогенные постройки развиты в бассейнах Центральной Европы [Krebs W., 1974 г.; Lecomp M., 1958 г.], на севере Пиренейского полуострова, в Марокко и Алжире, встречаются в Афганистане и Пакистане. Девонский рифовый пояс

известен в Западной Австралии [Playford Ph. E., 1969 г.]. Рифы характерны для девонских отложений Канады и встречаются в ряде штатов США, где известен Большой Барьерный риф среднедевонского возраста в Пенсильвании.

В силуре органогенные постройки пользуются широким распространением, тяготея в основном к окраинам древних континентов и к мелководным зонам перикратонных и эпиконтинентальных бассейнов, обладавших отчетливо выраженной центральной впадиной. В СССР они описаны из Прибалтики [Аалое А. О., Нестер Х. Э., 1977 г.], Подолии [Елтышева Р. С., Предтеченский Н. Н., Сытова В. А., 1971 г.], Приполярного Урала [Антошкина А. И., 1978 г.], Вайгача, Новой Земли, севера Средней Сибири, Верхоянья, Северо-Востока, Средней Азии. Силурийские рифовые барьеры протягиваются вдоль западного склона Урала и на юге Западной Сибири. Органогенные постройки обнаружены в силуре Японии и Пакистана. В Европе силурийские органогенные постройки известны в разрезах на о. Готланд [Mantel A. A., 1971 г.] и в Англии. В западном полушарии они описаны в Канаде и Гренландии, но исключительно большое развитие получили в Мичиганском и Иллинойском бассейнах на территории США [Shaver R. H., 1977 г.]

В ордовике органогенные постройки распространены не широко, как правило, небольшие по размерам и тяготеют преимущественно к эпиконтинентальным бассейнам.

В СССР ордовикские органогенные постройки отмечены в основном в Казахстане (Андеркенская биогермная гряда..., 1974), в Прибалтике [Мяньиль Р. И., Эйнасто Р. Э., 1968]. Есть указания на их присутствие в ордовикских толщах на Таймыре и Новой Земле, в Прибайкалье [Королюк И. К., 1968]. В Западной Европе они описаны в Швеции [Януссон В., 1979 г.]. Известны они также в ряде штатов США и на востоке Канады [Pitcher M., 1969 г.]

Кембрийские карбонатные толщи довольно богаты органогенными постройками. В СССР они распространены на Сибирской платформе [Журавлева И. Т., 1966, 1972, 1979; Геология рифовых систем..., 1979; Драгунов В. И., Штейн Л. Ф., 1963 г.], в Саяно-Алтайской области [Задорожная Н. М., 1974, 1975], в Бурятии [Язмир М. М., 1961], на Урале [Королюк И. К., 1975]. За рубежом они известны на западе Канады и в ряде штатов США, а также в Марокко, Испании [James N. P., Kobluk D. R., 1978 г.; Debrenn F., 1975 г., 1979 г.]

Докембрийские строматолитовые постройки широко распространены в нашей стране в Западном Прибайкалье [Королюк И. К., 1968], в Карелии [Крылов И. Н., 1963 г.; Сацук Ю. К., Кононова Г. М., 1975 г.], на Урале [К стратиграфии..., 1969 г.], за рубежом — в Северной Америке, Африке, Австралии, Европе и Азии.

3

ГЛАВА

МЕТОДЫ ПОЛЕВОГО ИЗУЧЕНИЯ И КАРТИРОВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЕК

3.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ ОТЛОЖЕНИЙ С ОРГАНОГЕННЫМИ ПОСТРОЙКАМИ

Своеобразие строения ископаемых органогенных построек и такие их свойства, как массивность, отсутствие седиментационной слоистости, резкие контакты, обычно вызывают большие затруднения при геологической съемке. Наиболее сложным при этом оказываются определение их залегания, стратиграфическое расчленение и корреляция с вмещающими толщами. Трудность картирования ископаемых построек усугубляется также тем, что они слагают обособленные геологические тела, которые по форме, внутреннему строению, составу органических остатков не идентичны соседним, даже близко расположенным постройкам, т. е. каждая из них представляет собой в известной степени уникальную литолого-фациальную и палеоэкологическую систему. Поэтому результаты изучения одной постройки не могут быть механически распространены на другие. Хотя, в общем, в размещении их проявляются определенные закономерности, отражающие фациальную зональность в бассейнах осадконакопления.

В связи с этим перед геологом-съемщиком возникает ряд достаточно сложных проблем, связанных с картированием ископаемых построек. В процессе съемки необходимо изучить их форму, размеры и контакты, выявить литологические особенности пород, состав органических остатков, фациальную и экологическую зональность, установить стратиграфический объем и корреляцию с вмещающими отложениями, определить связь построек с тектоническими структурами. В целом составление качественной крупномасштабной геологической карты предусматривает решение следующих задач: 1) изучение и картирование органогенных построек как конкретных геологических тел; 2) типизация и выяснение общих закономерностей в размещении их на площади и в разрезе; 3) поиски и предварительная оценка полезных ископаемых, приуроченных к органогенным постройкам; 4) палеогеографические реконструкции, на основе которых прогнозируются возможные месторождения полезных ископаемых. В результате восстанавливаются генетические типы построек, обстановки осадконакопления, выявля-

ются участки, перспективные на полезные ископаемые, оконтуриваются зоны возможного их распространения.

Для успешного решения поставленных задач необходимо применение специальной методики картирования органогенных построек. Предлагаемые в данном пособии методы касаются разных аспектов их изучения и рассматриваются отдельно. Но в ходе геологической съемки все они должны использоваться комплексно и одновременно, дополняя друг друга. В. П. Маслов писал по этому поводу, что «рифогенные фации, отличающиеся очень пестрой и быстрой фациальной изменчивостью, требуют сугубой педантичности в их исследовании и отхода от стандарта, применяемого к другим породам. Наиболее приемлем комплексный метод исследования фауны, флоры, литологии и геологии района» [1961а, с. 447].

3.2. РАЗМЕЩЕНИЕ МАРШРУТОВ

Выбор рациональной сети маршрутов, густота и расположение их на местности при картировании органогенных построек зависят от их размеров, способов размещения на площади, а также от степени обнаженности. В целом же, учитывая необычайно быструю фациальную изменчивость отложений с органогенными постройками, рекомендуется более густая, чем это предусматривается инструкциями, сеть маршрутов. Маршрутные пересечения желателен проводить с интервалом 100—200 м.

В начале полевых работ проводятся рекогносцировочные маршруты на участках предполагаемого распространения органогенных построек. Неоценимую помощь при этом могут оказать аэрофотоснимки и аэровизуальные наблюдения, поскольку выходы светлых известняков отчетливо фиксируются на местности. На полевую геологическую карту наносятся зоны распространения и общая форма их выходов на дневную поверхность. При этом может быть несколько вариантов размещения построек, которыми определяется дальнейшая схема их изучения.

1. Отдельные, сравнительно небольшие, элементарные и простые постройки (калитры, биостромы и биогермы) залегают в виде мелких изолированных тел среди терригенных, эффузивно-терригенных и карбонатных отложений и не нарушают общего залегания стратифицированных вмещающих толщ. Как правило, на площади они группируются в виде протяженных цепочек и полос. Таковы, например, нижнекембрийские органогенные постройки Тувы [Маслов В. П., 1949], ордовика и силура Прибалтики [Мянниль Р. М., Эйнасто Р. Э., 1968 г.], среднесарматские биогермы в Молдавии [Саянов В. С., 1968 г.] и многие другие. При подобном размещении рекомендуется серией параллельных маршрутов, заданных вкрест простирания, определить общий стратиграфический объем пачки, содержа-

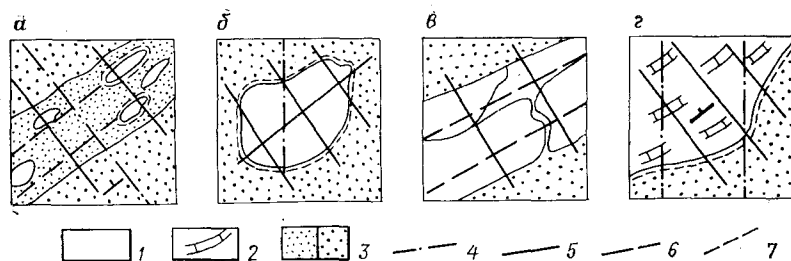


Рис. 22. Принципиальная схема размещения маршрутов при картировании различных типов органогенных построек (Н. М. Задорожная).

а — изолированные, мелкие органогенные постройки среди слоистых отложений; *б* — крупные, изолированные массивы; *в* — протяженные гряды массивных известняков, сложенные комплексом различных типов органогенных построек; *г* — рифогенно-аккумулятивные толщи массивных известняков; 1 — органогенные постройки; 2 — рифогенно-аккумулятивные известняки; 3 — вмещающие отложения; 4—7 — виды маршрутов (4 — рекогносцировочные, 5 — пересечения, 6 — по простиранию толщ, 7 — оконтуривания).

щей в своем составе постройки, и по возможности проследить распространение их по простиранию (рис. 22). Затем составляются послойные разрезы, которые позволяют установить приуроченность различных типов построек к определенным стратиграфическим уровням, выявить ритмичность в их распределении.

2. Сложные органогенные постройки (биогермные, биостромные и рифовые массивы и др.) часто образуют крупные изолированные тела, достигающие нескольких километров в поперечнике. Примером может служить нижнепермский массив Шахтау в Приуралье, который выступает в рельефе в форме одиночной горы с диаметром более 10 км [Нижнепермский биогермный массив..., 1970]. При картировании подобных тел необходимо провести серию маршрутов, оконтуривающих их выходы на дневную поверхность, в сочетании с маршрутами, пересекающими массив в нескольких направлениях (рис. 22). В разных частях массива и во вмещающих отложениях составляются детальные стратиграфические разрезы.

3. Протяженные цепочки или сплошные гряды образованы сочетанием различных типов органогенных построек, связанных пространственно и генетически. Протяженность подобных гряд может достигать десятков и сотен километров при мощности в сотни метров, как, например, «герцинские» рифы Урала [Шуйский В. П., 1973]. Подобные крупные геологические тела, как правило, выходят за рамки планшета крупномасштабных карт. При этом для правильного понимания строения и генетической природы всего комплекса органогенных построек возникает необходимость исследований за пределами планшета, на продолжении выходов полосы развития органогенных построек. В целом густота и расположение маршрутов в подобных случаях зависят от сложности строения всего комплекса орнано-

генных образований. Обычно здесь преобладают маршруты пересечения и прослеживания по простиранию, реже задаются маршруты оконтуривания, если в пределах полосы органогенных построек возможно выделить обособленные тела. Основу картирования здесь также составляют серии детальных разрезов.

4. Внешне однообразные рифогенно-аккумулятивные толщи, сложенные различными типами органогенных построек и сопутствующими неотчетливо-слоистыми органогенно-обломочными известняками, могут занимать значительные площади (десятки километров), иметь большую мощность (сотни метров) и повторяться в пределах одного района на разных стратиграфических уровнях. Рациональную схему размещения маршрутов на площади выходов подобных образований возможно определить только после того, как будет установлено общее залегание толщи. Для этого задают рекогносцировочные маршруты с целью выявления наиболее обнаженных участков и последующего составления опорных стратиграфических разрезов.

Размещение и густота маршрутов зависят также от сложности строения районов работ и их обнаженности.

В горных, сильно расчлененных, районах массивные известняки слагают обычно скальные труднодоступные обнажения, изучение которых нередко ограничивается наблюдениями у подножия скал или вдоль логов, пересекающих склоны. Некоторая дополнительная информация может быть получена при осмотре скальных выходов с соседних вершин.

В равнинных районах органогенные постройки часто образуют горы-останцы, возвышающиеся среди более молодых отложений. Характерным примером этого могут служить подольские толтры [Королюк И. К., 1952]. Особое внимание в подобных случаях следует обращать на врезанные речные долины и овраги. Большую роль имеют здесь маршруты оконтуривания, в которых могут встретиться обнажения, вскрывающие контакты органогенных построек с вмещающими толщами. В платформенных, залесенных районах коренные выходы наблюдаются преимущественно вдоль рек. Массивные известняки образуют здесь также крупноскальные выходы (см. табл. XII). В условиях такой обнаженности наиболее полные наблюдения можно провести в сезон низкой воды, когда на отполированных водой поверхностях отчетливо проявляются структурные особенности органогенных известняков. В залесенных участках следует обращать внимание на высыпки в вывернутых корневищах деревьев, где находятся обломки известняков, протравленных почвенными кислотами, с хорошо видимыми органическими остатками, часто не различимыми в свежем изломе.

В районах распространения органогенных известняков обычно имеются карьеры по добыче известняка или мелкие выработки, используемые местным населением для получения извести. По-

добные искусственные обнажения следует тщательно осматривать и документировать.

Приведенные рекомендации по размещению маршрутов могут служить лишь общей схемой. Практически же при крупномасштабном картировании ископаемых органогенных построек желательно осмотреть все доступные обнажения на исследуемой площади.

3.3. ОБЩАЯ СХЕМА ИЗУЧЕНИЯ ФОРМЫ, КОНТАКТОВ И ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ

Ископаемые органогенные постройки представляют собой реальные геологические тела, которые в процессе крупномасштабной геологической съемки должны быть изучены, оконтурены и нанесены на геологическую карту в их естественных границах. Приемы изучения органогенных построек в значительной мере определяются их размерами, которые варьируют от долей метра до нескольких километров. Естественно, что для таких различных по масштабу геологических тел будут различны методы их картирования.

Отдельные, сравнительно небольшие, элементарные и простые постройки (калиптры, биогермы) при хорошей обнаженности могут полностью наблюдаться в пределах одного выхода. Все параметры их устанавливаются непосредственными наблюдениями и измерениями. Подобные тела по своим размерам не могут быть показаны в масштабе геологической карты. Изучение их проводится с целью выявления общих закономерностей строения и размещения органогенных построек, выяснения особенностей осадконакопления и палеогеографических реконструкций, а также сбора органических остатков.

Сложные органогенные постройки (биостромные, биогермные, рифовые и другие массивы) образуют обычно крупные геологические тела в десятки и сотни метров мощности и несколько километров протяженности. Такие крупные постройки не могут быть изучены в пределах одного обнажения, для этого требуются детальные геологические исследования на всей площади их развития. Определение формы и размеров подобных тел устанавливается графическим способом в процессе последовательного нанесения на топооснову всех наблюдаемых выходов. Поэтому рекомендуемый комплекс методов и приемов геологического картирования приводится отдельно для мелких (простых, элементарных) и более крупных (сложных, сложнодифференцированных) построек. Специальные аспекты их изучения (литологические, биостратиграфические и т. д.) изложены в соответствующих разделах. Здесь же рассматривается общая схема подхода к ископаемым постройкам как специфическим геологическим телам. При этом необходимо еще раз подчеркнуть, что под формой ископаемых органогенных построек при

их картировании понимается форма геологического тела, которое образуется в процессе развития органогенной постройки во времени. Прижизненная, палеогеографическая, форма органогенных построек может быть восстановлена только в результате палеогеографических реконструкций.

В целом успех работы с органогенными постройками и объем информации, которая может быть получена при их изучении, определяется главным образом качеством полевых материалов, детальностью наблюдений и осмысливанием всех фактов при полевых исследованиях. Хорошо известно, что все, что не зафиксировано в полевых дневниках, на схемах, зарисовках и т. д., никогда не может быть понято и восстановлено по памяти в камеральных условиях. Особенно это касается таких сложных объектов для геологического картирования, как ископаемые органогенные постройки. Поэтому в процессе геологической съемки одновременно с составлением геологической карты обязательны разнообразные виды полевой документации: детальные планы, схемы, более крупномасштабные карты отдельных участков, стратиграфические разрезы, литолого-фациальные профили, блок-диаграммы, массовые зарисовки и фотографии. Особое внимание следует уделять полевым рисункам. Это связано со своеобразием строения построек, которые при внешнем сходстве облика слагающих их пород обнаруживают значительное разнообразие форм и сложность внутреннего строения. Только при словесном описании их особенностей потребовались бы необыкновенно громоздкие записи. Рисунки же позволяют наглядно показать не только все детали, но и их взаимное расположение в пространстве (см. рис. 49). Выполняя зарисовки, геолог невольно обращает внимание на такие особенности, которые на первый взгляд кажутся несущественными и могут быть пропущены при осмотре обнажений. Рекомендуется делать самые разнообразные рисунки: панорамы, общий вид обнажений, отдельные обнажения, детали обнажений и т. д. Прекрасным примером широкого использования полевых зарисовок может служить классическая работа Н. И. Андрусова [1961] по мшанковым постройкам Керченского полуострова.

3.3.1. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ И ПРОСТЫЕ ПОСТРОЙКИ

I. Калиптры — наиболее мелкие (до 1 м) постройки, которые редко встречаются как самостоятельные тела, а чаще слагают биостромы, биогермы и более крупные калиптровые массивы. Одиночные калиптры могут встречаться среди терригенных, терригенно-карбонатных и карбонатных отложений. Пространственно они часто приурочены к полосе распространения биогермов, биогермных массивов и биогермных гряд.

При изучении калиптр необходимо установить их форму и размеры путем детальных зарисовок и измерений. При этом

рекомендуется обращать внимание на присутствие однотипных или разных по форме и величине калиптр на площади и в разрезе, насколько часто калиптры встречаются в пределах одного пласта. Следует выявить взаимоотношения их с вмещающими отложениями, слои которых могут облекать или утыкаться в тело калиптры (см. рис. 6). Эти наблюдения могут быть полезны для палеогеографических реконструкций. При контактах облекания естественно предположить, что калиптровые постройки развивались в момент временной приостановки осадконакопления и возвышались в виде первично твердых бугров на дне водоема. При контактах впритык, и особенно с признаками линзовидного выклинивания и срастания, рост калиптр, очевидно, сопровождался одновременным накоплением вмещающих отложений.

Для выяснения внутреннего строения необходимо отобрать серию шлифов из краевых и центральных частей построек и ориентированные образцы для шлифовок. Для этого особенно удобны мелкие калиптры, которые могут быть шлифованы полностью. На таких шлифовках обычно хорошо различаются особенности внутренней структуры.

В сложных массивах калиптры, последовательно нарастая одна на другую, плотно выполняют все пространство. При этом нередко наблюдается как подошва нарастающих сверху построек повторяет контуры нижних, служащих субстратом (табл. XI). В пределах одного биогерма или какой-то части крупного массива преобладают калиптры однотипной формы, которые могут значительно варьировать по величине: наряду с мелкими одновременно могут присутствовать и более крупные. В табл. XI показан участок калиптрового массива, который слагается разновеликими калиптрами от 2—3 до 30—50 см в диаметре. Небольшие промежутки между калиптрами могут выполняться слюистыми известняками и мергелями, измерения слоистости в которых помогают установить общее залегание калиптровых массивов. При формировании в условиях большой подвижности воды отдельные калиптры могли отрываться от субстрата и перемещаться по дну, поэтому в ископаемом состоянии могут встречаться опрокинутые калиптры. Доказательством ненарушенного их положения может служить только прижизненная ориентировка каркасообразующих организмов, согласная с общим залеганием толщ.

С поверхности калиптры обычно покрыты глинистыми пленками, вследствие чего при выветривании они легко обособляются и целиком извлекаются из породы. В изолированных обнажениях они могут быть приняты поэтому за выходы крупноглыччатых известняковых конгломератов (табл. XI). Следующие признаки позволяют отличать их от конгломератов: 1) однообразная форма калиптр в пределах одной постройки; 2) ямчато-бугристые поверхности, отражающие естественные ограничения

колониальных сообществ; 3) одновременное присутствие мелких и крупных калиптровых тел; 4) однородный состав и прижизненная ориентировка органических остатков. Для известняковых конгломератов характерны гальки разнообразные по составу, со сглаженными поверхностями и приблизительно одинакового размера.

II. Ископаемые биостромы образуют пласты различной мощности и протяженности, сходные с обычными слоистыми известняками. Поэтому они могут устанавливаться только при наличии прикрепленных известывыделяющих организмов, находящихся в положении роста и образующих твердый каркас. Если для биогерма при уничтожении органогенного каркаса процессами перекристаллизации биогермная природа может быть доказана по выпуклой форме геологического тела и взаимоотношению с вмещающими отложениями, то биостромы при исчезновении каркасных структур не будут отличаться от перекристаллизованных слоистых известняков.

При картировании биостромов используются методы, обычные для осадочных пород: для них устанавливаются мощность, протяженность, изучаются внутреннее строение, контакты с подстилающими и перекрывающими отложениями. Особое внимание надо обратить на положение биостромов в разрезе. Они могут встречаться в виде отдельных либо серии повторяющихся пластов, образующих биоритмиты (см. разд. 1.2.3). Биостромы развиваются иногда вблизи биогермных массивов (см. рис. 46), образуя протяженные «усы», как, например, в районе нижнекембрийского Кокоулинского массива в среднем течении р. Лены [Журавлева И. Т., 1972]. Биостромные пласты нередко служат цоколем для биогермных и рифовых массивов. В табл. XII показаны водорослевые биостромы в основании биогермных среднекембрийских массивов на Сибирской платформе.

При изучении внутреннего строения биостромов устанавливаются количество каркасообразующих организмов, их состав и способы размещения. Они могут располагаться равномерно, гнездообразно, зонально (см. рис. 47). Состав каркасообразующих организмов нередко изменяется по простиранию биостромных пластов. Распределение органических остатков внутри биостромов фиксируется на зарисовках. Палеонтологические и литологические образцы и шлифы отбираются из подошвы, центральной части и вблизи кровли биострома при внешнем однородном строении его и из каждого участка биостромного известняка, отличающегося по внешнему облику. Особое внимание необходимо обращать на взаимоотношение биостромов с подстилающими и перекрывающими отложениями. Эти наблюдения способствуют выявлению биостромной природы известнякового пласта и позволяют судить об условиях осадконакопления. Как правило, биостромы развиваются на выровненных участках мор-

ского дна в периоды остановки либо чрезвычайно замедленных опусканий, способствующих широкому латеральному расселению организмов. Подошва биостромов в большинстве случаев ровная, в основании их нередко залегают детритовые известняки или тафостромы. Но известны случаи, когда известковые организмы, слагающие биостромы, нарастают непосредственно на неровности, небольшие выступы в рельефе скального дна, на гальки конгломератов либо на поверхности лавовых потоков в эффузивных толщах, что характерно для складчатых областей. В этих случаях развитию биостромов предшествовали, по видимому, внутрiformационные перерывы в осадконакоплении. Для кровли биостромных пластов характерны неровные, бугристо-волнистые поверхности, представляющие собой естественные неровности нарастания колониальных организмов. Это, в частности, служит отличительным признаком биостромов от обычных известняков. В латеральном направлении биостромы линзовидно выклиниваются либо имеют контакты типа срастания.

При крупномасштабном картировании на геологическую карту наносятся все выходы биостромных пластов, даже при незначительной их мощности, так как приуроченные к определенным стратиграфическим уровням, они служат хорошими маркерами. В целом изучение биостромов рекомендуется проводить по следующей схеме.

1. Проследить биостромные пласты по простиранию, по возможности на всем протяжении.

2. Определить положение биостромов в стратиграфической колонке и соотношение их с другими типами органогенных построек.

3. Изучить: а) кровлю, подошву и взаимоотношения с подстилающими и перекрывающими отложениями; б) установить состав, количественные соотношения и распределение органических остатков; в) зарисовать строение биостромов; г) отобрать литологические образцы и шлифы из каждой разновидности биостромного известняка; д) собрать органические остатки и палеоэкологические образцы; е) измерить мощность.

4. Выявить изменение состава органических остатков по простиранию.

III. Биогермы — наиболее распространенные органогенные постройки, которые встречаются и как самостоятельные тела среди различных по составу отложений и принимают участие в строении более сложных построек — биогермных и рифовых массивов.

Сравнительно небольшие размеры биогермов (преимущественно до 10 м мощности) позволяют в большинстве случаев наблюдать постройку целиком в одном обнажении. Этому способствуют физические свойства монолитных органогенных известняков, которые при выветривании образуют хорошо препарированные останцы, соответствующие по форме ископаемой

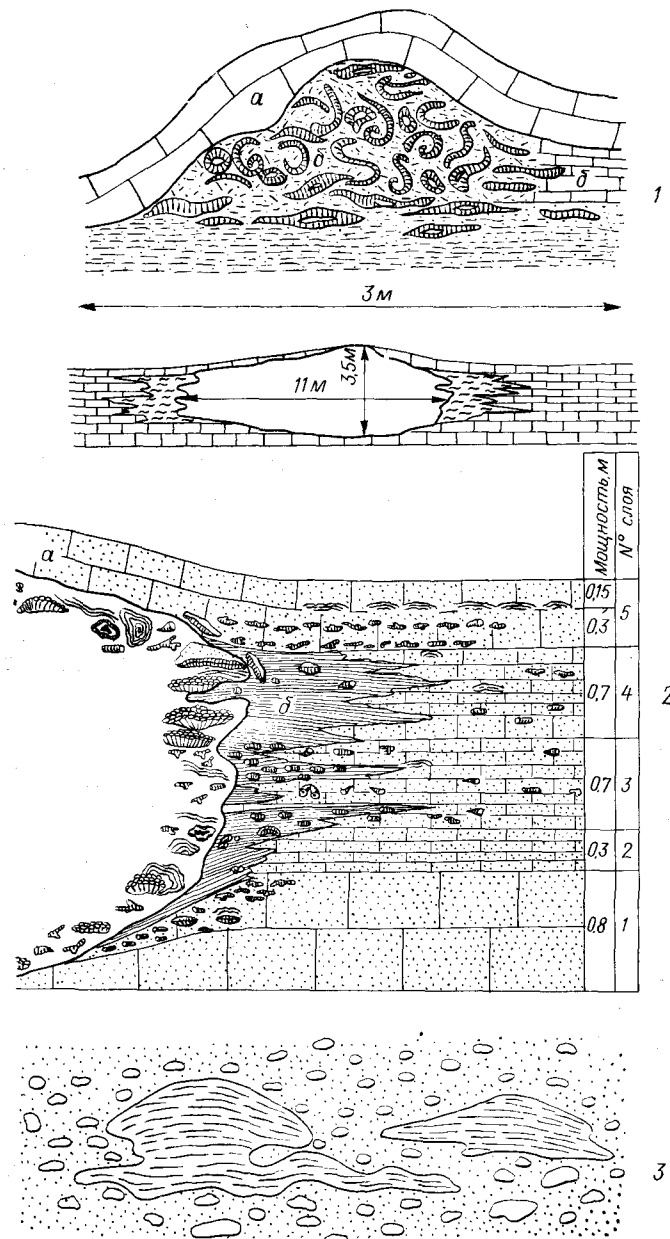


Рис. 23. Некоторые примеры различных контактов биогермов с окружающими отложениями.

1 — коралло-губковый биогерм. Контакты сложные: облекания с перекрывающимися (а) и постепенного срастания (б) с вмещающими отложениями. Верхняя юра, Крым (Н. М. Задорожная); 2 — коралловый биогерм. Контакты облекания с перекрывающимися (а) и впритык (б) с вмещающими отложениями, которые входят в тело биогерма в виде линзовидных язычков. Силур, Подолия (А. Я. Бергер); 3 — археоциат-водорослевые биогермы. Контакты с вмещающими конгломератами линзовидного выклинивания. Нижний кембрий, р. Баян-кол, Тува (Н. М. Задорожная).

постройке (табл. XIII). Для изучения формы биогермов необходимо сделать зарисовку общего вида в разрезе и по возможности в плане, производя замеры рулеткой. Особое внимание уделяется изучению контактов с вмещающими и подстилающими отложениями, которые помогают восстановить условия осадконакопления, определить историю развития постройки во времени. С этой целью тщательно обследуют и зарисовывают все участки контактов, изучают состав и залегание окружающих пород. Контакты биогермов с вмещающими отложениями могут быть самые разнообразные. Первая классификация их предложена В. П. Масловым [1946 г.]. Впоследствии изучением контактов органогенных построек в течение ряда лет занималась М. В. Михайлова [1959, 1965, 1968, 1975 г.]. Ниже приводится краткая характеристика основных типов контактов по данным этих авторов.

1. Контакт впритык. Слоистые вмещающие отложения подходят вплотную к массивному телу биогерма и резко обрываются на границе с ним (рис. 23, табл. XIV). Вмещающие породы несколько моложе биогермных известняков.

2. Контакт облекания. Перекрывающие слои полностью облекают биогермную постройку. При этом существует параллельность между поверхностью наслоения перекрывающих отложений и поверхностью выступа массивных биогермных пород. Этот тип контакта возникает при наличии пологих склонов биогермных построек, когда угол склона не превышает естественного откоса донного осадка (рис. 23, табл. XV, XVI).

3. Контакт прилегания предложен Н. К. Фортунатовой для вмещающих слоев, прилегающих к телу органогенной постройки под углами более крутыми ($12-35^\circ$), чем при контакте облекания.

4. Контакт в клин образуется при выклинивании пластов слоистых пород и вклинивании в их промежутки массивных пород биогермных фаций.

5. Контакт в линзу состоит в линзовидном выклинивании биогермных массивных пород, содержит в себе элементы контакта облекания на участках линзовидного выклинивания (см. рис. 8).

6. Контакт постепенный наблюдается при постепенном переходе одной фации в другую. Этот тип контакта обычен, когда околобиогермные отложения представлены грубодетритовыми осадками.

7. Близкий по типу контакт срастания выделен М. В. Михайловой [1968]. Он «представляет собой тесное соприкосновение биогермных известняков и контактирующих с ними пород. При этом рифостроящие организмы проникают в прилежащие к ним породы, облекают отдельные гальки, скопления детрита и т. п., т. е. нарастают на одновозрастные синхронные им окружающие осадки».

8. Контакт комплексный включает несколько типов контактов, которые наблюдаются на разных участках биогермной постройки (рис. 23, табл. XVII).

Для монолофоидных биогермов наиболее характерны контакты типа облекания, линзовидного выклинивания, сростания; для дилофоидных — в боковых частях построек контакты впритык, прилегания, а вблизи вершин — контакты облекания. Подошва дилофоидов нередко бывает выгнута вниз, подстилающие слои при этом оказываются также прогнутыми и как бы повторяют контуры постройки. Это связано с проседанием полужидкого осадка под тяжестью биогерма.

По типу контактов можно сделать некоторые выводы о прижизненной высоте органогенных построек. При этом если мощность биогермов устанавливается простым изменением расстояния от подошвы до вершины, то определение высоты представляет собой сложную задачу, не всегда разрешимую, и относится к области палеогеографических реконструкций, основанных на анализе взаимоотношения построек с вмещающими толщами.

Высота биогермов устанавливается однозначно при облекании их перекрывающими отложениями (рис. 24). Очевидно, что к моменту отложения слоя a высота постройки равнялась h , т. е. в данном случае высота совпадала с мощностью.

При контактах впритык и прилегания (рис. 24, б) очевидно, что ко времени отложения вмещающих пород (a), прислоненных к биогерму, он представлял собой возвышающееся твердое тело. Однако какова была высота его в период роста, сказать трудно. В частном примере подобные контакты могут иметь также биогермы, которые почти не выступали над синхронными осадками. В этом случае особенно важны наблюдения над поверхностью контакта. Если биогерм имел значительную высоту, то рыхлые осадки, которые несколько моложе уже сформированного биогермного тела, будут резко утыкаться в него, поверхность раздела между ними резкая, отчетливо проявляющаяся при выветривании, вблизи биогерма может наблюдаться некоторый загиб окружающих слоев кверху (см. рис. 7). В другом случае при синхронном росте биогермов и накоплении окружающих пород в зоне контакта могут быть признаки постепенного перехода между ними.

При контактах типа сростания и вклин (рис. 24, в) можно, вероятно, говорить об очень незначительном превышении биогермной постройки над дном водоема.

Контакты могут быть комплексные, смешанного типа, по которым можно судить о высоте постройки только в отдельные периоды ее формирования. Например, на рис. 24, г в средней части биогерма наблюдаются контакты впритык, по которым установить высоту постройки невозможно. Контакты облекания в верхней части биогерма (a) позволяют определить высоту постройки h для этого периода развития ее.

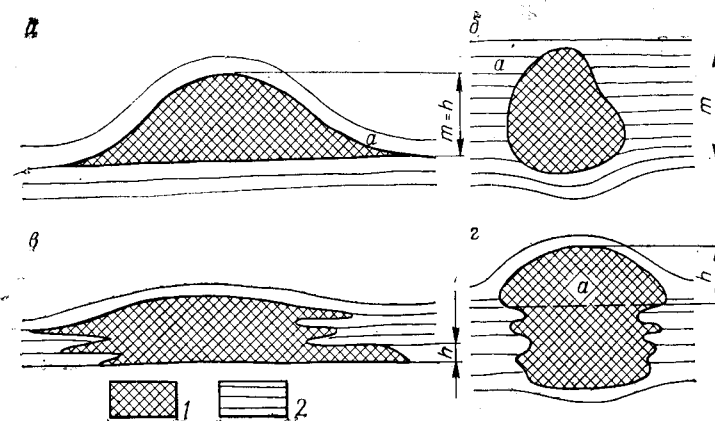


Рис. 24. Примеры определения прижизненной высоты биогермов (Н. М. Задорожная).

a — высота совпадает с мощностью; б, г — высота однозначно не определима; в — высота незначительная; 1 — тело биогерма; 2 — вмещающие породы.

Наблюдения над контактами могут оказаться полезными для восстановления условий осадконакопления. Например, Н. И. Андрусов [1961] установил, что некоторые среднесарматские мшанковые биогермы Керченского полуострова покрыты с поверхности корками серпул и спирорбисов (табл. XVIII). В углублениях, выстланных вторичными корками, наблюдаются слоистые отложения верхнего сармата. На основании этого Н. И. Андрусов пришел к выводу, что отмершие мшанковые постройки, значительно возвышавшиеся над дном моря, покрывались серпуло-спирорбисовыми корками и только позднее были погребены под верхнесарматскими отложениями.

При изучении внутреннего строения биогермов выявляются: 1) состав каркасообразующих и сопутствующих органических остатков; 2) способ их размещения в теле биогерма; 3) количество, состав и распределение детритово-илистого материала; 4) вторичные изменения (перекристаллизация, доломитизация); 5) текстурные особенности (инкрустации, пористость, кавернозность). Для этого рекомендуется сделать зарисовку биогермной постройки, на которую в масштабе наносятся контуры участков с различным строением. Выявляется состав органических остатков, фиксируется ориентировка их и соотношение друг с другом, наличие мелких и крупных форм для каждого типа организмов (рис. 25). Иногда биогермы слагаются отчетливо обособленными водорослевыми калиптрами, которые равномерно выполняли весь объем постройки, цементируются терригенным материалом, что придает породе пятнистый облик. Особенности внутреннего строения лучше наблюдать на выветрелых поверхностях, на которых обычно отчетливее проступают

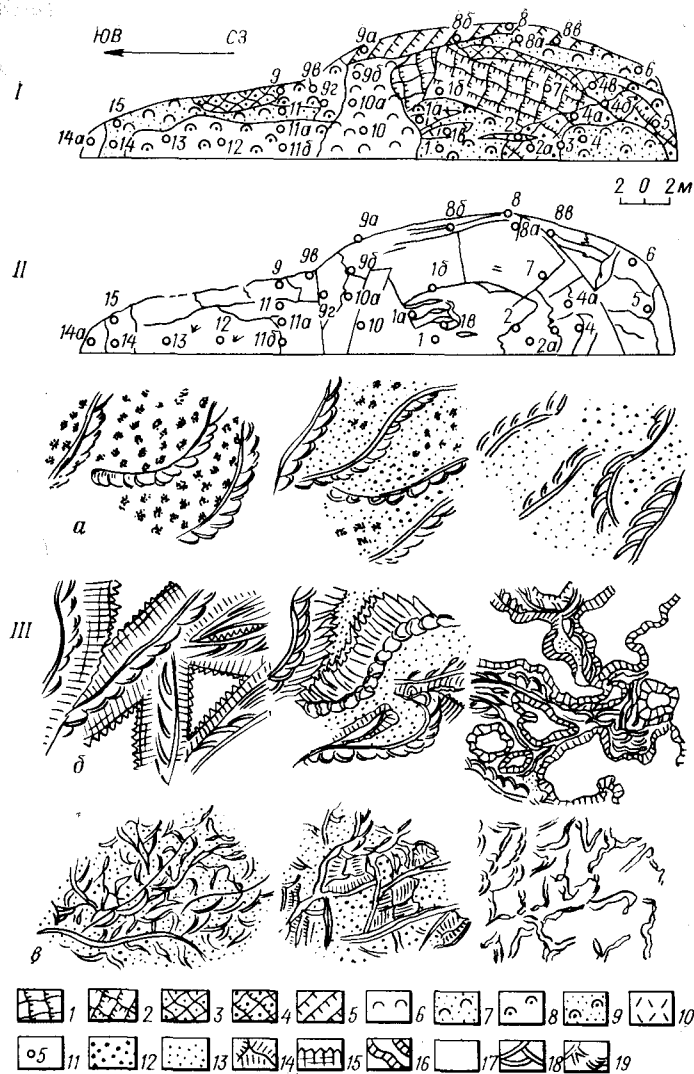


Рис. 25. Пример зарисовки и схема отбора образцов в биогерме. Верхний сармат, п-ов Казантип, Крым (М. В. Михайлова).

I — общий вид мшанкового биогерма; 1-9 — участки с различным строением; 1-4 — каркас сетчатый (ячейки: 1 — частично инкрустированные, зияющие, 2 — инкрустированные, 3 — выполнены микрозернистым кальцитом, 4 — выполнены водорослевыми густками); 5 — каркас пластинчатый, ячейки частично инкрустированные, зияющие; 6-9 — каркас сотовый (ячейки: 6 — зияющие, 7 — выполнены микрозернистым кальцитом, 8 — водорослевыми густками, 9 — микрозернистым кальцитом, со густками); 10 — остракодный детрит.

II — схема расположения образцов; 11 — точка отбора образца.

III — текстуры биогермных известняков, показывающие характер заполнения пустот между цепочками (а, б) и ячейками мшанок (в); 12-14 — кальцит (12 — густки, 13 — микрозернистый, 14 — крупнокристаллический); 15-16 — корки инкрустации: двухстадийные зерна; 16 — одностадийные призматические зерна; 17 — незаполненные поры; 18-19 — скелеты мшанок.

отдельные детали. В некоторых случаях каркасообразующие организмы имеют микроскопические размеры и не различимы простым глазом, поэтому образцы и шлифы должны быть взяты из всех частей постройки по равномерной сетке, чтобы не пропустить мелких органических остатков (см. разд. 3.6). Место отбора образцов наносится на схемы и зарисовки, что помогает в камеральный период с максимальной точностью восстановить особенности строения построек (рис. 25).

При картировании терригенных и терригенно-вулканогенных толщ, содержащих изолированные биогермы, нередко возникают сомнения в их инситуности. При этом полезно обращать внимание на состав подстилающих отложений, среди которых могут присутствовать небольшие линзочки органогенных известняков, включающих остатки тех же организмов, которые образуют каркасные структуры в биогермах. Появление подобных слоев, предшествующих развитию биогермов, несомненно свидетельствует об инситуности последних с окружающими отложениями. Доказательствами биогермной природы изолированных карбонатных тел могут служить также такие признаки, как: 1) однородный состав органических остатков в биогермах в пределах значительной площади; 2) ориентировка органических остатков в положении роста относительно к общему залеганию толщи; 3) присутствие в карбонатных телах включений терригенных и вулканогенных обломков, идентичных по составу окружающим породам; 4) характерная форма биогермных построек со сглаженными, волнисто-бугристыми поверхностями, отражающими естественные поверхности нарастающих известковых колоний; 5) наличие контактов типа в линзу и в клин.

Биогермы редко встречаются в виде одиночных построек. Чаще они образуют протяженные цепочки или скопления группы тел в пределах определенных стратиграфических интервалов. Иногда, повторяясь на разных уровнях, биогермные пласты слагают биоритмиты (см. рис. 15), анализ строения которых позволяет выявить цикличность осадконакопления. Цепочное расположение биогермов фиксирует нередко положение береговой линии, либо отмелевые седиментационные барьеры, как, например, в нижнем кембрии Сибирской платформы [Писарчик Я. К., Минаева М. А., Русецкая Г. А., 1975; Журавлева И. Т., 1979] и отложениях ордовика Балтийской синеклизы [Мянниль Р. М., Эйнасто Р. Э., Хинге Л. М., 1964 г.], которые разделяют различные фациальные области. Как правило, с биогермными постройками здесь ассоциируют комплексы карбонатных пород, характерные для гидродинамически активного мелководья: детритовые, оолитовые зернистые известняки. Выявление подобных палеогеоморфологических структур имеет важное значение для восстановления условий осадконакопления в древних бассейнах. Поэтому если в процессе съемки геолог обнаружит изолированные биогермные постройки, то

необходимо провести дополнительные маршруты, чтобы установить распространение их на площади и в разрезе. Особое внимание при этом должно уделяться фациальному составу вмещающих отложений по обе стороны от зоны развития биогермных построек.

В целом при изучении биогермов необходимо провести следующий комплекс наблюдений: 1) определить форму и размеры; 2) изучить контакты с вмещающими отложениями; 3) определить мощность биогермного тела и его прижизненную высоту; 4) выявить особенности внутреннего строения и состава каркасообразующих организмов; 5) отобрать литологические образцы, шлифы из всех типов биогермных известняков, а также пробы на различные виды анализов (геохимические, минералогические и т. д.); 6) отобрать органические остатки и палеоэкологические образцы; 7) выполнить зарисовки и фотографии общего вида постройки и деталей отдельных наиболее интересных участков. Нанести на рисунок точки взятия образцов; 8) установить взаимоотношение с другими типами построек на площади и в разрезе.

3.3.2. СЛОЖНЫЕ И СЛОЖНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ ПОСТРОЙКИ

К этому типу построек относятся крупные со сложным внутренним строением калиптровые, биостромные, биогермные, рифоидные и рифовые массивы. Особенность картирования их состоит в том, что геолог, приступая к изучению подобных карбонатных тел, сложенных внешне сходными массивными известняками, не может заранее знать, к какому типу они принадлежат: относятся ли они к рифам или являются, например, биостромным массивом, поскольку различные по способу формирования сложные и сложно-дифференцированные постройки имеют ряд сходных признаков. Установить же принадлежность их к тому или иному генетическому типу возможно только в результате комплексного изучения внутреннего строения, контактов и фациальных взаимоотношений их с вмещающими толщами. В целом геологическая съемка в областях развития сложных построек включает литолого-фациальные, биостратиграфические, палеоэкологические и общегеологические исследования. Практика показала, что в один полевой сезон провести эти работы в полном объеме невозможно. Поэтому при картировании крупных органогенных построек выделяется несколько этапов, рассчитанных на два или три полевых сезона (табл. 6).

Таблица 6

Этапы и методы сложных и сложно-дифференцированных построек (Н. М. Задорожная)

Задача	Метод	Документация
I этап		
1. Определение размеров и формы выходов массивов	1. Рекогносцировочные маршруты с пересечением массива в крайних и центральных частях	Геологическая карта
2. Установление общего залегания толщи массивных известняков	2. Дешифрирование аэрофотоснимков	
3. Выявление наиболее вскрытых участков, пригодных для составления опорных разрезов		
II этап		
Изучение формы массива		
1. Изучение формы массива в плане (современный эрозионный срез)	1. Дешифрирование аэрофотоснимков	1. Геологическая карта 2. Литолого-фациальные профили массива и вмещающих отложений 3. Блок-диаграмма 4. Рисунки
2. Изучение контактов с вмещающими отложениями	2. Маршруты вдоль контактов по периферии массива	
3. Восстановление объемной формы ископаемого органогенного массива	3. Серия маршрутов, пересекающих массив	
	4. Геоморфологические наблюдения	
Изучение внутреннего строения массива		
<i>Литолого-фациальные исследования</i>		
1. Изучение состава пород, структурных и текстурных особенностей	1. Составление серии разрезов с изучением структурно-литологических особенностей с помощью «квадратов-сеток»	1. Литолого-фациальные карты и схемы 2. Литолого-фациальные профили 3. Рисунки 4. Диаграммы
2. Изучение вторичных изменений	2. Литолого-фациальное картирование на основе профильной сетки с прослеживанием и оконтуриванием литолого-фациальных зон	
3. Выявление литолого-фациальной зональности (пространственное размещение простых построек и сопутствующих пород в пределах массива)		

Задача	Метод	Документация
<i>Биостратиграфические исследования</i>		
<p>1. Расчленение опорных разрезов, выделение стратиграфических подразделений общей и региональной шкалы внутри массива и во вмещающих отложениях</p> <p>2. Корреляция выделенных стратиграфических подразделений по разрезам внутри массива и с вмещающими отложениями</p> <p>3. Выявление стратиграфического объема органогенного массива и положения его в общей стратиграфической колонке региона</p>	<p>1. Составление опорного разреза с поинтервальным сбором органических остатков</p> <p>2. Выявление комплексов органических остатков и последовательной смены их в опорном разрезе</p> <p>3. Составление дополнительных разрезов</p> <p>4. Биостратиграфическая корреляция разрезов</p>	<p>1. Стратиграфические колонки</p> <p>2. Схемы сопоставления стратиграфических разрезов внутри массива</p> <p>3. Корреляционные схемы сопоставления стратиграфических разрезов внутри массива и во вмещающих толщах</p>

Тафономические и палеоэкологические исследования

<p>1. Установление закономерностей распределения органических остатков в постройке</p> <p>2. Определение породообразующей роли организмов</p> <p>3. Реконструкция сообществ организмов (палеобиоценозы)</p> <p>4. Реконструкция условий среды обитания организмов</p>	<p>1. Тафономические наблюдения</p> <p>2. Выявление таксономического состава, плотности и прижизненных связей организмов</p> <p>3. Оконтуривание участков с различными палеобиоценозами в пределах массива</p>	<p>1. Палеоэкологические схемы и профили</p> <p>2. Рисунки</p> <p>3. Диаграммы</p>
---	--	--

Геологическое строение

<p>1. Выявление общей структуры массива</p> <p>2. Выявление складчатых и разрывных нарушений</p>	<p>1. Определение залегания массивных известняков</p> <p>2. Прослеживание маркирующих горизонтов</p>	<p>1. Литолого-геологическая карта</p> <p>2. Геологические разрезы</p>
--	--	--

Задача	Метод	Документация
	<p>3. Трассирование биостратиграфических границ на основе профильной сетки</p>	

III этап

Определение генетического типа ископаемых органогенных построек

3.3.2.1. Рекогносцировочные маршруты

Проводятся на первом этапе полевых исследований с целью определения размеров и контуров массивов, выяснения общего залегания, а также выбора хорошо обнаженных участков для составления стратиграфических разрезов. Для решения этих задач полезно провести аэровизуальные наблюдения и затем серию наземных маршрутов, пересекающих массив в нескольких направлениях. При таких пересечениях главное внимание обращается на признаки, позволяющие установить положение подошвы и кровли массивных известняков (см. разд. 3.9), а также выявить наиболее общие элементы строения: основные породообразующие организмы, наличие участков, различающихся по типу пород, зоны вторичного изменения, разломы и т. д. Рекогносцировочные маршруты могут проводиться на топографической основе масштабов 1:50 000 или 1:25 000, но желательно с использованием аэрофотоснимков.

На основании полученных предварительных сведений строится дальнейшая схема изучения и картирования крупных массивов применительно к конкретным условиям.

3.3.2.2. Изучение внутреннего строения

Особенности строения сложных и сложно-дифференцированных построек определяются сочетанием и размещением на площади и в разрезе разнообразных типов простых построек, которые могут принимать участие в их сложении (табл. XIX), пространственным распределением каркасных и сопутствующих органогенно-обломочных известняков, вторичными изменениями карбонатных пород. При изучении их внутреннего строения необходимо провести следующий комплекс исследований: выявить условия залегания, складчатые и разрывные нарушения, определить возраст и общий стратиграфический объем карбонатных массивов, оконтурить литолого-фациальные зоны и участки с разнородным строением, картировать границы биостра-

тиграфических подразделений. Для выполнения этой программы может быть намечена определенная последовательность в работе: изучение опорного разреза — литолого-фациальное картирование — прослеживание биостратиграфических границ.

1. Вслед за рекогносцировочными маршрутами и выяснением в общих чертах особенностей строения и залегания массивов рекомендуется перейти к изучению опорного разреза. Желательно, чтобы такой разрез включал максимально полный стратиграфический объем толщи массивных известняков. Если по условиям обнаженности составить единый разрез не представляется возможным, то изучаются несколько дополнительных разрезов, охватывающих все части органогенного массива. При составлении опорного разреза проводятся поинтервальные сборы органических остатков с целью биостратиграфического расчленения массивных известняков (см. разд. 3.11), палеоэкологические наблюдения (см. разд. 3.12), изучается литологический состав пород и условия их залегания (см. разд. 3.6, 3.9). Кроме того, выявляются типы, форма, размеры и способы размещения простых построек (калиптры, биостромы, биогермы), участвующих в строении сложных сооружений (табл. 6).

Изучение опорного разреза необходимо проводить в первый полевой сезон, поскольку для дальнейшего стратиграфического расчленения и выделения литолого-фациальных зон полезно посмотреть петрографические шлифы и, хотя бы предварительно, обработать палеонтологические коллекции.

На основании этого устанавливаются закономерности размещения генетических типов пород, а также смена фаунистических комплексов по разрезу. Изучение разрезов иллюстрируется стратиграфическими колонками, на которые кроме обычных литологических обозначений, отвечающих составу отложений (известняк, доломит и т. д.) и текстурных особенностей (характер слоистости, поверхности перерывов, кавернозность и т. д.), на самой колонке или в специальной графе наносят типы органогенных построек и распределение их по разрезу. Пример таких колонок приведен на рис. 26. Общая методика составления стратиграфических разрезов в толщах массивных известняков рассматривается в разд. 3.11.

2. Следующий этап изучения внутреннего строения органогенных массивов включает литолого-фациальное картирование, в результате которого выявляется строение и пространственное размещение литолого-фациальных зон внутри массивов.

Опыт работы со сложными органогенными постройками показал, что маршруты, которые проводятся на топографической основе масштаба 1 : 50 000 или даже 1 : 25 000, оказываются недостаточными и малоэффективными. Это объясняется невыдержанностью литологических признаков, неравномерным распре-

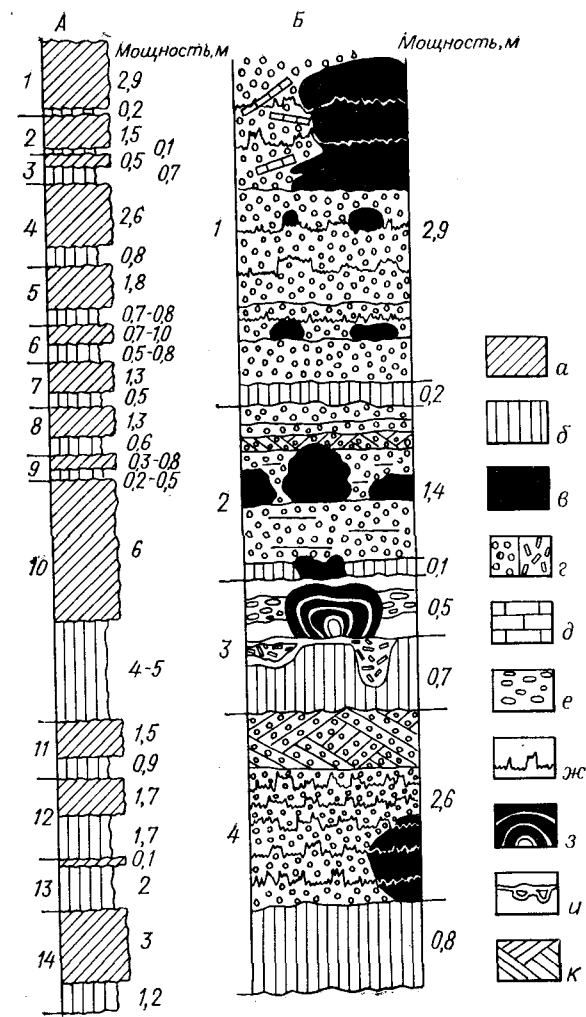


Рис. 26. Пример литостратиграфической колонки для отложений с биогермами. Верхний рифей, Западное Прибайкалье. [Королюк И. К., 1968].
 А — распределение биоморфных пачек; Б — строение 1—4 ритма. Члены ритма: а — биоморфный; б — хемогенно-обломочный. Известняки: в — строматолитовые; г — онколитовые; д — афанитовые; е — карбонатные брекчии. Текстуры: ж — сутурные швы; з — наслоение в строматолитовых известняках; и — оползневые окатыши; к — характер наслоения известняков.

делением органических остатков, отсутствием слоистости в органогенных известняках и сложностью контактов с вмещающими толщами. Топографическая основа масштаба 1 : 50 000 не позволяет достаточно точно зафиксировать взаимное расположение точек с фауной в массивных известняках, отразить мелкие, но весьма существенные детали внутреннего строения. В резуль-

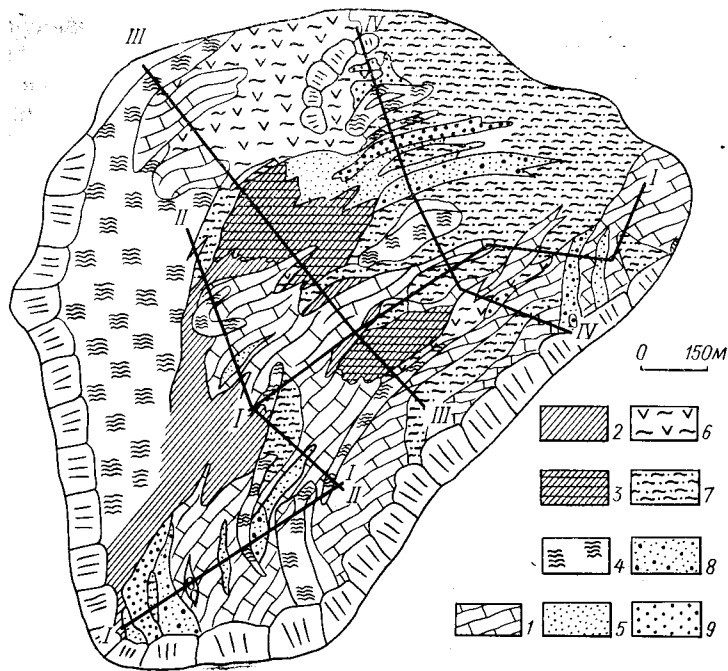


Рис. 27. Распределение типов известняков в биогермном массиве Алчак в Восточном Крыму (М. В. Михайлова).

1—9 — типы известняков; 1—4 — каркасные (1 — коралловые, 2 — кораллово-водорослевые, 3 — поликаркасные, 4 — водорослевые); 5—7 — детритовые (5 — коралловые, 6 — кораллово-водорослевые, полидетритовые, 7 — водорослевые); 8—9 — обломочные (8 — детритово-обломочные, 9 — органогенно-обломочные).

тате в практике геологосъемочных работ нередко возникают сложные стратиграфические проблемы, создается ложное впечатление о смешении разновозрастных фаунистических комплексов.

Многих осложнений при картировании крупных органогенных построек можно избежать, если проводить их изучение на профильной основе. Для этого весь массив или какие-либо его части, наиболее интересные и хорошо обнаженные, предварительно размечаются профилями с помощью компаса и рулетки. Расположение профилей-разрезов на местности произвольное и зависит от рельефа и обнаженности. Это могут быть серия параллельных профилей-разрезов, как, например, показано на литолого-фациальном разрезе нижнекембрийского калиптрового массива (см. рис. 28), или профили, пройденные от вершины горы по расходящимся хорошо обнаженным водоразделам, как это сделано при составлении геологической карты верхнеюрского биогермного массива горы Алчак (рис. 27). В любом случае расстояние между профилями должно составлять 50—

100 м. Вдоль профилей через 10—20 м ставятся реперы, отмеченные маркированными колышками, турами или масляной краской. Реперы и номера на них должны быть выполнены достаточно прочно, чтобы они могли сохраниться в течение всего периода проведения съемочных работ. Размеченная таким образом сетка в масштабе 1:1000—2000 переносится на миллиметровку и используется в маршрутах в качестве детальной основы при картировании. Профилирование желательно провести одновременно для всего массива. Эта работа может быть выполнена заранее студентами, техниками, рабочими. Наличие профильной основы обеспечивает точную привязку точек наблюдений и их взаимное расположение, позволяет многократно возвращаться к каждому обнажению для увязки, дополнительных сборов фауны, прослеживать маркирующие горизонты по простиранию и т. д.

С этой целью на профильную основу наносятся границы распространения различных типов пород, элементы залегания, распределение внутри массива каркасообразующих и сопутствующих органических остатков, пространственное размещение различных типов простых построек. Для последних устанавливают форму, размеры, выявляют особенности внутреннего строения по той же схеме, что и для изолированных построек (см. разд. 3.3.1). Все участки с разнородным строением оконтуриваются и наносятся на детальные планы. Работа эта должна проводиться непосредственно в поле, методом последовательного прослеживания от профиля к профилю литологических границ, пачек, зон, маркирующих горизонтов, а также контуров участков распределения различных групп органических остатков внутри массивов. Недопустимо оставлять увязку маршрутов на камеральный период. При пестроте и текстурно-структурной неоднородности массивных известняков эта работа не может быть выполнена по записям. Одновременно с полевой геологической картой по серии профильных пересечений составляют литолого-фациальные разрезы.

На рис. 28 приведен пример литолого-фациального профиля нижнекембрийского калиптрового массива, сложенного четко обособленными водорослевыми калиптрами с отдельными биогермами. Однако далеко не всегда удается выделить и обособить простые постройки внутри крупных массивов. Нередко они образуют монолитные тела, неоднородность строения в которых выражается лишь в зонально-пятнистом распределении различных типов известняков, как, например, в верхнеюрском массиве Алчак (см. рис. 27). Участки различных типов известняков (коралловых, водорослевых, детритовых и т. д.) имеют здесь прихотливые очертания, одни разновидности переходят в другие постепенно без четко выраженных контактов.

Цельное представление о форме и строении органогенных построек может быть получено, если площадь детального карто-

100 м
300 м

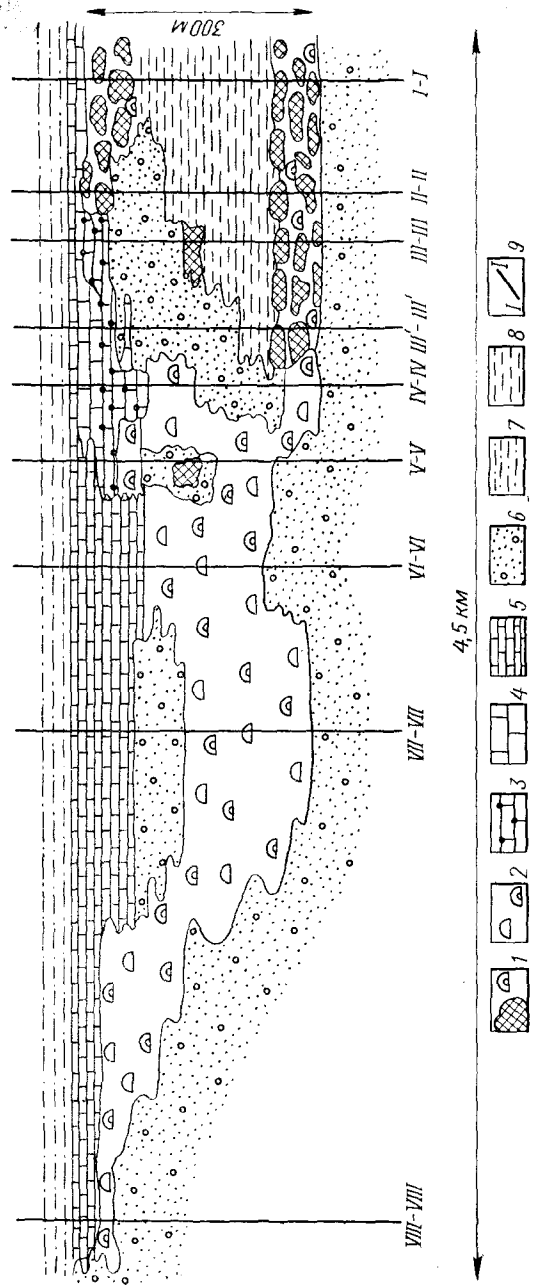


Рис. 28. Литолого-фациальный профиль калциперового массива. Нижний кембрий, р. Байан-кол, Тува (Н. М. Задорожная).
 1 — биогермные гряды; 2 — калциперовый массив; 3 — калциперовые и комковатые лиловые известняки с отдельными биогермами; 4 — груболигчатые, тафозитчатые известняки; 5 — тонколигчатые, глинистые известняки; 6 — грязно-зеленые, мелкогалечные конгломераты; 7 — зеленые аргиллиты; 8 — зеленые алевриты, тонкозернистые песчанки; 9 — линии профилей-разрезов.

вания будет превышать контуры выхода геологических тел, образованных постройками.

3. На заключительных этапах изучения сложных органогенных построек проводится картирование биостратиграфических подразделений на основе изучения опорного и серии дополнительных разрезов. Выделение биостратиграфических подразделений (ярусов, горизонтов, зон) и трассирование их границ является одним из наиболее важных приемов геологического картирования массивных известняков, в которых отсутствуют нормально-слоистые пачки. Этим способом вполне достоверно может быть установлена общая геологическая структура крупных массивов, выявлены складчатые и разрывные нарушения. Особенно большое значение это имеет для геосинклинальных областей, где толщи массивных известняков подвергаются деформациям, широкое развитие приобретают разломы, расчленяющие массивы на серию блоков. Степень смещения тектонических блоков в ряде случаев можно оценить только с помощью биостратиграфического метода, поскольку разломы в массивных известняках проходят нередко по узким притертым трещинам, которые легко пропустить при внешнем однообразии пород. В целом это может привести к серьезным стратиграфическим ошибкам, которые проистекают вследствие смещения разновозрастных фаун, собранных в соседних тектонических блоках, принятых за непрерывный разрез.

Например, на горе Археоциатовой в Батеневском кряже Алтае-Саянской области среди археоциато-водорослевых известняков нижнекембрийского биогермного массива имеется небольшой (~100 м) тектонический клин сходных по внешнему облику известняков с остатками среднекембрийских трилобитов. Некоторые исследователи, принимая тектонический клин за линзу трилобитовых известняков, считают, что археоциаты находятся совместно со среднекембрийскими трилобитами [Амгинский ярус Алтае-Саянской области, 1971 г.].

Прослеживание биостратиграфических границ внутри органогенных массивов становится возможным только после обработки палеонтологических коллекций по опорному разрезу, после того как будут установлены состав и изменение по разрезу комплексов органических остатков, положение границ выделяемых биостратиграфических подразделений, а также выявлены руководящие формы (см. разд. 3.11). По основным, руководящим формам палеонтолог (или геолог, если эти формы легко узнаются визуально) намечает границы ярусов, горизонтов, зон в дополнительных разрезах и профилейных пересечениях и фиксирует их на геологической карте, прослеживая от разреза к разрезу. На участках предполагаемых границ проводятся более детальные, поинтервальные сборы фауны и флоры, которые помогут в дальнейшем уточнить их положение. В случае исключительного распространения микроскопических остатков

биостратиграфические уровни могут устанавливаться только в камеральный период на основе детально отобранных палеонтологических шлофов (см. разд. 3.11).

Границы биостратиграфических подразделений, установленные по смене комплексов органических остатков, в большинстве случаев не совпадают с границами литологических зон. В качестве примера на рис. 45 приведена геологическая карта горы Средней (высота 562,6, севернее пос. Боград, Алтае-Саянской области). Здесь в толще археоциато-водорослевых известняков в пересечениях по сериям профилей составлены поинтервальные опорные разрезы. В результате последовательного прослеживания биостратиграфических горизонтов установлено, что границы их проходят внутри литологически однородных пачек: граница базайхского и камешковского горизонтов — в верхах пачки черных брекчиевых известняков, граница камешковского и санаштыкгольского горизонтов — внутри пачки неотчетливо плитчатых известняков с изолированными биогермами.

3.3.2.3. Изучение формы

Изучение формы сложных органогенных построек подразумевает реконструкцию пространственно обособленного геологического тела по отдельным выходам его на современную поверхность. Конфигурация карбонатных массивов в плане представляет собой случайный эрозионный срез. Объемная же форма восстанавливается в процессе детального изучения контактов и взаимоотношений органогенных массивов с вмещающими толщами. Для этих целей используются литолого-фациальные профили, пересекающие массив и окружающие отложения в нескольких направлениях. На них фиксируются изменчивость контуров органогенных построек в поперечных срезах, детали строения контактов, соотношение мощностей органогенных построек с разновозрастными слоистыми фациями. В дальнейшем на основе таких срезов желательно составить блок-диаграмму, способствующую наглядному изображению первичной формы органогенных массивов (рис. 29).

При составлении профилей и блок-диаграмм рекомендуется использовать одинаковый горизонтальный и вертикальный масштаб. Если же сделать это невозможно, то необходимо помнить, что при более крупном вертикальном масштабе по сравнению с горизонтальным на графике происходит зрительное преувеличение выпуклости органогенных тел, что может привести к ложному толкованию их природы. Например, биостромное тело пластообразной формы может на рисунке иметь выпуклую форму, характерную для рифовых и биогермных массивов.

Восстановить форму крупных построек не всегда удается однозначно, поскольку во многих случаях она осложнена склад-

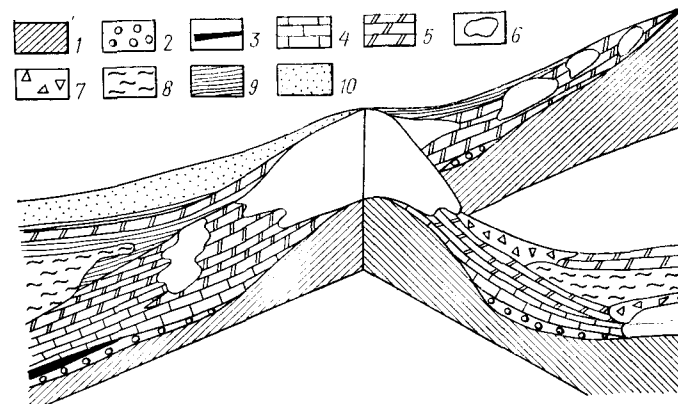


Рис. 29. Блок-диаграмма верхнепермского рифового (цехштейн) комплекса серии Веера, Тюрингия. [Жеркман К., 1967 г.].
1 — фундамент, доцехштейновые отложения; 2—10 — отложения цехштейна (2 — базальные конгломераты, 3 — медистые сланцы, 4 — известняки, 5 — доломиты, 6 — рифовые и биогермные массивы, 7 — брекчии, 8 — ангидриты, 9 — сланцевые глины, 10 — пестроцветные песчаники).

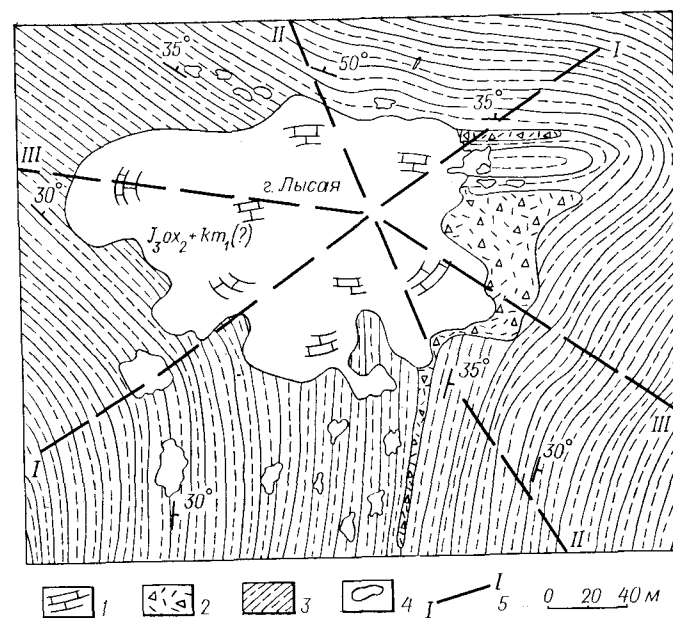


Рис. 30. Форма выходов верхнеюрского рифоидного массива в плане. Гора Лысая, район г. Судака, Крым (Н. М. Задорожная).
1 — известняки массивные, водорослево-губко-коралловые, перекристаллизованные; 2 — известняковые брекчии; 3 — алевролиты глинистые, щебенчатые, с прослоями известняков; 4 — изолированные биогермы; 5 — профильная сетка.

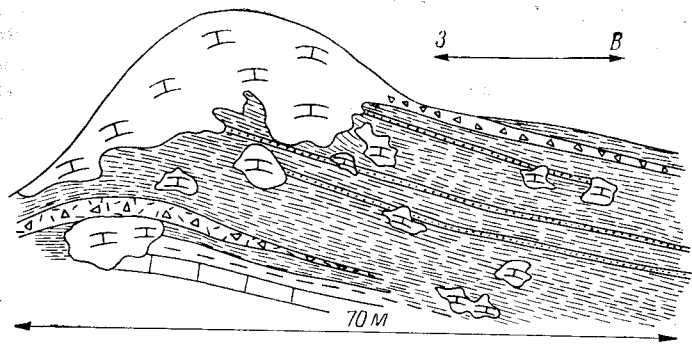


Рис. 31. Форма верхнеюрского рифоидного массива в разрезе. Гора Лысая, район г. Судака, Крым (Н. М. Задорожная).

чатыми и разрывными нарушениями. Поэтому реконструкция первичной формы возможна только после того, как будут выявлены общее залегание массивных известняков и складчатые структуры в них. На рис. 30 показана конфигурация выходов верхнеюрского рифоидного массива в плане (гора Лысая, район г. Судака, Крым). Поперечный срез того же массива изображен на рис. 31. Здесь видно, что в целом он имеет куполовидную форму с неровной подошвой и округло-сглаженными внешними очертаниями, соответствующими эрозионной поверхности рифоида.

3.3.2.4. Изучение контактов

Изучение контактов сложных построек представляет необходимую часть исследований. По фациальным соотношениям с вмещающими толщами устанавливается генетический тип постройки, особенности их развития во времени, корреляция с окружающими слоистыми отложениями. Сложные органогенные постройки развивались обычно длительное время и занимали на дне водоема значительную площадь, поэтому разные части их, как в плане, так и в разрезе, могут контактировать с различными по составу и фациальному типу отложениями. Вследствие этого в разных частях сложных органогенных построек могут наблюдаться разнообразные типы контактов: впритык, прилегания, срастания и т. д. В результате разнородности физических свойств массивных известняков и слоистых отложений зоны контактов крупных органогенных массивов, как правило, оказываются размытыми и плохо обнаженными. Нередко они осложняются разломами. Поэтому необходимо тщательно обследовать все выходы, в которых вскрываются контакты органогенных построек с вмещающими отложениями. Чтобы пра-

вильно оценить соотношения сложных построек с вмещающими толщами, желательно изучить контакты с подстилающими, окружающими и с перекрывающими отложениями, провести литолого-фациальный анализ вмещающих отложений.

Контакты с подстилающими отложениями. Наблюдения за контактами с подстилающими отложениями способствуют реконструкции условий осадконакопления в период начальных стадий роста сложных органогенных построек, позволяют судить об их сингенетичности. Однако при картировании крупных карбонатных массивов контакты с подстилающими отложениями наблюдаются редко. Как правило, на поверхности выступают более верхние части построек, основания которых скрыты четвертичными осыпями. В целом при изучении подошвы органогенных построек желательно установить состав подстилающих отложений, форму поверхности контакта, наличие или отсутствие перерыва перед формированием органогенных построек.

В составе фундамента органогенных построек могут быть самые различные породы: карбонатные, терригенные, вулканогенные и даже интрузивные [Ископаемые органогенные постройки..., 1975]. В последнем варианте наличие перерыва, предшествующего росту построек, несомненно. Во всех же других случаях характер взаимоотношений с подстилающими отложениями требует специальных доказательств. Положение построек в разрезе может быть установлено палеонтологическим методом. Одновозрастные или закономерно сменяющиеся по разрезу комплексы органических остатков в породах фундамента и в крупных массивах свидетельствуют о положении последних в непрерывном разрезе. Например, среднедевонские рифы Рейнбоу в Канаде [Барсс Д., Копланд А., Ритчи У., 1973 г.]. Г. И. Водорезовым (1960) приводится другой случай, когда на кремнистых сланцах венлока с видимым согласием залегают линзы рифогенных известняков с фауной нижнедевонского возраста, свидетельствующей о значительном перерыве, предшествующем формированию органогенных построек. Достоверным признаком, указывающим на постепенность разреза, являются простые постройки в подстилающих отложениях, а также присутствие в прижизненной ориентировке изолированных колоний каркасных организмов, характерных для расположенных стратиграфически выше массивов. Например, развитию верхнеюрского рифоидного массива на горе Лысой в Крыму (рис. 30, 31) предшествовало появление мелких биогермов, а также небольшие скопления кораллов и водорослей, свидетельствующих о постепенном нарастании благоприятных условий для роста крупной постройки. Подобные наблюдения особенно важны при картировании, поскольку в условиях недостаточной обнаженности между выходами массивных известняков и слоистыми отложениями подчас совершенно необоснованно устанавливаются тектонические контакты.

Форма поверхностей основания дает представление о начальных этапах развития построек. Ровные поверхности свидетельствуют об одновременном расселении каркасообразующих организмов на широкой площади и благоприятных условиях их существования. Как правило, подобные контакты наблюдаются с подстилающими карбонатными породами при постепенном наращивании благоприятных обстановок для развития органических построек. Прихотливо изрезанные и выпукло-выгнутые поверхности контактов наиболее часто встречаются с терригенными и вулканогенно-терригенными отложениями, когда привнос обломочного материала какое-то время препятствовал одновременному сплошному расселению каркасообразующих организмов. Примеры подобных контактов приведены в табл. XX для биогермного массива, основанием которому служат известково-алевролитовые отложения, и на рис. 28, где показан калиптровый массив, залегающий среди конгломератовой толщи.

Если субстрат слагается пластичными, например глинистыми, породами, то под влиянием тяжести крупных органических массивов может происходить его прогибание с образованием антиклинальных структур выжимания в прилегающих к массиву отложениях. Доказательством изостатического погружения крупных массивов может служить опущенное положение подошвы их по сравнению с подошвой синхронных вмещающих отложений [Хаин В. Е., 1962].

Цоколем рифовых и биогермных массивов часто являются биостромные пласти, органические банки, иловые холмы (см. разд. 1.3). В табл. XII приведен пример биостромов в основании среднекембрийского биогермного массива.

Контакты с вмещающими отложениями. Изучение контактов с вмещающими отложениями позволяет получить информацию относительно стратиграфической корреляции и палеогеографических реконструкций.

В зависимости от способа роста органических построек формировались взаимоотношения их с окружающими породами. На рис. 32 показаны принципиально возможные модели развития сложных построек во взаимосвязи с окружающим осадконакоплением. Цоколем массива в данном примере служит криноидная банка, одновозрастная с окружающими отложениями А. Внутреннее строение массива зональное с последовательным распределением по разрезу кораллов, строматопороидей, водорослей.

Модель I иллюстрирует случай, когда скорость роста органической постройки значительно превосходит скорость накопления окружающих отложений. Постройка в процессе роста значительно возвышалась над дном бассейна в качестве положительной структуры и достигала в высоту нескольких сотен метров. Заполнение впадины палеорельефа эвапоритами В и известняками С происходило после завершения развития постройки. Воз-

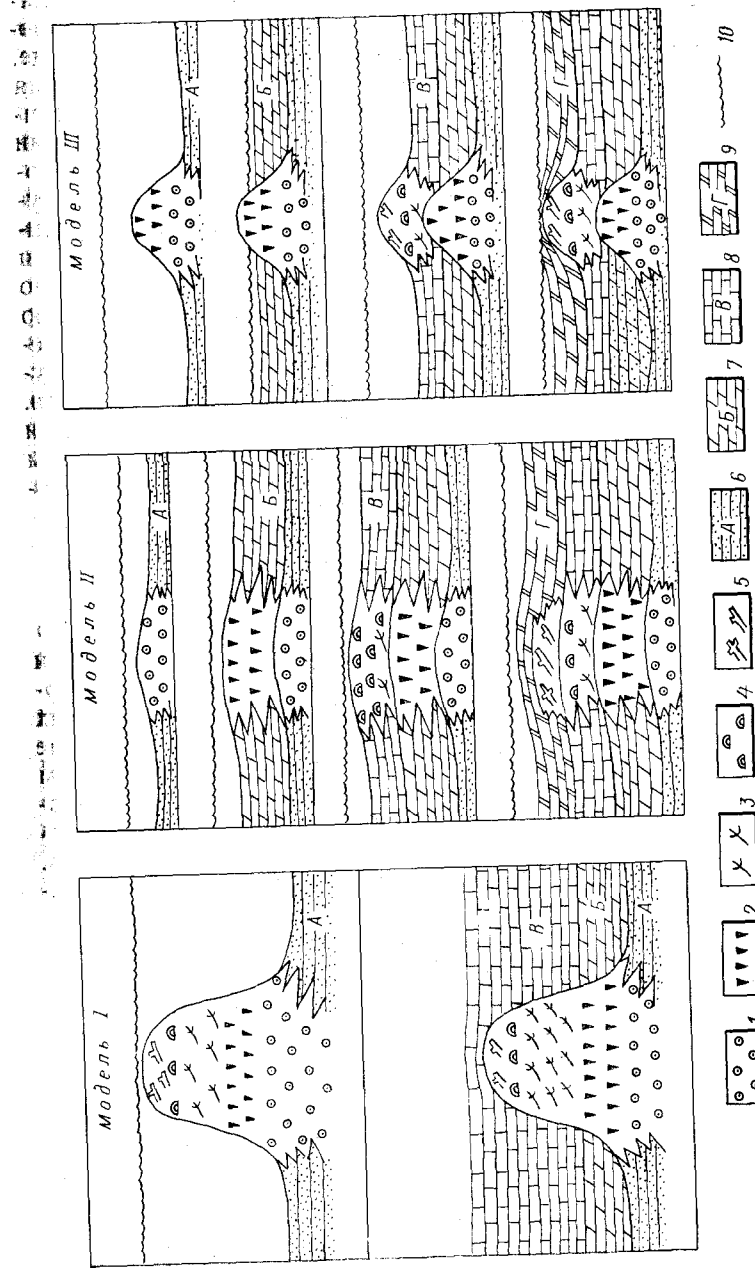


Рис. 32. Принципиально возможные модели развития сложных и сложно-дифференцированных построек во взаимосвязи с окружающим осадконакоплением, по К. Мезолелла, И. Робинсону и др. [Mesolella K. J., Robinson I. D. et al., 1974 г.]. 1—5 — известняки (1 — криноидные, 2 — коралловые, 3 — водоросельные, 4 — строматопороидные, 5 — строматолитовые); 6—9 — вмещающие отложения (6 — глинистые, 7 — эвапориты, 8 — известняки, 9 — известняки); 10 — уровень моря.

раст этих отложений более молодой относительно самого массива. Поскольку толщи заполнения механически прислоняются к твердой, круто стоящей поверхности органогенного карбонатного тела, то контакты в этом случае будут отчетливые, резкие, без признаков постепенных переходов. Вмещающие отложения утыкаются в тело постройки или имеют значительный первичный наклон прилегающих слоев. Важные сведения о наличии перерыва перед отложением толщи заполнения могут быть получены при изучении поверхностей контактов. В подобных случаях на поверхности построек могут наблюдаться зоны пиритизации [Муррей Дж. У., 1968 г.], инкрустационные каемки и корки обрастания [Андрусов Н. И., 1961], как это показано в табл. XVIII, органогенные структуры, срезанные поверхностью контакта. Прилегающие отложения по литологическим характеристикам и комплексам органических остатков в данном случае будут существенно отличаться от массивных известняков. В их составе отсутствуют простые органогенные постройки и биокластические шлейфы, образованные одновременно с ростом сложной постройки. Вблизи контактов, особенно в перекрывающих отложениях, могут наблюдаться обломки каркасных известняков, которые образовались в результате последующего размыва постройки. В этом случае в обломках наряду с каркасными известняками могут присутствовать другие породы, состав цемента может быть также различным.

Модель II. Органогенная постройка в процессе роста почти не возвышается на дне бассейна. На смежных участках морского дна происходит синхронное накопление одновозрастных отложений, соответственно каждой литолого-фациальной зоне внутри массива: эвапориты *Б* отвечают по возрасту коралловым фациям, известняки *В* — водорослево-строматопоридным, эвапориты *Г* — строматолитовым. Для подобного типа наиболее характерны контакты сростания и линзовидного выклинивания. В отложениях, окружающих массивы, могут присутствовать простые органогенные постройки (калиптры, биостромы, биогермы), образованные теми же каркасными организмами, что и основной массив. В составе вмещающих толщ обычны биокластические породы, которые слагаются обломками каркасных организмов и органогенных известняков, сносимых в процессе роста постройки в окружающий бассейн.

Модель III представляет собой более сложный вариант развития крупных построек. На отдельных этапах постройка значительно возвышалась в рельефе дна (стадия 1). Заполнение неровностей рельефа эвапоритами *Б* происходит после формирования коралловых известняков. На стадии 2 поверхность постройки выступала из-под уровня моря и подвергалась размыву. На стадии 3 рост нижней части массива происходит одновременно с накоплением известняков *В*. Верхняя водорослевая часть вновь образовала выступающий в рельефе дна холм, ко-

торый был перекрыт впоследствии эвапоритами *Г*. Естественно, что при таком процессе развития ископаемых построек и контакты их будут сложными, различными по типу в разных частях постройки.

Рассмотренные варианты представляют собой лишь идеализированные, принципиально возможные модели формирования построек. В природе взаимоотношения крупных органогенных массивов с вмещающими отложениями могут быть значительно более сложными и разнообразными. Например, в рифовых системах, которые развиваются на границе мелководных и глубоководных участков бассейна, наблюдается резкая асимметрия в распределении фаций и, следовательно, типов контактов с зарифовыми и предрифовыми отложениями. В примерах, показанных на рис. 32, органогенные постройки занимают устойчивое локальное положение, что может быть только при длительном сохранении сходных фациальных условий. В этом случае ископаемые массивы приобретают форму штоков с границами, близкими к вертикальным. При изменении условий роста, например при периодических трансгрессивных и регрессивных колебаниях уровня моря, постройки мигрируют по площади, распространяясь на участки, более благоприятные по своим глубинам [Link T. A., 1950; Кузнецов В. Г., 1971, 1978]. В результате форма ископаемых построек приобретает в разрезе сходство со стопкой бумаги, сдвинутой в сторону. Так как подобные движения происходят в природе в большинстве случаев медленно, то установить смещение границ по разрезу при картировании ископаемых массивов представляется сложной задачей, особенно при наличии складчатых и разрывных нарушений. В условиях недостаточной обнаженности разновозрастная, скользящая по разрезу литологическая граница массивных известняков может быть принята за стратиграфически синхронную. Примером этому может служить нижнекембрийский рифовый массив в Восточном Саяне [Задорожная Н. М., Журавлева И. Т., Репина Л. Н., 1972]. Литологическая граница рифовых известняков на протяжении 5 км смещается по разрезу в объеме двух биостратиграфических горизонтов, вследствие чего выходы их перекрывают последовательно стратиграфически все более высокие горизонты прибрежных фаций (рис. 33).

Достоверно установить характер границ сложных органогенных построек с вмещающими толщами бывает возможно при комплексном использовании биостратиграфического метода и литолого-фациального анализа как во вмещающих отложениях, так и в пределах массива. Для этих целей необходимо составить серию литолого-стратиграфических разрезов, пересекающих массив и вмещающие толщи. На основании скоррелированных по фауне разрезов составляются литолого-фациальные профили, на которых последовательно фиксируется стратиграфическое положение границ массивных органогенных известняков в каж-

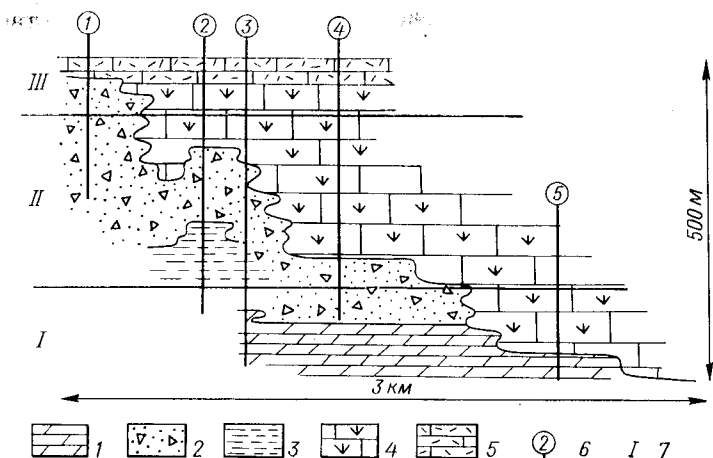


Рис. 33. Смещение литологической границы торжашинского рифового массива по разрезу в объеме трех биостратиграфических горизонтов (Н. М. Задорожная).

1-5 — нижний кембрий; 1-3 — зарифовые фации (1 — доломиты, известняки, мергели, 2 — известняковые брекчии, известняки, песчаники, 3 — мергели, известняки), 4-5 — фации рифового массива (4 — каркасные и субкаркасные известняки, 5 — субкаркасные и детритовые известняки); 6 — линии разрезов; 7 — биостратиграфические горизонты (I — базальский, II — камешковский, III — санаштыкольский).

дом пересечения. В целом это дает наглядное представление о соотношении биостратиграфических и литологических границ и степени смещения последних по разрезу, а также размещения фаций для каждого стратиграфического уровня.

Взаимоотношения сложных построек с перекрывающими отложениями могут быть разнообразными и требуют также детального анализа. Если органогенные постройки незначительно возвышались на дне водоема и имели выровненную кровлю, то более молодой возраст перекрывающих отложений устанавливается однозначно по положению в разрезе. В большинстве же случаев сложные органогенные постройки (рифы и некоторые типы биогермных массивов) создают резко расчлененный рельеф. Поэтому перекрывающие толщи могут иметь с ними различные взаимоотношения. В случае плащеобразного облекания неровностей древнего рельефа стратиграфически синхронная подошва перекрывающих слоев может оказываться на различных гипсометрических уровнях. При картировании эти базальные слои могут быть приняты за разновозрастные [Джесон У., 1968 г.]. При заполнении неровностей некомпенсированного рельефа осадки выполнения могли механически прислоняться к возвышающимся органогенным телам. В ископаемом виде эти значительно более молодые отложения могут приниматься за разновозрастные с породами органогенных построек (рис. 34).

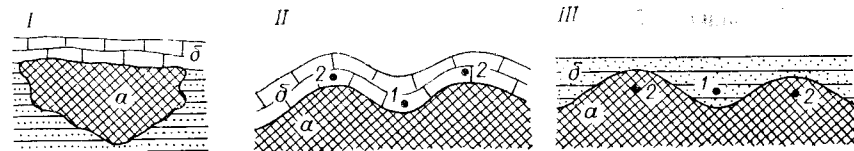


Рис. 34. Контакты сложных и сложно-дифференцированных построек с перекрывающими отложениями (Н. М. Задорожная).

I — перекрывающие отложения (б) залегают стратиграфически выше, на выровненной поверхности массива (а); II — перекрывающие отложения (б) перекрывают плащеобразно неровную поверхность массива (а). Одновозрастные слои (1, 2) оказываются на разных гипсометрических уровнях; III — перекрывающие отложения (б) выполняют неровности рельефа (а). На одном гипсометрическом уровне располагаются разновозрастные отложения (1, 2).

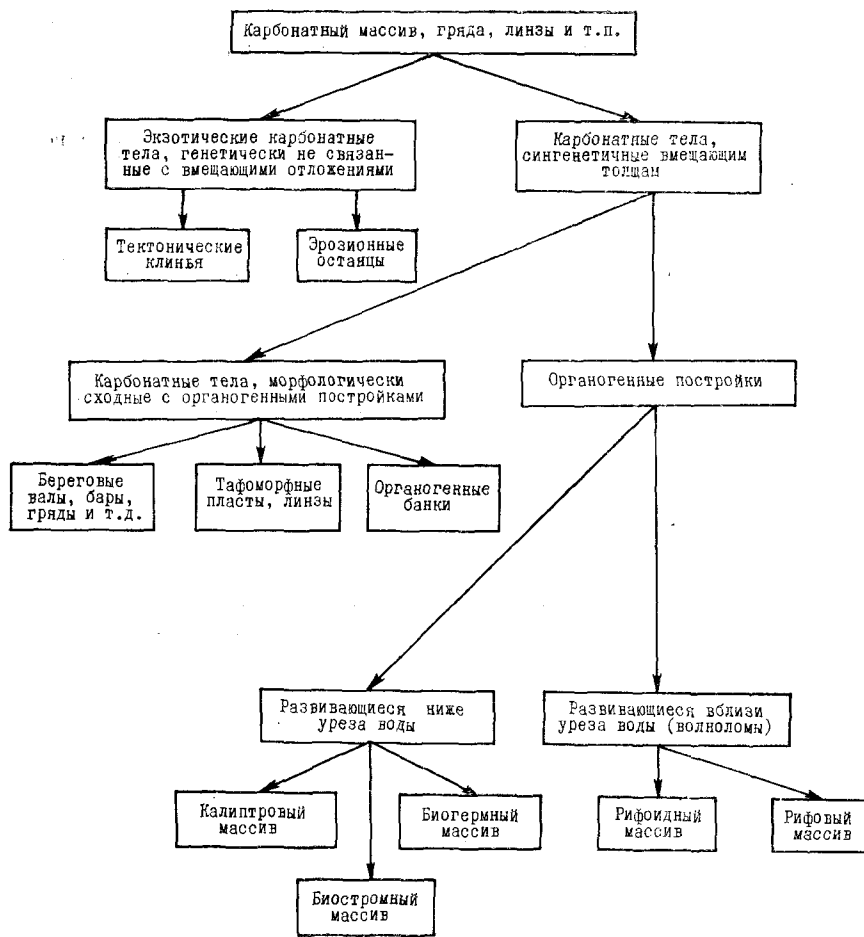
Решить вопрос, с каким из этих вариантов геолог имеет дело, возможно только после детального изучения контактов построек, органических остатков и фациального анализа отложений. Пример сложных взаимоотношений тортонского рифа с трансгрессивно перекрывающими сарматскими отложениями описан И. К. Королюк [1952]. В кровле рифовой гряды сарматские известняки сохраняются в глубоких понижениях первичного рельефа рифового массива. На отдельных участках вследствие выполнения сарматскими породами крупных неровностей в вертикальном разрезе возникает кажущееся чередование пород тортонского и сарматского возраста. Перерыв между ними устанавливается по наличию мергелево-афанитовых корок, облекающих и секущих колонии литотамний в рифовых известняках.

3.3.2.5. Определение генетического типа сложных и сложно-дифференцированных построек

Определение элементарных и простых построек (калиптр, биостромов, биогермов) обычно не вызывает затруднений и производится непосредственно при полевом их изучении. Иначе обстоит дело с калиптровыми, биостромными, биогермными и рифовыми массивами, установить генетическую сущность которых бывает возможно только после обобщающего анализа полевых и камеральных материалов. Прежде чем подойти к каким-либо выводам относительно природы карбонатных массивов, геологу по комплексу классификационных признаков приходится последовательно решать ряд альтернативных задач, исключающих возможные варианты принадлежности этих тел к различным генетическим категориям (см. разд. 1.2, 1.3). Принципиальный ход таких решений показан в табл. 7.

После того как определится принадлежность карбонатных тел к органогенным постройкам, остается не менее трудный вопрос о разграничении рифовых и не рифовых массивов. Как уже

Таблица 7



говорилось, эти типы построек объединяют внешнее сходство геологических тел, длительность развития, присутствие в их составе каркасных, биокластических и хемогенных известняков. Основные различия между ними определяются развитием рифов в качестве волноломных структур и, как следствие этого, специфическими особенностями строения рифовых массивов: значительный объем биокластических и хемогенных пород, определенная фациальная и экологическая зональность внутри массивов и в окружающих отложениях, наличие органогенно-обломочных шлейфов и т. д. (см. разд. 1.2, 3.13).

Однако в ходе геологической съемки при картировании крупных карбонатных массивов выявить признаки, характерные для

разных типов сложных и сложно-дифференцированных органогенных построек, не всегда удается легко и однозначно. Одной из основных причин этого является, как правило, сложный процесс формирования крупных органогенных построек во времени. В результате изменения палеотектонических и палеогеографических факторов органогенные постройки в разные этапы существования могли представлять собой попеременно либо рифы-волноломы, либо биогермные и другие типы органогенных построек, развивающиеся значительно ниже уровня моря. При этом чем более неустойчивыми были фациальные условия, тем более сложное строение приобретали ископаемые постройки. Установить последовательность разных стадий развития сложных построек в толще внешне однородных массивных известняков достаточно сложно, тем более что при изменении фациальных обстановок происходит пространственное смещение литолого-фациальных зон. Кроме того, работа осложняется вторичной перекристаллизацией и доломитизацией пород и, как правило, недостаточной обнаженностью крупных массивов. Каких-либо рецептов, которые бы однозначно позволяли определить генетический тип сложных и сложно-дифференцированных органогенных построек, не существует. Решить вопрос о принадлежности карбонатных массивов к ископаемым рифам возможно только в ходе детального изучения особенностей строения конкретных органогенных массивов и вмещающих толщ с помощью разнообразных методов и приемов геологической съемки. Здесь, очевидно, бесполезно еще раз напомнить, что геолог, занимающийся картированием столь сложных объектов, должен хорошо представлять себе классификацию ископаемых органогенных построек, быть знакомым со специальной литературой, а также иметь представление о строении современных рифов.

В методическом отношении в качестве примера реконструкции модели развития органогенной постройки во времени особый интерес представляют работы по изучению нижнепермского массива Шахтау в Башкирии, проводимые под руководством И. К. Королюк [Нижепермский биогермный массив..., 1970; Королюк И. К., Замилацкая Т. К., 1973 г.; Королюк И. К., Сидоров Л. Д., 1973 г.; Королюк И. К., 1975; Кулик Е. Л., Королюк И. К., Раузер-Черноусова Д. М., 1978 г.; Раузер-Черноусова Д. М., 1975 г.]. Массив Шахтау в современном выходе образует изолированную гору (1,5×0,8 км), возвышающуюся над выровненной долиной. Слагается массив в основном породами ассельского и сакмарского ярусов и лишь по окраинам его имеются незначительные участки артинских отложений. Детальные эколого-литологические исследования позволили выявить закономерное распределение фациальных зон на разных стратиграфических уровнях, а также сложный процесс развития массива во времени. Установлено, что в ассельское время здесь существовала подводная отмель с шамовелло-мшанковыми зарослями,

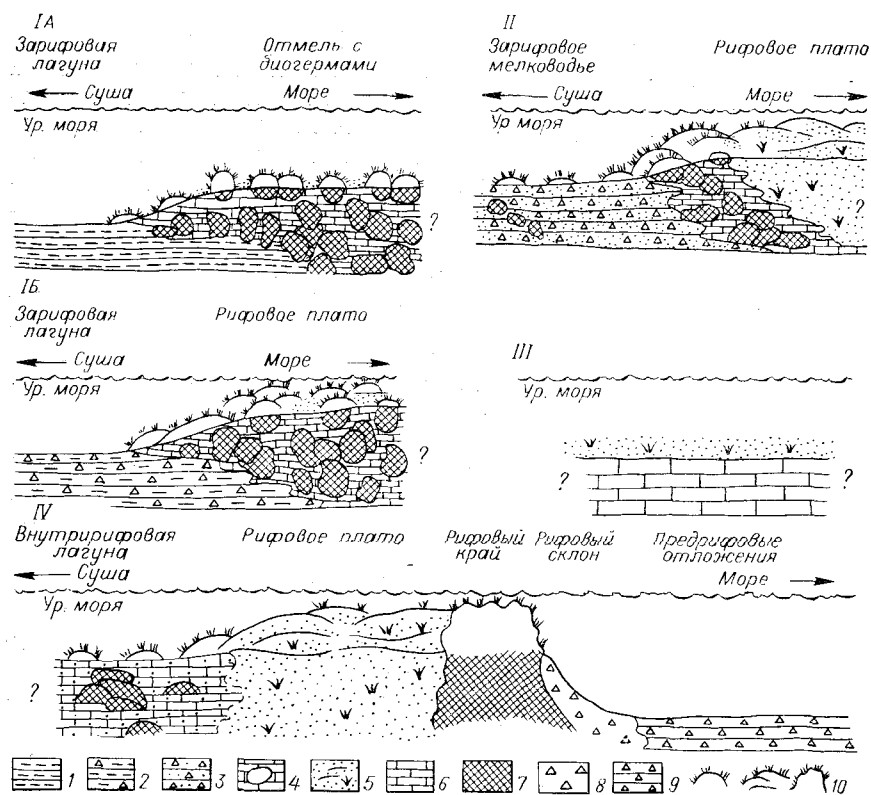


Рис. 35. История развития торгашинского рифового комплекса (Н. М. Задорожная).

Ранний кембрий. I — калтатское время (IA — подводная отмель с биогермами, IB — отмель с биогермами, достигающая уреза воды). Фации рифового плато и зарифовой лагуны; II — базанхско-камышковское время, рифовый этап развития массива: фации рифового плато и зарифовых прибрежных отложений; III — санаштыкгольское время, мелководные, водорослево-детритовые отложения; IV — обрубчевско-ранне-среднекембрийское время, новый этап рифового развития. Фации внутририфовой лагуны, рифового плато, рифового края и рифового склона.
1 — зеленовато-серые известняки, доломиты, мергели; 2 — брекчии каркасных известняков с доломитовым цементом; 3 — красноцветные брекчии, гравелиты, песчанки; 4 — биогермные массивы и биогермы с карманами плитчатых известняков; 5—9 — известняки рифового массива (5 — субкаркасные, 6 — водорослево-детритовые, 7 — каркасные, 8 — грубобрекчиевые, 9 — мелкобрекчиевые); 10 — живая зона.

с редкими брахиоподами, гастроподами, пелециподами и трилобитами, кораллами, губками, типичная в целом для биогермного массива. В начале сакмарского века произошла дифференциация отмели, которая до артинского века продолжала свое развитие как рифовая постройка с характерными фацциальными зонами рифового гребня, рифового плато, внутририфовой лагуны. Основными каркасостроителями в это время были мшанки, палеоаплезины, кораллы шамовеллы.

Другим примером сложного развития ископаемых построек может служить нижнекембрийский риф в Восточном Саяне [Задорожная Н. М., 1974]. В составе рифового массива (12×6 км) выделяется семь литолого-фацциальных зон, которые характеризуют фации рифового плато, рифового края, внутририфовой лагуны и подводных отмелей. На основе анализа в распределении фаций внутри массива, а также во вмещающих отложениях установлено, что в ранние этапы существования органогенные постройки развивались на подводных отмелях и представляли собой биогермные массивы. Позднее здесь существовали рифы, формирование которых временами прерывалось. На рис. 35 показана возможная модель истории развития торгашинского рифа, восстановленная по фациям, сохранившимся в современных выходах.

3.4. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ИСКОПАЕМЫХ ПОСТРОЕК

Некоторые представления о внутреннем строении крупных органогенных сооружений и о форме простых построек, их слагающих, возможно получить из предварительного осмотра обнажений и учета особенностей их рельефа. Массивные известняки органогенных построек представляют собой породы, наиболее устойчивые против денудации, и поэтому, как правило, выходы их образуют положительные крупнокальные формы рельефа. Изолированные карбонатные массивы образуют обычно одиночные горы со скальными обрывистыми склонами, например, такие как горы-одиночки в западном Предуралье: Шахтау, Юрактау, Тратау (см. табл. II). Они представляют собой выходы нижнепермских рифовых и биогермных массивов, вмещающие отложения которых в современном эрозионном срезе значительно размыты и перекрыты четвертичными отложениями. Системы ископаемых рифов, биогермных массивов обычно образуют в рельефе цепочки и гряды живописных холмов и гор, придающих неповторимое своеобразие ландшафтам. Благодаря светлой окраске органогенных известняков и причудливым скальным обнажениям выходы их отчетливо выделяются на местности, особенно вдоль склонов речных долин, как, например, выходы девонских рифов Урала (см. табл. I).

Наблюдения над морфоструктурными особенностями рельефа в районах распространения органогенных построек выявляют определенную зависимость формы обнажений массивных известняков от особенностей строения органогенных построек. При этом общий облик ландшафта зависит от типа крупных органогенных построек, детали обнажений определяются формой простых построек, их слагающих.

Органогенные массивы, в которых простые органогенные постройки не обособляются, образуют крупнокальные монолит-

ные выходы (табл. XXI). Если среди подобных известняков находятся гнезда и линзы слоистых пород, то на участках их распространения при выветривании обычно образуются ниши. Сложные постройки, состоящие из тесно расположенных, слившихся дилофонидных биогермов, образуют в рельефе округло-глыбообразные обрывистые скалы, без четкого обособления отдельных биогермов. Лишь местами наблюдаются куполовидные выходы, отражающие первичную форму биогермных построек (см. табл. XIII). Иной облик выходов имеют биогермные массивы, которые слагаются неотчетливо обособленными монолофонидными биогермами. Они образуют либо сглаженные крупные плоскости, почти не выступающие в рельефе, либо имеют неотчетливо-ступенчатую форму выходов (см. табл. XXIII). В районе развития подобных построек в рельефе преобладают плохо обнаженные, невыразительные сопки. В полибиогермных массивах, состоящих из обособленных биогермов со слоистыми межбиогермными отложениями, неустойчивыми к процессам выветривания, биогермы образуют обычно скальные выходы с пониженными участками между ними. Примером этому служат выходы рифового массива по р. Базаихе в Восточном Саяне. На участке против Мраморного карьера склоны гор усеяны здесь изолированными скальными обнажениями, имеющими куполовидные очертания, которые представляют собой останцы биогермов. Пониженные задернованные участки между ними соответствуют размытым межбиогермным фациям (табл. XXII, 2, 3).

В некоторых случаях по смене характера выходов массивных известняков возможно судить об изменениях в строении органогенных построек. Например, в табл. XXII, 1 показаны выходы нижекембрийского рифового массива. На фотографии видно, что крупные скалы массивных известняков в нижней части склона сменяются на водоразделе выходами, имеющими полого-террасовидную форму обнажений. Изучение этих образований показало, что скальные обнажения слагаются субкаркасными, а неотчетливо-плитчатые — водорослево-детритовыми известняками.

Наблюдения над особенностями обнажений с органогенными постройками лучше производить с некоторого расстояния, например с соседних сопкок, поскольку при близком осмотре скальных выходов не улавливаются крупные элементы рельефа. Существенную помощь могут оказать фотографии и панорамы, на которых обычно отчетливо проступают особенности выходов массивных известняков. Сведения, полученные при наблюдении за особенностями рельефа, необходимо подтверждать другими данными, так как при выветривании органогенных слоистых известняков могут также возникать куполовидные контуры обнажений, которые легко принять за отпрепарированные биогермные постройки.

3.5. СОСТАВ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД В ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЙКАХ И ВО ВМЕЩАЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Изучение состава карбонатных пород, органогенных построек и вмещающих отложений является одним из ведущих методов выявления условий их формирования и последующего преобразования на разных стадиях литогенеза.

Минералогический состав известняков, слагающих органогенные постройки, определяется первоначальным составом каркасных организмов. Наиболее распространенным минералом в современных рифах является арагонит, в меньшей степени — высокомагнезиальный кальцит. Такие каркасные организмы, как зеленые водоросли, шестилучевые кораллы, некоторые гидроидные и восьмилучевые кораллы, большинство брахиопод, пелеципод и цефалопод, строят свой скелет из арагонита, а багряные водоросли, восьмилучевые кораллы (горгонарии и альционарии), известковые губки и большинство фораминифер — из высокомагнезиального кальцита. Арагонит и высокомагнезиальный кальцит являются неустойчивыми минералами и в условиях дна и катагенеза переходят в низкомагнезиальный кальцит. Высвобождающийся магний способствует доломитизации пород, которая может начинаться еще в морском бассейне в результате просачивания или испарения морской воды. Поэтому основными минералами в составе древних органогенных построек являются кальцит и доломит. Наибольшим распространением пользуются известняки с низкомагнезиальным кальцитом. Достаточно широкое распространение имеют доломит и обогащенные доломитом известняки. Минералы, связанные с процессами ожелезнения, сульфидизации или окремнения, занимают подчиненное положение. Терригенная примесь в карбонатных породах не превышает обычно 3%. Химически чистым составом органогенных известняков обусловлены преобладающие белые и светло-серые их окраски. Розоватые, желтоватые и коричневатые оттенки связаны обычно с присутствием окислов железа или марганца. На цвет биогермных известняков может влиять примесь органического вещества, при больших содержаниях которого порода приобретает темно-серый и даже черный цвет.

В составе карбонатных отложений, вмещающих органогенные постройки, преобладают кальцит, доломит и примесь терригенных минералов. Реже встречаются кремнистые, сульфатные минералы, магнезит, сидерит, органическое вещество и др.

Общепринятой классификации и терминологии карбонатных пород по вещественному составу не существует. Наиболее распространенными являются классификации, основанные на количественном соотношении каких-либо ведущих компонентов: известняк — доломит, карбонат — алевроит (песчаник), карбонат —

глина и т. д. Обзор их приведен в [«Атласе текстур и структур осадочных горных пород» 1969 г., ч. 2]. В практической работе используют обычно схемы соотношения трех наиболее распространенных компонентов, которые изображают на треугольных диаграммах, например известняк — доломит — терригенная примесь [Вишняков С. Г., 1956 г.; Фролова Н. В., 1939 г.; Чистяков П. А., 1956 г.], известняк—доломит—глина [Муратов М. В., 1940 г.; Теодорович Г. И., 1958 г., и др.]. Вещественный состав удобно давать в виде процентных содержаний каждого присутствующего в ней компонента. Терригенно-известковая группа по содержанию нерастворимого остатка (НО) делится на подгруппы, %: 1) 5—10, 2) 10—20, 3) 20—50, 4) 50—70, 5) 70—90. В известково-доломитовых породах по содержанию доломита выделяются: доломитистый известняк (5—20 %), доломитовый известняк (20—50 %), известковый доломит (50—90 %), доломит (90—100 %). Окончательная характеристика вещественного состава карбонатных пород дается после изучения шлифов и результатов анализов.

3.5.1. ДОЛОМИТЫ В ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЙКАХ И ВО ВМЕЩАЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Доломиты в составе органогенных построек имеют различное происхождение. По источнику магния и времени образования они могут быть первичными, т. е. связанными с седиментационным балансом веществ, и вторичными, не отражающими первичного состава осадков.

Седиментационные и седиментационно-диагенетические, «первичные», доломиты образуются в результате аккумуляции осадочного, в том числе биогенного, доломита или метастабильных высокомагнезиальных карбонатных минералов. Такие доломиты своим минеральным составом отражают гидрохимическую обстановку карбонатообразования. До последнего времени считалось, что первично доломитовые постройки распространены исключительно в докембрии. Однако М. А. Минаевой установлены первично доломитовые биогермы в кембрии Сибирской платформы [Минаева М. А., Писарчик Я. К., 1974 г.; Минаева М. А., 1977 г.]. Масштаб этого явления пока не ясен, поскольку подобные примеры более не известны. Широкое распространение первичные, седиментационные, доломиты имеют в составе фаций, связанных пространственно с органогенными постройками. Довольно обычны в древних рифовых комплексах фации лагунных доломитов. Образование доломитов происходило здесь в отшнурованных участках мелководных бассейнов, где роль барьеров выполняли органогенные постройки.

Вторичные доломиты играют большую роль в минеральном составе органогенных построек. Известны многочисленные примеры, когда органогенные постройки целиком превращены в до-

ломиты, в которых не сохраняются первичные структуры. Но чаще доломитизация является частичной и доломит развивается избирательно по цементу или по скелетным остаткам. Особенно характерен вторично доломитовый состав для рифов, обрамляющих солеродные бассейны. Примером могут служить рифы по периферии бассейна Салина в Америке [Joodry R. L., 1969 г.]. Доломитизация известняков может быть многофазной, связанной с разными этапами пороодообразования [Страхов Н. М., 1956 г., 1958 г.; Швецов М. С., 1958 г.; Теодорович Г. И., 1958 г., 1960 г.; Осипова А. И., Бельская Т. Н., 1972 г.; Маслов В. П., 1950; Fairbridge R. W., 1957 г., и др.]. Выделяются доломиты диагенетические и эпигенетические.

Диагенетические, в разной степени «первичные» и «вторичные», доломиты образуются в результате перераспределения мобилизованного диагенетическими процессами магния, входящего в решетку биогенного и цементирующего карбоната. Эти доломиты отражают особенности состава порообразующих организмов, скелеты и слоевища которых в разной степени обогащены карбонатом магния, а также специфику интенсивно пористых каркасных пород. Например, в меловых рифовых известняках Горного Крыма диагенетическая доломитизация связывается с повышенным содержанием $MgCO_3$ в известковых остатках серпулид (до 10,8 %) и мшанок (до 5 %) [Шехоткин В. В., 1973 г.]. Особая роль в подобных процессах принадлежит водорослям, которые аккумулируют карбонат магния, и кроме того, создают среду, благоприятную для кристаллизации доломита. Например, в отмерших частях *Lithophyllum* содержится до 6,2 % $MgCO_3$. Высокомагнезиальный кальцит наблюдается также в цементе современных органогенных построек. В ямайских рифах с магнезиальным кальцитом цемента поступает количество магния, эквивалентное 30—50 % доломита в минералогически стабилизированном карбонате [Land L. S., Goreau T. F., 1970 г.].

Эпигенетические, вторичные, доломиты замещения возникают в результате воздействия на рифовые известняки минерализованных растворов. Это происходит, как правило, после прекращения роста рифа. Магний поступает в этом случае извне, с глубинными подземными или метаморфизованными морскими водами. Метасоматические доломиты имеют ряд разновидностей в зависимости от источника магния, условий и стадии замещения. Доломитизация, связанная с осушением поверхности рифовой постройки, является, по существу, продолжением диагенетических процессов до погребения рифа в толще осадков. Основными факторами здесь являются, по-видимому, повышенная соленость воды в рифовой лагуне или выпаривание вод в неровностях рельефа на осушенной поверхности рифовой постройки. Мощным фактором вторичной доломитизации погребенных рифовых известняков являются нефтяные воды [Осипова А. И.,

Бельская Т. Н., 1972 г.] и подземные растворы, имеющие ювенильное происхождение [Патрунов Д. К., 1973 г.].

Примеры развития разных генераций вторичного доломита находятся в атоллах Новой Каледонии. Здесь выделяются: 1) избирательная доломитизация по структурным элементам из арагонита и криптокристаллического кальцита; 2) доломитизация, связанная с проникновением в породы морских вод; 3) доломитизация под влиянием субаэральных условий [Bouguilh Fr., 1972 г.].

Доломиты могут замещаться кальцитом. Этот процесс известен как дедоломитизация. Она приводит к образованию «доломитовой муки» или кальцитизированных доломитов, обладающих повышенной пористостью. Дедоломитизация обычно связана с сульфатностью подземных вод, что может иметь место в зоне затрудненного водообмена [Каледа Г. А., 1958 г.] или в приповерхностных условиях при гипергенезе [Махлаев В. Г., 1957 г.].

Генетические процессы доломитообразования изучаются комплексом полевых наблюдений, петрографических исследований и лабораторных анализов. Руководствами здесь могут служить раздел «Перекристаллизация и доломитизация рифовых массивов» в книге В. Г. Кузнецова [1978], главы «Генезис и распространение доломитов» (Фридман Г. М., Сендерс Дж. И.) и «Химизм доломитообразования» (Хоу К. Дж.) из двухтомника «Карбонатные породы» [1971 г.], глава «Диагенез и катагенез карбонатных пород» [Чилингар Г. В., Биссел Г. Д. и Вольф К. Х., 1971 г.] из книги «Диагенез и катагенез осадочных образований», статья А. И. Осиповой и Т. Н. Бельской [1970 г.]. В целом при картировании важно не только выделить органогенные постройки, сложенные доломитом, но и попытаться разобраться в характере доломитизации. Это имеет значение для выявления отдельных моментов геологической истории и прогноза полезных ископаемых, поскольку доломитизированные рифовые известняки могут быть коллекторами нефти и газа, содержать полиметаллическое оруденение и сами по себе являются ценным минеральным сырьем для металлургической (огнеупорный материал и флюс), строительной промышленности и др.

3.5.2. МЕТОДЫ ПОЛЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ДОЛОМИТОВ

При картировании отложений с органогенными постройками необходимо, во-первых, различать известняки и доломиты, которые могут иметь текстурное и структурное сходство, и, во-вторых, знать признаки, позволяющие отличать доломиты разного генезиса.

Наиболее простым способом различения доломитов и известняков в полевых условиях является реакция с разбавленной (5 % HCl) соляной кислотой: чистые известняки вскипают

бурно, потрескивая; доломитистые известняки — бурно, но без потрескивания; доломиты не вскипают совсем. Однако в случае даже чистого доломита в породе отмечается присутствие кальцита в мелких прожилках и порах, что может затушевывать результаты реакции. Поэтому работа с кислотой требует определенного навыка. Протравливать породы соляной кислотой следует на хорошо препарированных поверхностях обнажения и в свежих сколах. Нередко приходится проводить дополнительную зачистку обнажений, промывать их поверхность водой или обметать пучком травы. В маршрутах кислоту удобно хранить в полиэтиленовых баллончиках вместимостью 100—200 мл, которые помещают в полиэтиленовый мешок. На горлышко баллона надевается детская соска, проколота иглой. При геологической съемке карбонатных пород геолог обязательно должен пользоваться соляной кислотой, поскольку протравливание 5 % HCl позволяет уже в поле провести массовое опробование разрезом и достаточно четко диагностировать их состав, выявить соотношение известняков и доломитов.

Для диагностики карбонатных минералов известны методы окрашивания поверхности породы различными красителями: ализарином, магниезом, хлорным железом и т. д. [Кнауэр Э., 1958 г.; Методические указания..., 1969 г.]. Однако вследствие смешанного состава и мелкозернистого сложения пород эти методы зачастую оказываются малоэффективными. Наиболее широко методы окрашивания применяются при петрографическом изучении шлифов (см. разд. 6.2).

Различать известняки и доломиты в полевых условиях при некотором навыке возможно также по структурным, текстурным особенностям и внешнему облику пород. Кроме того, имеется ряд признаков, которые позволяют отличать седиментационные доломиты от вторично доломитизированных пород.

Органогенные постройки, сложенные первичными доломитами, имеют такие же морфологические особенности, как и постройки, состоящие из известняков. Основным признаком первичных доломитов является прекрасная сохранность микроструктур, отсутствие реликтов пелитоморфного кальцита и следов метасоматического доломита, что показано на примере рифейских строматолитов [Серебряков С. Н., 1975 г.] и водорослевых построек нижнего кембрия Восточной Сибири [Минаева М. А., Писарчик Я. К., 1974 г.; Минаева М. А., 1979 г.].

Для седиментационных доломитов, заключающих органогенные постройки, характерны тонкослоистые текстуры, следы пластических деформаций осадков, терригенная примесь, распределенная послойно, хорошо выраженные пласты, прослеживающиеся на значительное расстояние. На поверхностях напластования можно видеть трещины усыхания, знаки волновой ряби. Характерен специфический комплекс фауны из угнетенных или эвригалинных форм (часто это остракоды и микроостракоды,

сохраняющие кальцитовый скелет). Окраска пород от красно-коричневой разной интенсивности до серо-зеленой, желтовато-серой, почти белой. Изменение цвета происходит посылно, наблюдаются также пятнистые разности. Доломиты с поверхности выветривания часто покрыты бархатистой желтоватой корочкой. Структуры пород микро- и тонкокристаллические (менее 0,05—0,001 мм), нередко сгустковые. В рифовых комплексах седиментационные доломиты могут находиться в тесной ассоциации с водорослевыми известняками, эвапоритами, а также с карбонатными песчаниками, которыми слагались барьеры, ограничивавшие отдельные мелководные участки дна [Теодорович Г. И., 1960 г.; Осипова А. И., Бельская Т. Н., 1970 г.].

Большинство органогенных построек проходит стадию диагенетической доломитизации, которая проявляется от едва заметной примеси ромбоэдрических кристаллов доломита до полного замещения первичного кальцита доломитом. Для диагенетических доломитов характерны: развитие в форме пятен, линз, зон; избирательная переработка структуры (по цементу либо по скелетности остаткам каркаса); ромбоэдрические крупные кристаллы доломита, которые на отдельных участках сливаются в сплошную мозаику. Яснокристаллический доломит диагенетического происхождения выполняет полости, находится в составе цемента и органогенного каркаса. Внешне доломитизация проявляется пятнистой светло-желтой и охристой окраской, шероховатой микропористой корочкой выветривания. Такой тип доломитизации установлен, например, В. П. Масловым в рифовых фациях Уфимского плато. В известняках наблюдается здесь массовое развитие чистых, с четкой огранкой ромбоэдрических кристаллов доломита (0,01—0,05 мм), рассеянных среди цемента, а также частое внедрение их внутрь органических остатков [Маслов В. П., 1950].

Вторичная эпигенетическая доломитизация сопровождается развитием крупнокристаллических мозаичных структур, слабым проявлением или отсутствием избирательности относительно цемента и элементов каркаса, более или менее равномерным охватом как собственно органогенных построек, так и вмещающих карбонатных осадков. Органогенные постройки в результате оказываются включенными в толщи вторичных доломитов. Доломитизированные участки имеют форму штоков и крупных полей с извилистыми контурами, которые, распространяясь на различные фации, в той или иной мере затушевывают седиментационные границы. В этих случаях формируются светлые крупнокристаллические доломиты с сахаровидно-искристым сколом, покрытые белесой, шероховатой корочкой выветривания, нередко интенсивно обохренные. Реликты первичных структур не сохраняются. Для доломитов характерны стилолитовые швы, повышенная трещиноватость, иногда они принимают брекчиевидный облик. Полная доломитизация рифовых известняков от-

мечается, например, в силурийском рифе Петерс из Мичиганского бассейна. В первую диагенетическую фазу доломитизация носила частичный характер, во вторую — замещение доломитом захватывало породу целиком [Шарма Г. Д., 1968 г.].

Вследствие многостадийности процессов доломитизации в органогенных постройках и возможного присутствия первичных доломитов не всегда удается достоверно определить тип и время возникновения доломитов. С этой целью при изучении состава карбонатных пород, слагающих и вмещающих органогенные постройки, важно собрать представительную коллекцию образцов для последующего минералого-петрографического их изучения. Особенно тщательно образцы должны быть отобраны в зонах смены известняковых пород доломитовыми. Делаются зарисовки таких обнажений и на них помечаются места взятия образцов. Из одного штуфа берутся образец для коллекции, шлиф и кусок массой 50 г для определения карбонатности. Образцы и шлифы следует отбирать ориентированными относительно плоскости напластования. Шлиф должен представлять собой зеркальный скол образца. Для дополнительных анализов и иллюстрации текстурных особенностей отбираются крупные штуфы (до 15 см).

3.6. ЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОРОД ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЕК

Литологическое изучение пород органогенных построек необходимо для установления их типа и выяснения условий образования. Основная задача при этом сводится к выделению генетических типов карбонатных пород и анализу распределения их в составе органогенной постройки. Важнейшим генетическим типом являются каркасные известняки, которые составляют обязательную основу ископаемых органогенных построек. В простых постройках они целиком слагают геологическое тело, в сложных — присутствуют совместно с сопутствующими отложениями.

3.6.1. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ КАРКАСНЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ

Каркасные известняки состоят из двух компонентов: органогенного каркаса и заполнителя. Каркас образован взаимно обрастающими известковыми организмами, которые захоронились в прижизненном положении. Органогенный каркас характеризуют: 1) таксономический состав и количество каркасообразующих организмов, 2) распределение их в породе, 3) взаимоотношение органических остатков. Эти признаки определяют внутреннее строение органогенных построек.

Вторым компонентом каркасных известняков является материал-заполнитель, находящийся в полостях и ячейках каркаса. Он состоит из обломочного, детритового, шламового или хемогенного карбоната, а также целых раковин сопутствующих организмов (рифоллюбов). Количественное соотношение каркаса и заполнителя — важнейший признак каркасных известняков, поскольку каркасные организмы могут встречаться в виде отдельных колоний или одиночных форм в известняках любого происхождения. Для обоснованного выделения каркасных известняков необходимо, чтобы остатки каркасных организмов составляли не менее 30 % объема породы. При меньших содержаниях существование каркаса сомнительно и относить такую породу к каркасному типу не следует. Например, среди верхнеюрских отложений Юго-Западного Гиссара встречаются массивные пелитоморфные и комковатые известняки, содержащие редкие (до 5 %) колонии кораллов, известковых губок, сине-зеленых водорослей (15—20 %). Эти отложения формировались в тыловых участках рифовых комплексов и не являются органогенными постройками. От каркасных известняков следует отличать тафоморфные и желваковые известняки, которые могут содержать до 70—80 % остатков организмов, но не в прижизненной ориентировке (см. разд. 1.3).

Присутствие органогенного каркаса легко устанавливается, если известняк более чем наполовину состоит из скелетных остатков организмов-каркасостроителей, находящихся в положении роста и связанных взаимным обрастанием (см. табл. III—V). Когда же объем каркасостроителей составляет менее половины объема известняков органогенной постройки, расшифровать каркасную природу их не всегда легко. Тем более что процессы перекристаллизации и доломитизации нередко целиком уничтожают всякие следы организмов. В этом случае на наличие каркаса могут указывать резкие контакты с вмещающими отложениями, холмовидная форма массивов, сонахождение их с другими постройками, содержащими остатки каркасных организмов.

Первичные структуры каркасных известняков включают множество разновидностей и зависят от состава слагающих организмов. Этим определяются названия структур: коралловые, водорослевые, губковые, рудистовые и т. д. Палеонтологические определения позволяют дать более точные определения: стилиновая (кораллы), соленопоровая (багряные водоросли), дицеравовая (рудисты) и др. При отсутствии палеонтологических определений структурам можно давать формальные названия: звездчатая, рубчатая и др.

Для заполнителя характерны структуры, обычные для слоистых известняков: обломочная, детритовая, шламовая, комковатая, сгустковая, реже оолитовая, пелитоморфная. Для обломочных структур характерно преобладание обломков органиче-

ских остатков, развитых в постройке. В целом название структуры каркасных известняков формируется из названия структуры каркаса и заполнителя. Например, среди верхнеюрских биогермных известняков Юго-Западного Гиссара выделяются соленопоровые известняки с оолитовым заполнителем (или оолитово-соленопоровые), соленопоровые известняки с органогенно-обломочным заполнителем, текосмилиевые (коралловые) известняки с детритово-сгустковым заполнителем и др.

Текстуры каркасных известняков определяются формой роста и взаимным расположением скелетных остатков ископаемых организмов. Имеются следующие формы колоний и слоевищ: кустистая, древовидная, гребневидная, сферическая и др. (см. разд. 1.5), а также сочетания этих форм (рис. 36). По расположению остатков ископаемых организмов выделяют текстуры: однородную (равномерное расположение организмов одной или нескольких форм), пятнистую (пятнистое расположение организмов с различными формами роста), зональную (закономерная смена организмов с различными формами роста). Зональность может быть вертикальной, обусловленной сменой каркасных организмов с различной формой роста сверху вниз по разрезу, горизонтальной — по площади, и концентрической — крупными концентриками вокруг центральной части постройки. Смена различных форм роста обычно совпадает со сменой родов или более крупных таксономических категорий (рис. 37). Но иногда один и тот же организм может давать различные формы роста. Например, в центральной части верхнеюрского Гаурдакского биогермного массива (Юго-Западный Гиссар) выделяются две зоны: нижняя образована массивно-корковидными и верхняя — массивно-древовидными колониями кораллов *Microsolena*.

Наиболее характерным текстурным признаком каркасных известняков является отсутствие слоистости (массивность). Некоторые биогермные известняки обладают неясной биоморфной слоистостью, обусловленной нарастанием организмов, обладающих корковидной формой роста (некоторые водоросли, строматопороидеи, корковидные колониальные кораллы) или чередованием различных форм колоний и слоевищ [Ботвинкина Л. Н., 1962 г.; Смирнов Г. А., 1968].

Вторичные структуры каркасных известняков образуются при диагенезе, катагенезе и гипергенезе. Среди них выделяется два класса: 1) не связанные с изменением химического состава пород (перекристаллизация, грануляция, выполнение пор и пустот, растворение и др.); 2) связанные с изменениями химического состава (доломитизация, ожелезнение, окремнение, сульфатизация и др.).

Перекристаллизация (с увеличением размера кристаллов) широко развита в крупных, морфологически четко выраженных постройках. По форме новообразований выделяются текстуры: пятнистая, прожилковая, равномерная; по интенсивности

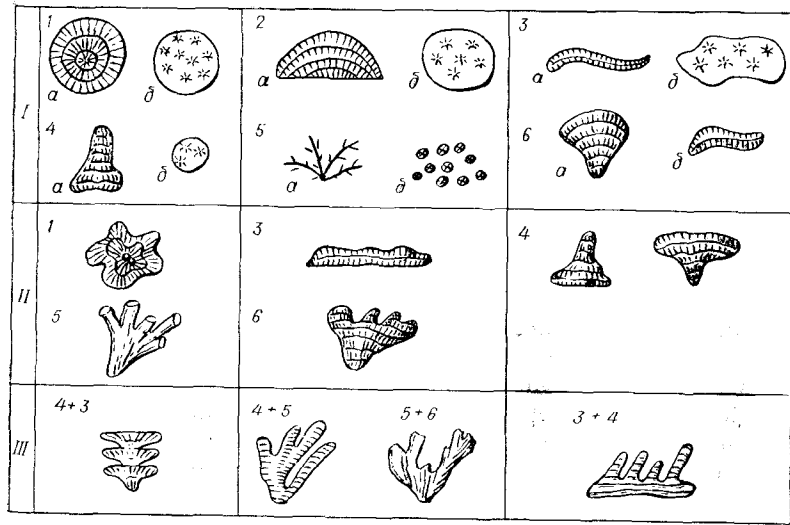


Рис. 36. Формы роста каркасных организмов на примере колоннальных верхнеюрских кораллов, Юго-Западный Гиссар (Н. К. Фортунатова).

I — основные формы (1 — сферическая, 2 — полусферическая, 3 — корковидная, 4 — столбчатая, 5 — кустистая, 6 — веерообразная); II — разновидности основных форм (1 — сферическая с неровной поверхностью, 3 — лизовидная с неровной поверхностью, 4 — столбчатая с расширенным основанием или верхней частью, 5 — древовидная, 6 — веерообразно-гребенчатая); III — сочетания основных форм; а — форма в разрезе; б — форма в плане.

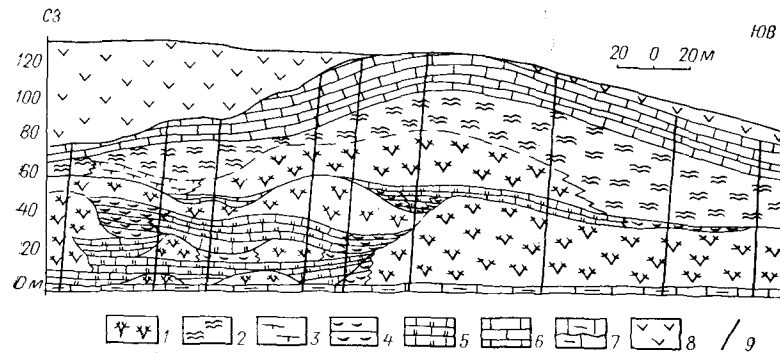


Рис. 37. Литолого-фациальный профиль Хильванчского биогермного массива. Верхняя юра, Юго-Западный Гиссар (Н. К. Фортунатова).

1—7 — известняки; 1—2 — каркасные (1 — коралловые, 2 — водорослевые); 3—5 — сопутствующие (3 — пелитоморфные неяснослоистые, 4 — детритовые средне- и тонкоилитчатые, 5 — пелитоморфные доломитизированные); 6 — перекрывающие биогермный массив пелитоморфные и комковатые; 7 — подстилающие биогермный массив пелитоморфные, волнистослойчатые; 8 — современные отложения; 9 — линии вертикальных разрезов.

процесса — частичная и сплошная перекристаллизация. При сплошной перекристаллизации первоначальная структура не сохраняется и известняк превращается в породу, сложенную средне-крупнокристаллическим карбонатом. В каркасных известняках сплошная перекристаллизация — явление довольно редкое, обычно сохраняются участки с реликтовыми структурами. Наиболее часто перекристаллизация затрагивает скелетные части организмов (каркас). Неизменные участки заполнителя (пелитоморфного, комковатого, шламового карбоната) как бы подчеркивают первичную структуру известняка. В некоторых случаях удается наблюдать, как перекристаллизация, начинаясь у краев скелетных остатков или первичных полостей, постепенно разрастаясь, захватывает и карбонатный материал заполнителя. При сильной перекристаллизации «...иногда сохраняются лишь силуэты или «призраки» исчезнувших структур благодаря присутствию тонкораспыленного точечного включений остатков органического вещества, рельефно выделяющегося на фоне светлых кристаллов новообразованного кальцита или доломита» [Ископаемые органогенные постройки..., 1975, с. 87].

Грануляция (перекристаллизация с уменьшением размеров кристаллов) играет незначительную роль в изменении первичной структуры каркасных известняков. Предположение о грануляции возникает в тех случаях, когда исследователь сталкивается с массивными холмообразными телами, сложенными пелитоморфными или тонкокристаллическим кальцитом, не содержащим или содержащим незначительное количество скелетных остатков организмов. Происхождение этих тел обычно остается дискуссионным. Дж. В. Чилингар отмечает, что этим процессом можно объяснить образование «рифовых банок» неопределенного генезиса, сложенных тонкокристаллическим кальцитом [Чилингар Дж. В., Биссел Х. Д., Вольф К. З., 1971 г., с. 121].

Инкрустации (структуры выполнения первичных полостей) являются наиболее характерным признаком каркасных известняков [Маслов В. П., 1950; Смирнов Г. А., 1968; Шуйский В. П., Мухина В. П., 1968; Теодорович Г. И., 1950 г., с. 91]. Инкрустации (или крустификации) — известковые корки, сложенные удлиненными кристаллическими зернами кальцита (реже доломита), нарастающие на стенках пустот в каркасных известняках. Для инкрустации характерно зональное строение. Первая (краевая) зона обычно представлена агрегатом лучисто-радиального кальцита. Вторая зона часто состоит из удлиненных кристаллических зерен кальцита, ориентированных поперек первоначальным [Ископаемые органогенные постройки..., 1975, с. 89; Шуйский В. П., Мухина В. П., 1968, с. 91—93]. Иногда в органогенных постройках наблюдается чередование кальцитовых и доломитовых инкрустаций, например в кайнозойских известняках

атолла Фунафути [Schlanger S. O., 1965 г.]. Среди инкрустаций могут встречаться так называемые «сингенетичные», образующиеся по стенкам полостей в органогенном каркасе до отложения осадка-заполнителя. На это указывает наличие карбонатного материала в центре полости с инкрустационным обрамлением. Такие инкрустации можно рассматривать и как вторичные (по отношению к каркасу), и как первичные (по отношению к заполнителю). Последовательность может быть и обратной: карбонатный осадок наполовину заполняет полость, а в оставшейся части отлагается более поздний инкрустационный кальцит или доломит. Чаще инкрустации целиком выполняют полости, и вопрос о времени их образования остается открытым.

С хемогенными инкрустациями не следует смешивать биогенные инкрустации — обволакивания полостей корками водорослей, трубочками серпул и др., которые относятся к первичным структурам. Их следует называть структурами обрастания и рассматривать в составе органогенного каркаса. В некоторых постройках первичные полости выполнены крупнокристаллическим кальцитом, который лишен зональности и ориентировки кристаллов. В этих случаях кальцит выполнения полостей можно спутать с пятнистой перекристаллизацией. Для кальцита, выполняющего полости, характерны: резкий контакт между мозаичным агрегатом кальцита и скелетом породы; коррадированность, осветленность стенок пустот; увеличение размеров кристаллов в направлении от стенок; прозрачность и бесцветность кальцита [Чилингар Дж. В., Биссел Х. Д., Вольф К. З., 1971 г., с. 206].

Пористость и кавернозность (первичная и вторичная) являются существенными признаками каркасных известняков. К первичным относятся поры и пустоты в скелете организмов, образующиеся при их отмирании, а также полости между скелетными остатками, лишенные заполнителя (см. табл. IV, рис. 4). Они зависят от типа ископаемых организмов и форм их роста. Вторичная пористость обусловлена процессами выщелачивания и доломитизации каркаса или заполнителя. Разделить пористость и кавернозность на первичную и вторичную удается далеко не всегда. При характеристике пористости нужно иметь в виду, что в известняках, выходящих на дневную поверхность, особенно в условиях аридного климата, поры могут оказаться «запечатанными» в результате кальцитизации под влиянием метеорных вод. Этим объясняется нередко повышенная пористость известняков в скважинах по сравнению с вскрытыми обнажениями.

Доломитизация в каркасных известняках бывает сплошной и частичной. Сплошная доломитизация приводит к образованию неравномерно крупно-среднекристаллического доломита. Частичная доломитизация может развиваться в разной степени и по заполнителю, и по каркасу (см. разд. 3.5.1).

Окремнение для биогермных известняков не характерно. Однако выборочная силицитизация окаменелостей встречается в обломочных породах рифовых шлейфов и в небольших органогенных постройках. Наряду с селективным окремнением скелетных остатков могут встречаться кремнистые конкреции. Такие конкреции имеются в краевых частях некоторых верхнеюрских биогермных массивов Юго-Западного Гиссара, на границе их с вмещающими известняками. Поставщиком кремнезема, очевидно, служили здесь спикулы кремнистых губок.

3.6.2. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СОПУТСТВУЮЩИХ ПОРОД

Сопутствующие породы играют подчиненную роль, выполняя промежутки между каркасными известняками. Основное отличие сопутствующих пород от известняка-заполнителя состоит в том, что они слагают более крупные линзы и пачки и обладают отчетливой седиментационной слоистостью. В полибиогермных массивах межбиогермное пространство выполняется линзами и карманами слоистых пород. В монобиогермных массивах сопутствующие породы находятся в резко подчиненном количестве в виде небольших гнезд и включений. В рифовых массивах количество слоистых пород может составлять более половины их объема. Они преобладают в составе фаций внутририфовых лагун и в отложениях рифового плато.

Среди сопутствующих пород выделяются два типа: обломочные известняки, состоящие из продуктов разрушения каркасных известняков, и хемогенные (биохемогенные) отложения мелких изолированных ванн, развитых в пределах постройки. Биокластические известняки (шламовые, детритовые, псаммитовые, брекчии и т. п.) состоят из обломков окружающих каркасных пород. Для них характерны плохая сортировка и окатанность обломочного материала, грубая плитчатость и неясная волнистая слойчатость. Среди отложений изолированных ванн наиболее распространены тонкокристаллические доломиты и пелитоморфные известняки с мелкой горизонтальной или волнистой слойчатостью.

3.6.3. ПОЛЕВОЕ ИЗУЧЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЕК

Литологическое изучение пород органогенных построек включает следующие задачи: выяснение таксономического разнообразия ископаемых организмов; описание литологических признаков пород; выделение литогенетических типов каркасных известняков, выявление пространственного размещения их внутри построек.

Выяснение таксономического разнообразия организмов представляет собой область палеонтологических исследований. Вместе с тем эта работа является также основой и литологического изучения ископаемых построек, так как большинство первичных структур и текстур каркасных известняков определяется формой скелета, способом роста и распределением остатков породообразующих организмов.

На первом этапе работы необходимо оценить морфологическое разнообразие организмов, выделить основные разновидности, зарисовать и сфотографировать их распределение в постройке. После этого можно приступать к сбору образцов. Изменение последовательности этих работ может привести к безвозвратной потере важных экологических и литологических признаков. Нужно учитывать, что одной морфологической разновидности могут соответствовать различные виды организмов, и наоборот. Поэтому важно еще в поле обращать внимание на структуру скелетных остатков. Иногда в полевых условиях бывает трудно определить все разновидности организмов. В этом случае можно выделять формальные группы по особенностям строения скелета, например известковые губки I рода, II рода и т. д. Выделенные группы должны быть описаны, зарисованы, сфотографированы и представлены в коллекции.

Описание литологических признаков пород дается по единому плану. Необходимо охарактеризовать следующие признаки:

1) вещественный (минералогический) состав пород: известняк, доломит, глинистый известняк и др. Приемы полевого определения состава пород приведены в соответствующих пособиях [Методы изучения осадочных пород, 1957 г.; Методическое руководство..., 1978];

2) структура и текстура породы;

3) цвет породы;

4) наличие слоистости и плитчатости отложений;

5) таксономический состав породообразующих организмов;

6) формы роста и размеры каркасных организмов;

7) прижизненное или нарушенное положение остатков организмов в каркасном известняке, признаки нарастания, прикрепления, обрастания, следы сверления;

8) процентное содержание каждой выделенной разновидности организмов (подсчитывается отношение суммарной площади колоний или раковин каждой разновидности на 1 м²). Суммарное количество каркасных организмов определяет долю сплошного каркаса в известняке (см. рис. 47, 48);

9) состав и количество крупного детрита в процентах (количество мелкого детрита и шлама определяется в шлифах);

10) первичные (седиментационные) структуры и текстуры известняка-заполнителя (точное определение микроструктур возможно только в шлифах);

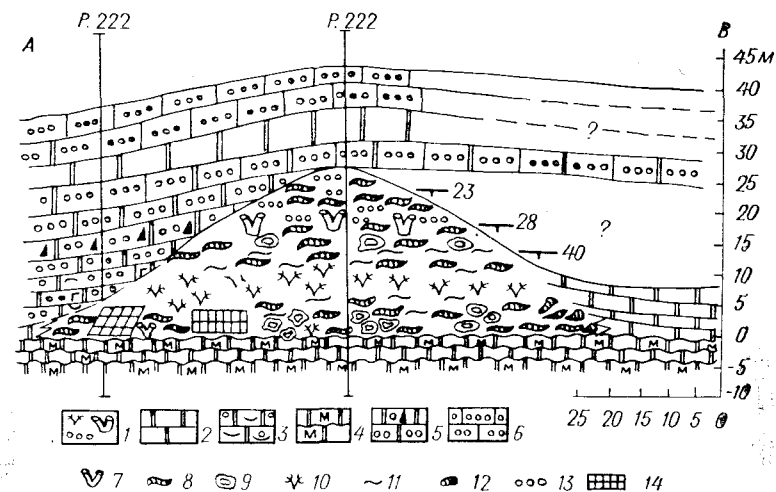


Рис. 38. Строение верхнеюрского биогермного массива, Юго-Западный Гиссар, хр. Кугитанг (сай Чильгаз) (Н. К. Фортунатова).

1 — каркасные известняки; 2—5 — доломиты (2 — плитчатые, 3 — с органическим детритом, 4 — волнистослойчатые, 5 — обломочные с детритом иглокожих); 6 — известняки обломочные; 7—10 — колониальные кораллы (7 — *Thecosmilia*, 8 — *Microsolena*, 9 — *Thamnasteria*, 10 — *Cruptoenia*); 11 — устрицы; 12 — строматопороидеи; 13 — детрит; 14 — опорные площадки.

11) вторичные структуры (инкрустации, конкреции, доломитизация и др.) и интенсивность их развития по каркасу и заполнителю;

12) пористость и кавернозность (количество, размеры и характер распределения пор, по каким участкам развиты);

13) признаки перерывов и осушений [Ископаемые органические постройки..., 1975].

Выделение литогенетических типов известняков начинается с первых этапов изучения органических построек и постоянно дополняется по мере поступления нового материала. Литологические типы известняков выделяются на основании следующих признаков: 1) многократно фиксированного (по процентным содержаниям) совместного нахождения одних и тех же каркасных организмов; 2) преобладания в каждом сонахождении какой-либо одной из морфологических разновидностей организмов; 3) приуроченности к каждому сонахождению определенных микроструктурных типов известняка-заполнителя и остатков организмов-рифолобов.

Основные приемы изучения карбонатных пород органических построек при их картировании включают предварительные наблюдения, детальные описания типов пород на опорных и контрольных участках методом квадратов-сеток, составление вертикальных и горизонтальных опорных разрезов.

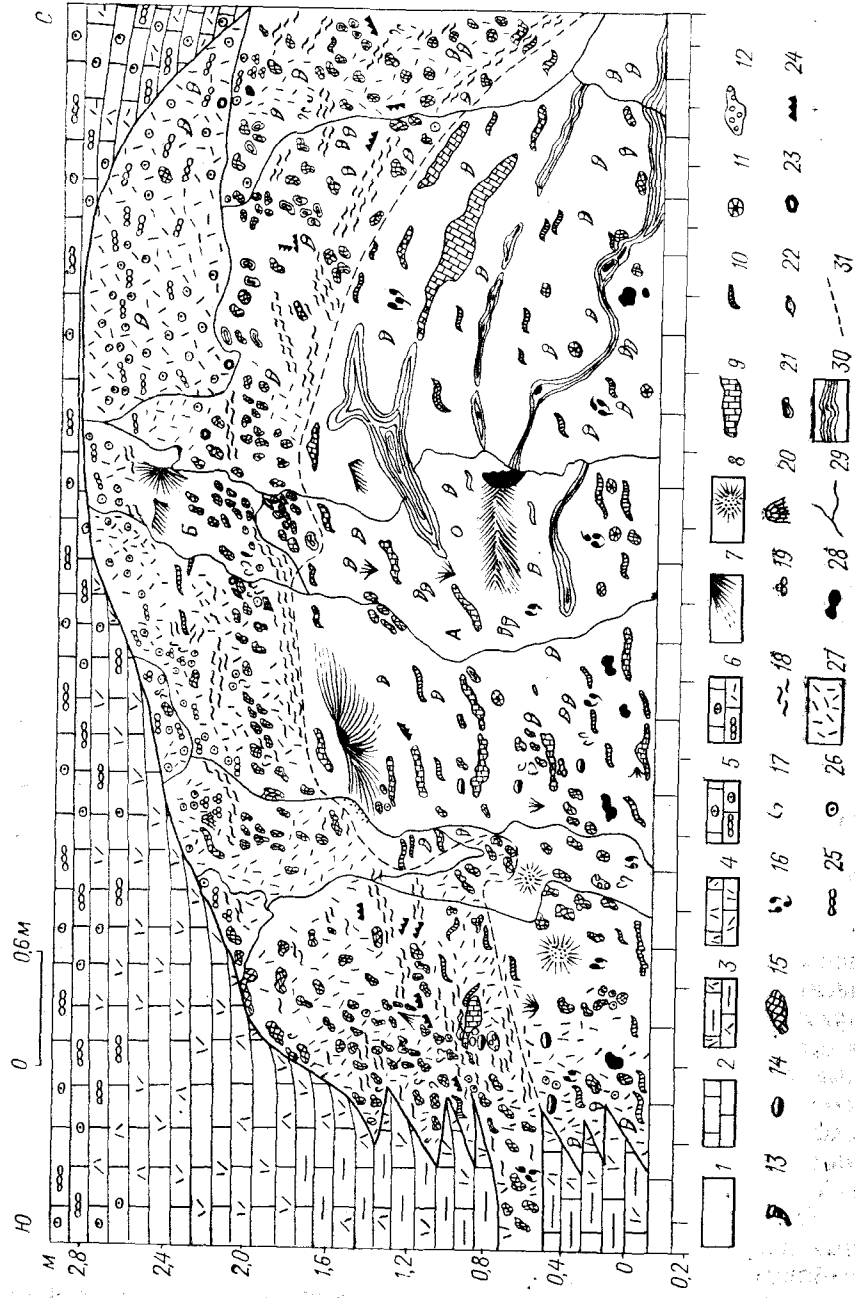


Рис. 39. Пример полевой зарисовки биогерма, составленной с помощью сети квадратов (размером 1×1 м). Верхняя юра, Юго-Западный Гиссар (Н. К. Фортунатова).

1—6 — известняки (1 — массивные, каркасные; 2—6 — плитчатые криноидные, 3 — плитчатые глинистые с детритом, 4 — плитчатые ступково-комковатые с детритом, 5 — плитчатые коралловые, 6 — то же с мелким детритом); 7—9 — колонии кораллов (среда) (7 — кустистые рода *Clodophyllia* продольные, 8 — то же, поперечный, 9 — корковидные родов *Microsolena* и *Asipinaria*); 10 — гидродные линзвидной формы; 11 — гидродные сферической формы; 12 — кораллы рода *Syngia*; 13 — одиночные кораллы; 14 — пустоты выщелачивания по одиночным кораллам; 15 — известковые губки; брахиоподы; 16 — целые раковины, 17 — обломки; 18 — устрицы; 19 — мшанки; 20 — строматолиты; 21 — онколиты; 22 — фораминиферы; 23 — серпулы; 24 — обломки раковин пелециод; членики криноидей (среда); 25 — продольный; 26 — поперечный; 27 — раковинный детрит; 28 — обломки известняков; 29 — трещины, секущие поверхность обнажения; 30 — линзвидные сильно перекристаллизованные колонии кораллов; 31 — граница центральной части массива.

1. Предварительный осмотр всех обнажений ископаемых органогенных построек необходимо проводить, чтобы наметить и в первом приближении обособить участки, отличающиеся по литологическому строению. Такими участками могут быть центральные, боковые части, склоны органогенных построек, а также концентрические, вертикальные или горизонтальные зоны внутри них. В сложных постройках (биогермных и рифовых массивах), кроме того, отмечаются линзы сопутствующих слоистых пород. Наблюдения должны сопровождаться предварительными описаниями размеров и формы участков с различным строением, мощности, состава, структурных и текстурных признаков пород. При общем осмотре необходимо сделать схемы, зарисовки крупного обнажений, наметить участки однородного строения, линии предполагаемых литологических разрезов.

2. Изучение карбонатных массивных пород методом опорных и контрольных площадок дает наиболее ценную литологическую информацию об органогенных постройках (рис. 38). Для этой цели пригодны небольшие (высотой до 20 м) постройки или участки крупных тел с легко доступными и хорошо отпрепарированными пологими поверхностями. Поверхности расчерчиваются мелом либо краской на сеть квадратов. Размеры квадратов выбираются, исходя из преобладающих размеров скелетных остатков, с таким расчетом, чтобы на каждый квадрат приходилось не менее 5—10 колоний, что позволяет проанализировать частоту их совместного нахождения, структурные признаки и соотношения каркасного известняка и заполнителя. Например, при величине колоний 10—50 см удобно использовать сеть квадратов размером 1×1 м. По отдельным квадратам проводятся полевое описание, зарисовки и сборы образцов.

Описание каркасных известняков по сетке является трудоемкой работой, поэтому не следует увлекаться количеством и размерами опорных площадок, которые не должны превышать 20—50 м². При сравнительно небольших постройках можно ограничиться одной опорной площадкой и несколькими контроль-

ными, чтобы на каждые 100 м² приходилось не менее одной площадки. Размеры контрольных площадок равны одному квадрату опорных площадок. При однородном строении ископаемых тел можно ограничиться сеткой контрольных площадок. Для каждой площадки определяются: таксономический состав фауны, количество форм каждого таксона, литологический состав породы, контуры участков различного состава, размер органического детрита, его структурная приуроченность (рис. 39). Дополнительные данные относительно распределения органических остатков и условий залегания пород могут быть получены при прослеживании выходов пород между пунктами наблюдений.

В тех случаях, когда органические постройки обнажаются в недоступных обрывах, для описания пород можно воспользоваться крупными глыбами, которые обычно находятся у подножья склонов. Описание в крупных глыбах проводится по сети квадратов, как на опорных площадках. Примеры использования опорных площадок при изучении органических построек имеются в работах Д. Д. Инджелс [1968 г.] и Н. К. Фортунатовой и И. Г. Григорьевой [1976].

3. Описание известняков по вертикальным разрезам необходимо проводить в крупных органических постройках, имеющих зональное или полибиогермное строение.

При выделении интервалов в разрезе используется вертикальная зональность в распределении типов каркасных известняков, чередование каркасных и сопутствующих пород, следы перерывов и осушений. В каждой зоне желательно провести на нескольких уровнях изучение каркасных известняков с помощью опорных или контрольных площадок.

Постройки, имеющие большие горизонтальные размеры, необходимо изучать с помощью серии вертикальных разрезов с интервалом между разрезами от 50 до 200 м (в зависимости от ширины фацialsных зон). При таком способе наиболее отчетливо выявляется вертикальная зональность состава каркасных известняков, позволяющая судить о стадийности образования массивов. Для выявления изменения типов пород по площади полезно использовать горизонтальные разрезы, пересекающие зоны на нескольких стратиграфических уровнях, например у подошвы, в средней и верхней частях построек [Ископаемые органические постройки..., 1975, с. 137], а также составлять детальные литологические карты (см. разд. 3.3.2.2).

3.6.4. ИЗУЧЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ШЛЕЙФОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Ископаемые массивы могут быть окружены шлейфами органично-обломочных пород. Наличие шлейфов свидетельствует, что в период формирования постройки подвергались вол-

новому воздействию, следовательно, в палеогеографическом смысле представляли собой рифы. Изучение их необходимо проводить для восстановления условий образования органических построек, выяснения стадий их роста и разрушения.

Основным признаком шлейфовых отложений являются: приуроченность к органическим постройкам; обломочная структура; преобладание обломков каркасных организмов и каркасных известняков; плохая сортировка материала; уменьшение размеров обломков и увеличение их окатанности при удалении от органической постройки; небольшой нерастворимый остаток (однако повышенный по сравнению с каркасными и сопутствующими породами); светлые окраски и высокая пористость пород; наличие грубой плитчатости, реже косой слоистости; следы подводных перерывов.

Обломочные шлейфы изучаются путем составления серии вертикальных разрезов и непрерывного прослеживания отдельных слоев. При изучении их необходимо отмечать вещественный состав, цвет, первичные структуры пород, количество и степень окатанности обломков, характер их сортировки, изменение размеров и состава обломков по разрезу (по вертикали) и по простиранию, при удалении от органической постройки, состав цемента, вторичные структуры и текстуры, пористость, характер плитчатости и слоистости отложений (размер, форму и наклон слоев), следы перерывов и признаки переотложения обломочного материала, контакты шлейфовых отложений с массивными известняками.

Для шлейфов, развитых на склоне рифа, обращенном в сторону открытого моря, характерны грубость материала (щебенка, валуны, галька, глыбы), плохая его сортировка, грубая плитчатость, преобладание в обломках каркасных организмов или каркасных известняков, карбонатный цемент. Для удаленных шлейфов, а также для шлейфов, обращенных в сторону лагуны, характерны мелкозернистые (псаммитовые) структуры, четкая слоистость, карбонатный и терригенный цемент. Состав органических обломков в ближних и удаленных шлейфах обычно различается, так как органические остатки ведут себя по-разному при транспортировке. Дальше всего разносятся обломки иглокожих, затем водорослей, пеллеципод, брахиопод, стромапоронидей, хуже переносятся обломки кораллов.

При характеристике шлейфов следует обязательно отмечать их протяженность и изменения мощности. Границей распространения шлейфа можно считать практически полное исчезновение (менее 5—10 %) обломков каркасных организмов. Интенсивность разрушения постройки охарактеризуется отношением ее мощности к протяженности шлейфа: чем больше это отношение, тем слабее разрушалась постройка. Следующим важным вопросом, стоящим перед геологом, является определение времени ее разрушения. Постройка могла разрушаться

в период формирования, представляя собой растущий риф. Но она могла разрушаться и после прекращения роста, являясь эрозионным останком. Решить этот вопрос помогает анализ контактов каркасных известняков с шлейфами, а также изучение состава шлейфового материала. Резкие контакты облекания и смешанный состав обломков и цемента свидетельствуют о том, что шлейфы формировались после того, как рост постройки закончился. Постепенные переходы каркасных известняков в шлейфовые, присутствие среди шлейфовых пород «усов» (клиньев) каркасных известняков и закономерная смена состава обломков, соответствующая вертикальной зональности постройки, свидетельствуют об одновременном росте и разрушении постройки.

3.7. ОТБОР ОБРАЗЦОВ ПРИ ЛИТОЛОГИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЕК

Литологические исследования сопровождаются отбором образцов: поинтервально и по разновидностям пород. Отбор образцов по разновидностям необходим для составления эталонной коллекции литологических образцов и шлифов. Для определения количественных соотношений каркаса и заполнителя, выявления микроструктурных разновидностей состава пород и вторичных процессов необходимо проводить массовый, поинтервальный отбор образцов по разрезам. Интервалы отбора зависят от сложности строения массивов, а также способа изучения. На опорных и контрольных площадках наряду с отбором образцов по разновидностям пород необходимо брать из каждого квадрата не менее одного образца (часть его идет на изготовление шлифов). При описании вертикальных разрезов образцы (и шлифы) отбираются поинтервально через 1—10 м и дополнительно из каждой разновидности пород. Кроме того, берутся ориентированные образцы на шлифы для изучения текстур, микроконтактов, предполагаемых скрытых размывов. Для составления литологических колонок масштаба 1:500 наиболее удобный интервал отбора 2,5 м. При изучении построек по горизонтальным разрезам интервал опробования определяется таким образом, чтобы каждая зона была охарактеризована, но не реже, чем через 5—10 м.

В поле обязательно должны составляться планы или зарисовки отбора образцов с нанесением на них точек опробования (см. рис. 25). Для точного определения вещественного состава пород каждый литологический образец необходимо дублировать отбором штуфов для шлифов и пришлифовок, а также пробами для карбонатного, спектрального и других видов анализов (см. разд. 6.3). Поскольку основной метод литологического изучения карбонатных пород микроскопический, то материала для шлифов приходится брать очень много. Литологи-

ческие шлифы отбираются в количестве 2—3 штук из каждой точки. Если имеется необходимость проследить стадии пространственного изменения породы (например, доломитизации), то можно взять целый штуф, отметив на нем линии распила и пронумеровав отдельные плитки. В записной книжке делают соответствующую зарисовку с разметкой и подробными объяснениями.

Шлифы на микрофауну и водоросли отбираются в количестве 5—10 штук из одной точки. Меньшее количество не дает полного представления о составе микрофауны, водорослей и породообразующей органики. Практика отбора единичных шлифов при изучении органогенных построек неприемлема из-за пестрого состава и пространственной изменчивости пород.

Специальные шлифы и полировки выполняются с целью выяснения строения крупного участка породы. Для этого иногда отбирают образцы размером до 9×12 см. Однако из-за технических трудностей изготовление таких шлифов не имеет широкого распространения. Лучшего эффекта можно добиться изготовлением крупных полировок, с которых после травления в кислотах снимают ацетатные реплики [Хондто С., Фишер А. Гаррисон Р., 1967 г.]. Реплики используются для изучения под оптическим и электронным микроскопом, а также для фотографирования.

В ходе полевых работ необходимо отобрать пробы на химические, спектральные, минералогические анализы, определение карбонатности, нерастворимого остатка и др. (см. разд. 6.3). Количество проб и виды анализов зависят от задач, которые ставятся перед геологами. Недопустим отбор проб без четко очерченной цели. В основе должны лежать определенные программы исследований. Например, изучение палеобиохимии породообразующих организмов, изучение процессов диагенеза и катагенеза карбонатных пород, вторичных эпигенетических изменений (доломитизации, дедоломитизации, окремнения, перекристаллизации и расщелачивания) и т. д.

Сведения о количестве материала, отбираемого на анализы, а также описание технологии анализов, точности методов пересчета и т. д. можно найти в специальной литературе [Методы изучения осадочных пород, 1957 г.; Фролов В. Т., 1964 г.; Мильнер Г. Б., т. I, 1968 г.; Карбонатные породы, т. II, 1970 г.; Методическое руководство..., ч. 1, 1978].

3.8. ЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ВМЕЩАЮЩИХ ОРГАНОГЕННЫЕ ПОСТРОЙКИ

Ископаемые органогенные постройки отчетливо обособляются среди песчано-глинистых отложений. Выделение же органогенных построек среди карбонатных пород подчас представ-

ляет собой сложную задачу. Ни массивная холмообразная форма тел, ни отсутствие слоистости, ни даже остатки каркасообразующих организмов не являются универсальными признаками, позволяющими безошибочно выявлять органогенные постройки, поскольку в природе известны сходные по морфологии карбонатные тела разного генезиса (см. разд. 1.2.3, 1.3). Уверенно выделять органогенные постройки часто удается только в результате литолого-фациальных исследований всей совокупности вмещающих карбонатных отложений на значительных площадях. Поскольку различные типы органогенных построек зачастую приурочены к определенным зонам морских бассейнов, методика литологического изучения карбонатных толщ должна быть нацелена на генетический и палеогеографический анализы отложений, вмещающих постройки. Литологическое изучение карбонатных толщ проводится на базе опорных, лито-стратиграфических разрезов.

3.8.1. РАСПОЛОЖЕНИЕ РАЗРЕЗОВ

Мощные карбонатные толщи, включающие органогенные постройки, часто обладают сложным полифациальным составом и быстрой изменчивостью на коротких расстояниях. При крупномасштабной геологической съемке в таких районах составления одного опорного литолого-стратиграфического разреза оказывается недостаточно. Количество и расположение опорных разрезов определяется степенью обнаженности и доступности обнажений, шириной и протяженностью фациальных зон и связанных с ними реперных пластов и пачек.

В платформенных областях расстояние между разрезами, обеспечивающее надежную литологическую корреляцию и прослеживание реперных горизонтов, может составлять 5—10 км. В складчатых областях располагать разрезы необходимо гораздо чаще. Во всех случаях изучение толщи лучше начинать с составления опорных литолого-стратиграфических разрезов, расположенных в разных участках картируемой площади и характеризующих, по возможности, каждую фациальную зону. Последние намечаются, исходя из результатов предшествующих съемок, дешифрирования аэроснимков и рекогносцировочных маршрутов. Опорные разрезы составляют в местах лучшей обнаженности и доступности отложений (обычно в руслах рек и оврагов) с минимальной нарушенностью залегающих и слабой вторичной измененностью пород. Для сбора полноценной информации желательно провести изучение слоев по простиранию (хотя бы на несколько десятков метров). Первые опорные разрезы необходимо изучать наиболее тщательно. Подробные полевые описания сопровождаются сбором коллекций образцов и фауны.

После изучения опорных разрезов и выяснения возможности их сопоставления выбираются участки значительных фа-

циальных изменений. Здесь желательно составить несколько вспомогательных разрезов. С их помощью выясняется характер и направленность фациальных изменений. В участках наиболее резких фациальных переходов корреляцию отложений необходимо контролировать непосредственным прослеживанием отдельных пластов или их комбинаций от разреза к разрезу. В процессе изучения опорных и вспомогательных разрезов выявляются литологические границы и маркирующие горизонты, используемые при корреляции разрезов, зоны наиболее резких фациальных изменений, с которыми обычно бывают связаны крупные органогенные постройки.

3.8.2. ОПИСАНИЕ РАЗРЕЗОВ

До начала изучения опорного разреза необходимо провести предварительный осмотр, чтобы убедиться в непрерывности его и наметить основные интервалы и пачки для последующего описания. Важным моментом при изучении разрезов является выделение слоев, поскольку в зависимости от масштаба исследований и мощности толщ слои можно выделять в разном объеме: от десятков сантиметров до нескольких десятков метров. В поле необходимо разобраться в масштабе описываемого явления и отдельно характеризовать слоистость, плитчатость и слойчатость. Желательно уже при полевом описании использовать таблицы признаков слоистых текстур разного типа и их изображения, приведенные в справочниках и руководствах [Методы изучения осадочных пород, 1957 г.; Атлас текстур и структур осадочных горных пород, ч. 2, 1969 г.; Ботвинкина Л. Н., 1962 г.; Вассоевич Н. Б., 1948 г.; Брунс Е. П., Хабяков А. В., 1969 г. и др.].

Наслоенность (собственно слоистость) обязана первично литологической обособленности пластов. Каждый обособляющийся пластообразный слой (наслой) отличается от выше- и нижележащего по вещественному составу, или по структуре, или по текстуре. Можно различать слоистость: листоватую (0,1—0,5 см), тонкослоистую (0,5—3 см), мелкослоистую (3—30 см), среднеслоистую (30—100 см), толстослоистую (1—3 м), массивно-слоистую (3—10 м) и массивную (слоистую). Описывать в качестве отдельных слоев сантиметровые прослои, даже заметно отличные от выше- и нижележащих пород, вряд ли целесообразно. Исключение составляют, например, маломощные горизонты вулканогенных (пепловых) пород, прослои «конденсированной» фауны, которые можно использовать для корреляции при картировании.

Наиболее распространенным и важным типом слоистости однородных карбонатных толщ является первичная плитчатость, обязанная наличию поверхностей раздела между литологически тождественными слоями (плитками). Плитки разде-

ляются слоевыми швами, с которыми связаны иногда тонкие глинистые пленки. Образование плитчатости обусловлено периодами замедленного накопления карбонатного осадка или пульсирующего привноса глинистого материала. Масштаб плитчатости характеризуется в тех же градациях, что и слоистость.

Текстура отдельных слоев (плиток) может быть однородная или характеризуется слоистым распределением материала. Такую слоистость внутри слоя (плитки) в отличие от слоистости толщи лучше называть слойчатостью [Вассоевич Н. Б., 1948 г., 1954 г.]. Выделяются три типа слойчатых текстур: косослойчатая, волнистослойчатая и горизонтальнослойчатая. Четвертым типом является неслойчатая (массивная) текстура слоя (плитки). При описании слойчатости удобнее использовать тот же масштаб: микрослойчатость (менее 0,1 см), тонкая слойчатость (0,1—3 см), средняя слойчатость (30—100 см), крупная слойчатость (1—3 м). По условиям накопления карбонатного осадка различаются: субаэральный (эоловый) и субаквальный (зоны течений, волнений и др.) типы слойчатости.

При выделении слоев необходимо учитывать вещественный состав пород (известняк, доломит и т. п.), текстурные различия пород, которые могут иметь маркирующее или картировочное значение (известняковые брекчии, водорослевые, обломочные, оолитовые, сильно пористые и кавернозные, конкреционные известняки и др.), изменения в характере плитчатости и слойчатости (например, интервалы мелко- и толсто плитчатых известняков), а также текстурные признаки (следы жизнедеятельности, стилолиты и т. п.) или различия в комплексе палеонтологических остатков. Каждому из выделенных слоев дается общая развернутая характеристика по единому плану: 1) вещественный состав породы; 2) цвет; 3) структуры пород (первичные и вторичные); 4) плитчатость и слойчатость; 5) текстуры, развитые на поверхностях слоев (признаки размыва и перерыва, знаки ряби, трещины усыхания, следы капель дождя, борозды течения, псевдоморфозы по кристаллам солей, следы ползания червей и др.); 6) текстуры, развитые внутри слоев, — следы жизнедеятельности организмов (илоедов), подводноползневые текстуры, стилолитовые и фунтиковые текстуры, карстовые и натечные образования; 7) остатки организмов; 8) условия залегания; 9) форма тел (пласт, линза, холм, клин, гнездообразное тело); 10) границы с выше- и нижележащими отложениями (резкие, постепенные, с размывом); 11) контакты с вмещающими отложениями (для холмовидных и линзовидных тел); 12) мощность слоя и амплитуда ее колебаний в пределах обнажения.

Описание слоев удобнее проводить снизу вверх по разрезу. Все изменения состава и других признаков пород внутри слоя нужно точно привязывать к его подошве или кровле.

Отдельного описания заслуживают проявления ритмичности в отложениях, обусловленные многократным повторением в разрезе набора из нескольких типов или разновидностей пород. При изучении карбонатных разрезов нередко удается наметить ритмы нескольких порядков. Для палеогеографических целей наибольшее значение имеет мелкая ритмичность, образованная набором из 2-3 разновидностей пород. Примерами ее являются флишевая градационная слоистость, которая часто связана с существованием крутых уклонов морского дна и деятельностью мутьевых потоков; ленточная (сезонная) слоистость, свойственная отложениям лагун и прибрежных озер и др. Более грубую ритмичность обычно называют циклической. Циклы отличаются от мелких ритмов менее упорядоченным строением и более разнообразным составом слагающих пород. Циклическость отражает периодическую смену условий седиментации, связанную с трансгрессивно-регрессивными смещениями фаций. Она широко используется в стратиграфических целях, являясь важнейшим инструментом детальной корреляции отложений на больших площадях.

Для генетического анализа карбонатных отложений наряду с литологическими исследованиями огромную ценность имеют палеоэкологические наблюдения, поскольку большинство известняков имеет биогенное происхождение и нередко содержит значительное количество органических остатков. Палеоэкологические наблюдения желательнее проводить в комплексе с литологическим изучением. Для получения сопоставимых результатов нужно обследовать с одинаковым вниманием каждый слой независимо от количества встреченных остатков организмов. Отсутствие фауны и флоры в «немых» пачках — такой же важный признак, как и ее обилие. При изучении разрезов необходимо учитывать таксономическое разнообразие, общее количество и количество форм каждой разновидности остатков организмов, приходящихся на 1 м² поверхности обнажения, условия захоронения (прижизненное, перемытое); характер распределения остатков в слое и их ориентировку; степень сохранности; случаи взаимного обрастания и следы сверления и т. п. (см. разд. 3.12). Описания сопровождаются сбором стратиграфически руководящих форм (для определения возраста) и коллекции всех выделенных разновидностей (для палеогеографических выводов).

При изучении карбонатных разрезов, особенно в начальный период изучения толщи, рекомендуется основное внимание уделить отбору образцов для изготовления прозрачных шлифов. Отбор шлифов (обязательно из одного штуфа с литологическим образцом) желательнее проводить через строго определенные интервалы, особенно во внешне однообразных породах (через 1, 2,5, 5 или 10 м) в зависимости от мощности толщи и средней мощности выделяемых слоев, чтобы на слой приходи-

лось не менее 2-3 шлифов. Равномерный поинтервальный отбор шлифов дает представительный материал для данного слоя и толщи в целом. Иначе можно собрать шлифы из ярких разновидностей пород, а фоновый состав карбонатов окажется неохарактеризованным. Литологические образцы берутся из тех же точек, что и шлифы, но в меньшем количестве (1-2 на слой), с таким расчетом, чтобы они давали полное представление о разрезе. Их необходимо отбирать из каждой описанной разновидности пород с интервалом не реже 10—20 м. В камеральных условиях часть образцов идет на изготовление пришлифовок. Литологические образцы желательно дублировать пробами на определение карбонатности, спектрального и других видов анализов (см. разд. 6.3). Каждый взятый образец, шлиф и пробы должны быть строго привязаны к полевому описанию слоя, а также обозначены на схемах, зарисовках, разрезах.

3.8.3. ПРИЕМЫ ГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

В процессе послыйного описания разрезов и последующего камерального изучения пород и фауны накапливается большой объем фактических материалов. Для наглядности и удобства использования полученных данных можно рекомендовать традиционный графический способ построения литологических колонок с вынесением на них максимального количества литолого-фациальных признаков отложений. Для этого необходимо на базе общеупотребительных условных обозначений разработать подробную легенду условных обозначений для отложений конкретного района. Желательно, чтобы в данной легенде каждый признак или компонент породы, а также количественные соотношения разных компонентов получили графическое изображение. В качестве иллюстрации можно предложить легенду условных обозначений (табл. 8), которые использовались автором при изучении карбонатных отложений Средней Азии [Строение верхнеюрской карбонатной формации центральных областей Средней Азии, 1976 г.].







Масштаб колонок выбирается с учетом мощности толщи и шага отбора образцов и шлифов. Например, для толщи мощностью до 1 км наиболее удобен масштаб 1:500, чтобы образцы (шлифы) располагались на колонке через 5 или 10 мм (при шаге отбора 2,5 или 5 м). Для толщ мощностью более 1 км удобнее масштаб 1:1000. Лучше строить широкую колонку (5—6 см) для размещения всей полученной информации. После отложения на колонке выделенных слоев изображается размер и форма плитчатости и слойчатости отложений. Размер плитчатости показывается высотой горизонтальной штриховки (тонкая и листоватая—2 мм, мелкая—3 мм,

Таблица 8















Условные обозначения для карбонатных отложений
(на примере юрских карбонатных толщ Узбекистана)
(И. Г. Михеев, Н. К. Фортунатова)

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОРОД

I. ХИМИКО-БИОГЕННЫЙ

	известняк		гипс
	доломит		кремнистая (кварц-халцедоновая) порода
	ангидрит		галит

II. ИЗВЕСТКОВО-ТЕРРИГЕННЫЙ

		Нерастворимый остаток, %	
5—10	10—20		
		глинистый известняк	
		глинистый известняк с редкой песчаной примесью	
		песчанистый известняк с глинистой примесью	
		песчанистый известняк	
		Нерастворимый остаток 20—50 %	
	мергель		мергель с песчаной примесью
		Нерастворимый остаток 50—90 %	
	известковая глина		глинисто-известковый песчаник
	песчанисто-известковая глина		известковый песчаник

Продолжение табл. 8

III. ТЕРРИГЕННЫЙ

Нерастворимый остаток 90—100 %

	аргиллит		гравелит (1—10 мм)
	алевролит (0,005—0,1 мм)		конгломерат (>10 мм)
	глинистый песчаник		туфопесчаник
	песчаник		туфоалевролит

ПЕРВИЧНЫЕ (СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ) СТРУКТУРЫ ПОРОД

I. БИОМОРФНЫЕ СТРУКТУРЫ И СТРУКТУРЫ С БИОГЕННЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

1. Зооморфные

	коралловые (из колониальных кораллов всех родов): >30 %		с рудистами
	20—30 %		с устрицами
	5—20 %		с пеллециподами (кроме устриц и рудистов)
	1—5 %		с гастроподами
	с каламофилиями		с аммонитами
	с текосмилиями		со строматопорами
	с криптоцециями		с хететидами
	со стилинами		с известковыми губками
	с микросоленами		с иглокожими
	с тамнастеридами		с серпулами
	с актиностериями		с мшанками
	со стилоосмилиями		с фораминиферами
	с одиночными кораллами		с остракодами
	с брахиоподами		

Продолжение табл. 8

2. Фитоморфные

	с багряными водорослями		с комками сине-зеленых водорослей
	со строматолитами		с кодиевыми сифониями
	с онколитами (а — с обломками раковин в центре, б — без обломков)		с мутовчатыми сифониями
			с проблематичными остатками водорослей

II. ОРГАНОГЕННО-ОБЛОМОЧНЫЕ (биокластические)

1. Из неокатанных обломков

	органогенно-брекчиевая, с крупными обломками (>10 мм): >30 %		крупнодетритовые (1—10 мм)
	20—30 %		с раковинным детритом
	5—20 %		с коралловым детритом
	1—5 %		с водорослевым детритом
	по составу обломков: с коралловыми		мелкодетритовые (0,1—1 мм)
	с водорослевыми и т. п.		шламовые (0,05—0,1 мм)

2. Из окатанных органических обломков

	органогенно-конгломератовая (>10 мм)
	с коралловой галькой
	с водорослевой галькой
	с галькой других скелетных организмов
	органогенно-гравелитовая (1—10 мм) с коралловыми обломками
	с водорослевыми обломками
	с обломками других органических остатков
	органогенно-песчаная (0,1—1 мм) и органогенно-алевролитовая (0,01—0,1 мм)

III. ХЕМОГЕННЫЕ

	тонкокристаллическая (0,01—0,05 мм)
	микроструктурная (0,005—0,01 мм)
	пелитоморфная (<0,005)
	оолитовая (1—5 мм)
	мелкооолитовая (0,1—1 мм)

IV. КРИПТОГЕННЫЕ

1. Комковатые

	крупнокомковатая (1 мм)
	мелкокомковатая (0,1—1 мм)
	микрокомковатая (0,01—0,1 мм)

2. Сгустковые

	крупносгустковая (псевдооолитовая) (>1 мм)
	мелкосгустковая (0,1—1 мм)

V. ОБЛОМОЧНЫЕ

(из обломков переотложенных органогенных известняков)

1. С неокатанными обломками

	брекчиевая (>10 мм); микробрекчиевая (1—10 мм)
--	--

2. С окатанными обломками

	конгломератовая (>10 мм)
	гравелитовая (1—10 мм)
	псаммитовая (0,1—1 мм),
	алевритовая (0,01—0,1 мм)

ВТОРИЧНЫЕ (ДИАГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ) СТРУКТУРЫ ПОРОД

I. НЕ СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕНЕНИЕМ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОРОД

1. Перекристаллизация

а) Пятнистая («глазковая») с включениями кристаллического кальцита

	с редкими включениями, 1—20 %
	с обильными включениями, 20—50 %
	с крупнокристаллическими (>0,5 мм) включениями
	со среднекристаллическими (0,2—0,5 мм) включениями
	с мелкокристаллическими (0,05—0,2 мм) включениями
	с тонкокристаллическими (0,01—0,05 мм) включениями

б) Равномерная перекристаллизация

	крупнокристаллическая
	с реликтами первичного известняка
	сплошная грануляция, с реликтами первичного известняка
	сплошная грануляция, без реликтов первичного известняка

2. Грануляция

3. Инкрустации пор, каверн

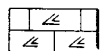
	редкие инкрустации		обильные инкрустации
--	--------------------	--	----------------------

Выполнены кальцитом, доломитом

	крупнокристаллическим (>0,5 мм)		тонкокристаллическим (0,01—0,05 мм)
	среднекристаллическим (0,2—0,5 мм)		волокнистыми кристаллами
	мелкокристаллическим (0,05—0,2 мм)		шестоватыми кристаллами

4. Растворения

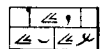
а) Пористые (0,1—2 мм)



пористая



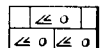
по цементу



по остаткам организмов

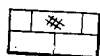


щелевидные поры по включениям сульфатов



по обломкам

б) Кавернозные (>2 мм)



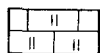
слабо кавернозная



сильно кавернозная

II. СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕНЕНИЕМ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОРОД

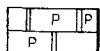
1. Доломитизация



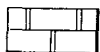
слабо доломитистые, 1—5 %



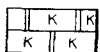
сильно доломитистые, 20—50 %



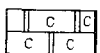
доломитовые, 50—90 %, с реликтами первичного известняка



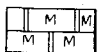
доломитовые, 90—100 %, без реликтов первичного известняка



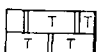
крупнокристаллическая (>0,5 мм)



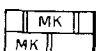
среднекристаллическая (0,2—0,5 мм)



мелкокристаллическая (0,05—0,2 мм)



тонкокристаллическая (0,01—0,05 мм)

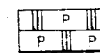


микроструктурная (0,005—0,01 мм)

2. Дедоломитизация



слабая, 1—5 %



с реликтами



сильная, 20—50 %



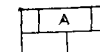
без реликтов

3. Сульфатизация

а) Изометричные и волнистые



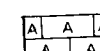
слабо загипсованная, 5 %



слабо ангидритизированная, 1—5 %



сильно, 20—50 %



сильно, 20—50 %

б) Игольчатые и столбчатые



слабо загипсованная (ангидритизированная, 1—5 %)



сильно, 20—50 %

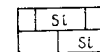
4. Силицитизация

а) Конкреционная

б) Равномерная



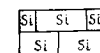
с редкими конкрециями



слабо окремененная (1—5 %)



с частыми конкрециями



сильно окремененная (20—50 %)

ТИПЫ СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ СЛОИСТОСТИ

1. Горизонтальные



массивноплитчатые (3—10 м)



толстоплитчатые (1—3 м)



среднеплитчатые (30—100 см)



мелкоплитчатые (3—30 см)



тонкоплитчатые (0,5—3 см), тонколистватые (0,1—0,5 см) и микролистватые (<0,1 см)

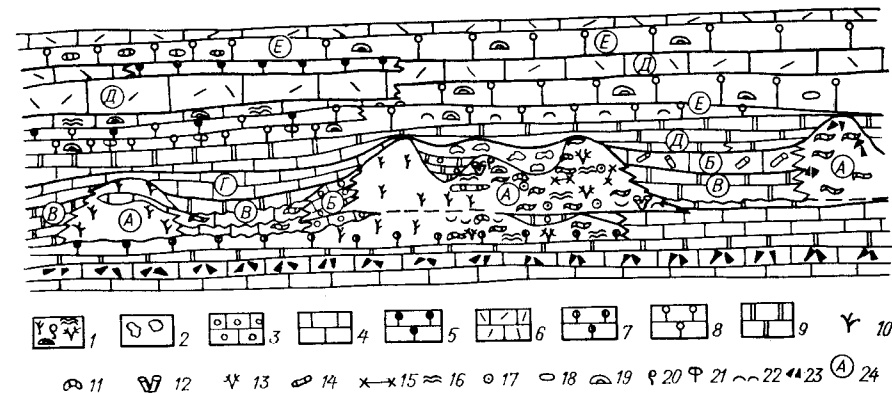
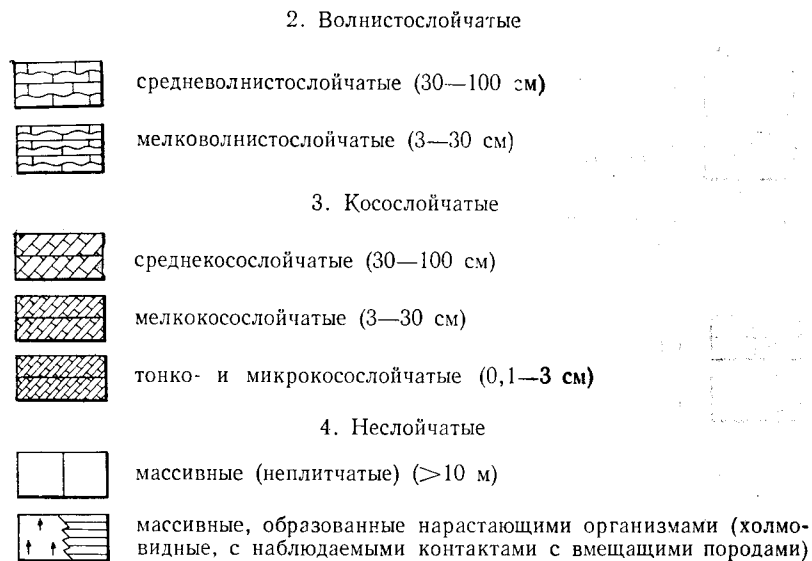


Рис. 40. Пример литолого-фациального профиля рифового комплекса. Верхняя юра, Юго-Западный Гиссар (Н. К. Фортунатова, И. Г. Михеев).
 1—8 — известняки (1 — каркасные, 2 — «рухляки», 3 — обломочные, 4 — пелитоморфные; а — массивноплитчатые, б — толстоплитчатые, в — тонкоплитчатые, 5 — комковатые, 6 — записованные, 7 — оолитовые, 8 — комковато-оолитовые); 9 — доломиты; 10 — колоннальные кораллы (родовой состав не изучен); 11 — *Stylina*; 12 — *Thecosmilia*; 13 — *Calamophyllia*; 14 — *Microsolena*; 15 — *Thamnasleria*; 16 — строматолиты; 17 — онколиты; 18 — известковые губки; 19 — *Solenopora*; 20 — рудиты; 21 — фораминиферы; 22—23 — детрит (22 — пелеципод, 23 — иглокожих); 24 — фациальные типы отложений (А — биогермные, Б — шлейфовые, В — лагунные, Г — морские, Д — закрытого шельфа со слабой подвижностью вод, Е — закрытого шельфа с сильной подвижностью вод).

средняя — 5 мм и т. д.). Косая, волнистая и горизонтальная слоистость показывается косыми, волнистыми или горизонтальными линиями внутри прямоугольника, означающего слоистость или плитчатость. Размер слоистости фиксируется расстоянием между линиями.

Вещественный состав пород, первичные и вторичные структурные компоненты и признаки показываются значками внутри или на сторонах прямоугольников, ограничивающих слои. Количество знаков отражает количественные градации компонентов в породе (1—5% — по 1 значку через прямоугольник по горизонтали, 5—20% — по 1 значку, 20—30% — по 2 знака, более 30% — по 3 знака в каждом прямоугольнике). Мощность слоев и общая их характеристика приводятся, как обычно, справа от литологической колонки.

Хорошо разработанная значковая легенда экономит много времени, поскольку вся необходимая информация сводится на единой колонке, что имеет особенно большое значение по мере увеличения количества изученных разрезов. Имея даже десятки разрезов, можно держать в поле зрения всю полученную по ним информацию. Обилие условных знаков создает вполне понятные трудности при чтении литологических колонок, особенно для неподготовленного геолога, но по мере работы с колонками процесс работы с ними значительно облегчается.

Литологические (и палеоэкологические) колонки являются основным фактическим материалом геологической съемки и ис-

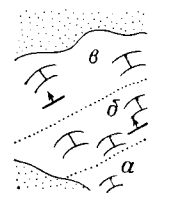
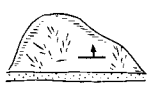
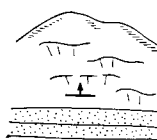
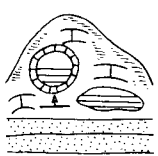
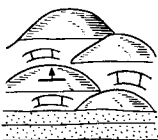
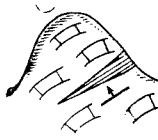

пользуются при любых последующих геологических построениях. Они служат основой сопоставления разрезов и выделения генетических (фациальных) типов карбонатных отложений, выбора маркирующих горизонтов и литологических границ, пригодных для картирования, а также выявления возможных зон и участков развития органогенных построек. Наряду с обычными геологическими разрезами рекомендуется строить идеализированные литолого-фациальные профили и карты (рис. 40). При построении таких профилей за нулевую линию (горизонтальную поверхность) принимается один из маркирующих горизонтов. На профиле показывается характер фациальных изменений и выделяются границы фациальных зон. Литолого-фациальные карты удобнее строить для узких стратиграфических интервалов, которым свойственны наибольшие фациальные различия. Методика построения литолого-фациальных и палеогеографических карт подробно рассматривается в работе «Методы составления литолого-фациальных и палеогеографических карт» [1963 г.].

3.9. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ ПРИ КАРТИРОВАНИИ МАССИВНЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ

В процессе геологического картирования органогенных построек желательно с максимальной точностью определить их залегание, ориентировку в пространстве, положение подошвы

Таблица 9

Методы определения элементов залегания в массивных известняках

I. Биостратиграфические наблюдения	II. Палеоэкологические признаки	III. Литологические признаки	
 <p>По взаимному расположению разновозрастных комплексов органических остатков (а, б, в) в разрезах</p>	 <p>1) По прижизненной ориентировке каркасных организмов</p>  <p>2) По плоскостям биоморфной («рифовой») слоистости</p>	 <p>1) С помощью раковин-ватерпасов и полостей-ватерпасов</p>  <p>2) По основанию монолофоидных биогермов в биогермных массивах</p>	 <p>1) По слоистости в линзах слоистых пород</p>  <p>2) По слоистости в гнездах межбиогермных слоистых пород</p>

и кровли. Это нетрудно сделать, если постройка небольшая, соотношения ее с вмещающими отложениями просматриваются в одном обнажении и, если вдобавок к тому, она находится в ненарушенном залегании. На практике подобные условия встречаются редко, а поэтому геологу-съемщику необходимо подготовиться к более сложной структурно-геологической обстановке, когда толща массивных известняков наблюдается в изолированных выходах, контакты с вмещающими породами плохо обнажены или осложнены тектоникой, общая форма органогенной постройки неясна, вследствие того что ее невозможно охватить одним взглядом, и т. д. Для выяснения условий залегания органогенных построек используется комплекс приемов, с помощью которых в большинстве случаев возможно установить характер их залегания и выявить складчатые структуры в массивных известняках (табл. 9).

3.9.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Биостратиграфические исследования способствуют выявлению внутренней структуры крупных биогермных и рифовых массивов, сложенных неслоистыми органогенными известня-

ками. Изучение послойного распределения органических остатков позволяет расчленить весь геологический разрез района на стратиграфические единицы и установить положение органогенных построек в стратиграфической колонке (см. разд. 3.11). Поинтервальный сбор фауны и флоры, несмотря на однообразие литологии, помогает уловить общее направление омоложения комплексов органических остатков, т. е. найти низ и верх постройки. Нередко обстоятельства вынуждают довольствоваться только этой информацией и ею не следует пренебрегать. Грубый биостратиграфический анализ квалифицированным специалистом может проводиться в поле, но для получения окончательных выводов необходима камеральная обработка палеонтологических коллекций. При установлении условий залегания массивных толщ биостратиграфическим методом нужно использовать не только сборы макрофауны, но возможно шире привлекать остатки микрофауны и водорослей, которые изучаются в шлифах.

3.9.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

Большую помощь при определении залегания ископаемых построек оказывают палеоэкологические наблюдения.

1. Определение залегания по прижизненной ориентировке органических остатков. Многие каркасостроящие организмы образуют колонии характерного внешнего облика и внутренней структуры. Например, колонии строматопор чаще всего имеют более или менее правильную полусферическую форму с уплощенным низом (эпитекой) и выпуклым округлым верхом. Если форма колоний пластинчатая или неправильная, то надо обратить внимание на внутреннее строение их. Горизонтальные элементы в строении скелета строматопор (лямины и летилямины) всегда направлены выпуклостью кверху. Дополнительный признак — это особые астроризальные бугорки, украшающие верхнюю поверхность лямин и летилямин. Аналогичное выпукло-скорлуповатое строение имеют наросты некоторых красных водорослей и строматолиты. Полусферические колонии массивного или скорлуповатого строения с прижизненно выпуклой кверху стороной характерны также для некоторых колоний кораллов и мшанок (см. рис. 36). Многим кораллам, гидроидам, мшанкам, водорослям свойственна ветвисто-кустистая форма роста, позволяющая легко установить низ и верх колонии (см. табл. IV).

Палеоэкологические наблюдения над колониями каркасостроителей особенно полезны при описании биогермов и биостромов, формировавшихся в спокойной гидродинамической обстановке, заметно ниже уровня отлива. К сожалению, в настоящих рифах, достигавших уровня моря, большая часть ко-

лоний опрокидывалась или нарастала беспорядочно во все стороны. Поэтому какие-либо выводы о залегании постройки можно делать, если есть уверенность, что колонии находятся в ненарушенном положении.

Для определения подошвы и кровли постройки полезно проводить наблюдения и над остатками одиночных организмов. Некоторые представители брахиопод и моллюсков вели малоподвижный образ жизни или прочно прикреплялись ко дну. Например, многие продуктиды прикреплялись к субстрату при помощи длинных известковых игл. Они нередко находятся в прижизненном положении брюшными створками книзу. Устрицы могли жестко прирастать к грунту своими нижними (точнее, левыми) створками, остающимися на месте после гибели моллюска. Наблюдая скопления разрозненных створок брахиопод, пластинчато-жаберных моллюсков и остракод, порой удается заметить, что они располагаются в породе закономерно, выпуклыми сторонами кверху. Подобная ориентировка створок обусловлена тем, что это наиболее устойчивое положение в подвижной воде. Это направление указывает положение кровли постройки или данного слоя ракушечника.

Участки каменного дна, каковыми являлись поверхности органогенных построек, бывают источены различными сверлильщиками, сине-зелеными водорослями, губками, моллюсками, червями. Исверливание любого субстрата могло происходить только со стороны, обращенной к кровле постройки.

2. Определение элементов залегания по биоморфной* («рифовой») слоистости и отличие ее от тектонической отдельности. В органогенных постройках обнаруживается часто так называемая биоморфная или известная в литературе как «рифовая» слоистость, отражающая последовательное нарастание многих поколений прикрепленных, каркасообразующих организмов. В ряде случаев последовательная смена каркасных организмов проявляется в виде своеобразного подобия слойчатости или скорлуповатой отдельности. Эти текстуры только условно могут быть названы слоистостью, поскольку они не имеют ничего общего с седиментационной слоистостью, которая фиксирует накопление рыхлого материала под влиянием силы тяжести в определенных гидродинамических условиях. Биоморфная же слоистость, напротив, является отражением экологических возможностей известковых организмов, развивается в направлении, противоположном воздействию силы тяжести. Эта слоистость подчеркивает вегетативные циклы, а также перерывы и приостановки в развитии колониальных сообществ.

* Здесь используется термин «биоморфная слоистость» [Ботвинкина А. Н., 1965 г.], как более общий, не подразумевающий связи с каким-либо типом органогенных построек.

В обнажениях массивных известняков биоморфная слоистость проявляется обычно при выветривании пород, в процессе которого проступают более уплотненные поверхности первичных неровностей, наростов и скоплений колониальных организмов. В зависимости от состава органических остатков, типа и строения органогенных построек эта слоистость имеет различное выражение. Например, в неогеновых постройках Керченского полуострова колонии мшанок образуют концентрические «слои», повторяющие контуры построек (см. табл. XVIII). «Слойчатое» строение мшанковых биогермов проступает на выветрелых поверхностях в виде ребристости. По рисунку подобной слоистости возможно установить верх и низ постройки, а также стадии развития ее в процессе роста, поскольку она отражает последовательное нарастание каркасных организмов на выпуклое тело постройки. При этом очевидно, что на вершине биогермов нарастание мшанковых колоний происходило в общем виде вертикально и основание колоний приблизительно соответствует поверхности морского дна в период роста постройки. Поверхности же биоморфной слоистости на склонах биогермов имели первичный наклон к палеогоризонту, соответствующий крутизне боковых склонов постройки. Естественно, что о положении древнего уровня морского дна в данном случае возможно судить только по ориентировке биоморфной слоистости вблизи вершины биогерма. В случае нарушенного залегания толщи с органогенными постройками поверхности биоморфной слоистости также приобретут иной наклон относительно современного горизонта в соответствии с изменением положения всей толщи в целом. В этом случае выводы о залегании толщи можно делать, если в обнажении одновременно наблюдается подошва и кровля постройки.

Иной облик биоморфная слоистость имеет в нижнекембрийских биогермных известняках Батеневского кряжа Алтае-Саянской складчатой области [Задорожная Н. М., 1974]. В массивных археоциато-водорослевых известняках биоморфная слоистость проявляется в своеобразной форме обнажений в виде неотчетливой плитчатости, террасовидных уступов, кулисообразно расположенных ямчатых поверхностей (табл. XXIII). Плитчатость, образованная биоморфной слоистостью, неравномерная, даже в пределах одного обнажения: иногда это небольшие ступенчатые уступы, иногда же протяженные, террасовидные выходы. Механизм биоморфной слоистости в данном случае связан с расселением и ростом водорослей, образующих биогермы в мелководном бассейне, в условиях перекомпенсированного осадконакопления. Частые перерывы и приостановки в процессе роста биогермов способствовали фиксации поверхностей, отражающих первичные неровности водорослевых скоплений и наростов. Однозначные замеры залегания по такой слоистости получить трудно, так как поверхности ее неровные,

крупнобугристые. Кроме того, они могут иметь собственный первичный наклон, отражающий нарастание водорослевых слоевищ на выпуклую поверхность биогермного холма. Поэтому в замерах элементов залегания получается значительный разброс. Однако наблюдения за такой слоистостью могут дать общие представления о пологом или крутом залегании толщ массивных известняков, что на первых этапах изучения является полезной информацией. Окончательные выводы должны подтверждаться массовыми однозначными измерениями, а также измерениями элементов залегания по другим признакам.

Необходимо коротко остановиться также на признаках, отличающих поверхности подобной биоморфной слоистости от плоскостей отдельности тектонических трещин, которые часто принимаются за плоскости напластования массивных известняков. Плоскости тектонических трещин в отличие от неровных, ямчато-волнистых биоморфной слоистости гладкие, ровные либо с бугристо-заноцистым сколом. Сами трещины узкие, притертые, с ровными угловатыми краями, в то время как перегибы поверхностей биоморфной слоистости имеют сглаженные, округлые контуры (см. табл. XXIII). В обнажениях системы тектонических трещин образуют геометрически правильную выдержанную плитчатость одинаковой мощности, в то время как плоскости, образованные биоморфной слоистостью, пространственно не выдержаны, имеют вид отдельных террасовидных уступов различной высоты.

Биостратиграфический и палеоэкологический методы определения залегания органогенных построек не отличаются большой точностью, но они позволяют в общих чертах понять пространственную ориентировку того или иного массива и его положение в общей геологической структуре района, т. е. его соотношение с вмещающими отложениями. Располагая этими данными, можно определить мощность толщи массивных известняков, уяснить фациальные переходы со смежными отложениями.

3.9.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

При картировании комплексов с органогенными постройками неизбежно возникает потребность в более точном знании залегания их и тогда на помощь приходят литологические методы.

1. Метод иловых уровней «раковин-ватерпасов», или «полостей-ватерпасов», состоит в изучении характера заполнения пустот в известняках. Этот метод с успехом был использован при изучении стерлитамакских рифовых массивов Д. Ф. Шамовым [1957 г.]. Наиболее подробное описание данной методики приводится Р. Шроком [1950 г.],

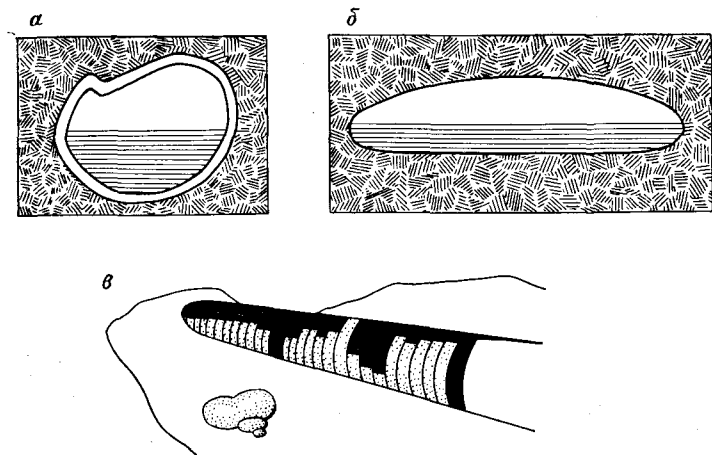


Рис. 41. «Раковины-ватерпасы» (а, в) и «полости-ватерпасы» (б).
а, б — [Шамов Д. Ф., Геккер Р. Ф., 1966]. Горизонтальной штриховкой показано частичное заполнение полостей фарфоровидным известняком; в — (В. П. Шуйский). Ступенчатое заполнение раковины моллюска (показано точками). Выше илового уровня — кристаллический кальцит (черный цвет).

а также в работах Д. Ф. Шамова, Р. Ф. Геккера [1966], Б. К. Кушлина [1968] и др.

Одной из отличительных особенностей пород органогенных построек является присутствие в них многочисленных полостей, которые в конечном счете цементируются минеральным веществом. Заполнение полостей часто согласуется с направлением вектора силы тяжести. Исследуя такие заполнения, можно восстановить первоначальное положение органогенной постройки и последовательные изменения ее залегания.

Большое количество пустот дают раковины брахиопод, моллюсков и др., скапливающиеся на дне после отмирания. Полости раковин остаются пустыми или забиваются донным илом. Ил занимает всю полость раковины или только ее нижнюю часть, причем верхняя поверхность заполнения вследствие полужидкой консистенции ила устанавливается горизонтально, как вода в стакане (рис. 41). Характер заполнения зависит от многих причин, в том числе от морфологических особенностей раковин. В раковинах гастропод и головоногих моллюсков, например, иногда образуются ступенчатые заполнения (см. рис. 41, в). Встречаются частичные заполнения раковин конулярий, фораминифер и остракод, археоциат (табл. XXIV), норок литофагов и т. д. Согласно Р. Шроку, иловый уровень может образоваться вторично в результате обезвоживания и уплотнения материала, первоначально занимавшего всю полость раковины. Во многих случаях ил заполняет раковину целиком, но в нем наблюдаются признаки последующего расслабления, совпадающего с ориентировкой иловых уровней. Донный осадок затекает

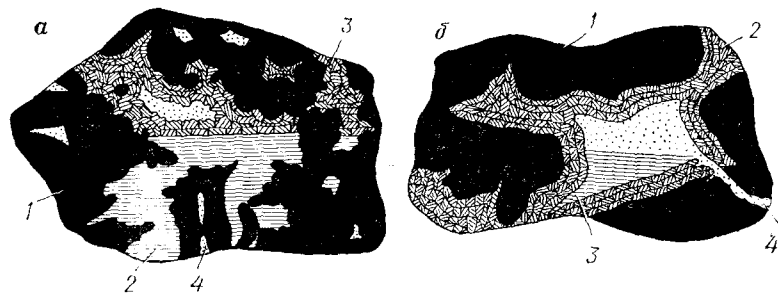


Рис. 42. «Полости-ватерпасы» (В. П. Шуйский).

а — первичное заполнение полости в мшанково-водорослевом известняке. Рифовый массив, гора Тратау, Урал; 1 — каркасный известняк; 2 — микрозернистый карбонатный осадок; 3 — вторичные инкрустации кальцита; 4 — незаполненные полости; б — вторичное заполнение полости в полидетритовом известняке, р. Вишера, Северный Урал; 1 — известняк; 2 — вторичные инкрустации кальцита; 3 — глинистый доломит; 4 — кристаллический доломит.

не только в полости раковин отмерших организмов, но и стремятся занять любые пустоты органогенного каркаса. При частичном их заполнении образуются такие же иловые уровни, как и в раковинах, пригодные для определения первоначальной ориентировки отложений, «полости-ватерпасы» (табл. XXIV, рис. 42). Полости над иловыми уровнями впоследствии выполняются кальцитом, доломитом, кварцем, глинистым осадком и т. д. Этот процесс протекает обычно после завершения седиментогенеза и, если в остаточных заполнениях видна полосчатость или слоистость, то она может не совпадать по углу с первичным иловым уровнем.

При частичном заполнении раковин или пустот каркаса образуются горизонтальные иловые уровни, как отмечают Д. Ф. Шамов и Р. Ф. Геккер [1966, с. 256], «независимо от того, происходило ли формирование слоя на горизонтальной или наклонной поверхности морского дна. Если в дальнейшем пласт известняка в силу тектонических движений изменял свое первоначальное положение, все горизонтальные площадки в раковинах и кавернах получали наклон на соответствующий угол и в соответствующую сторону». Таким образом, в иловых уровнях «навсегда» запечатлевается горизонтальная плоскость, имевшая место в данном пункте в период осадконакопления. Следовательно, если тот или иной пласт формировался на совершенно горизонтальном дне, то иловые уровни должны совпадать с наслоением. Если дно было наклонным, то между иловым уровнем и напластованием будет острый угол, равный первичному наклону дна (рис. 43). Естественно, что в диагонально наслоенных известняках иловые уровни и поверхности наслоения также не будут совпадать, хотя отложение могло происходить на горизонтальном дне. Это обстоятельство чрезвычайно важно в связи с распространением в рифовых ком-

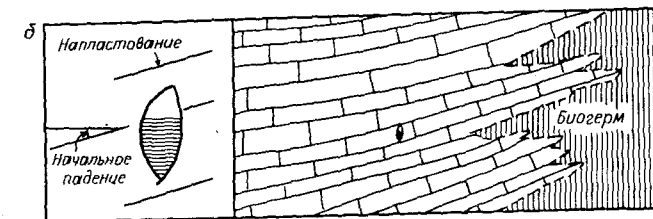
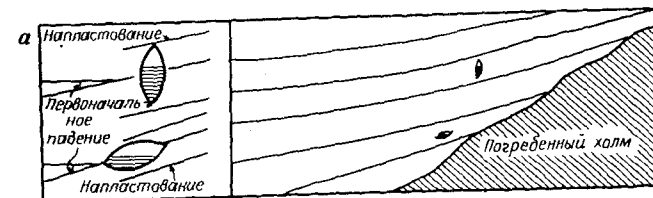


Рис. 43. Определение по иловым уровням первоначального наклона слоистых отложений, вмещающих органогенные постройки [Шрок Р., 1950 г.]. а — отложения, облекающие органогенную постройку; б — отложения, примыкающие к органогенной постройке; в — частично заполненная раковина в пласте с первоначальным наклоном около 9°. Иловый уровень образует с напластованием острый угол; г — тот же пласт, получивший значительный наклон в результате складчатости.

плексах аккумулятивных косослойчатых литофаций. Изучение иловых уровней в органогенных постройках позволяет решить целый ряд вопросов. Мысленно проведя через рифовый массив серию уровневых плоскостей, можно наиболее точно определить мощность отложений. Отстраивая геологические разрезы и вычисляя мощности, надо непременно учитывать данные по иловым уровням. Зачастую в одном обнажении рифовой толщи можно видеть различные типы отложений, находящиеся в неопределенных временных соотношениях друг с другом. Это одна из типичных ситуаций, в которой геолог испытывает затруднение. Чаще всего пытаются выйти из положения путем литологического сопоставления. Если в одной части выхода наблюдаются биогермные, а в другой — органогенно-обломочные известняки, то редко кто может преодолеть соблазн изобразить здесь фациальное замещение. Стоит сделать попытку сопоста-

вить эти литофации по иловым уровням, и может оказаться, что они занимают разное стратиграфическое положение и вопрос о фациальном замещении отпадет.

Элементы залегания слоистых склоновых отложений в рифовых комплексах, имеющих первичный наклон слоев, определяются по разнице углов падения слоистости и иловых уровней (рис. 43). Так можно выяснить крутизну рифовых склонов. Нужно помнить, что в результате уплотнения межрифовых отложений слоистые известняки склонов могут залегать под более крутыми углами, чем в период формирования. Серия измерений иловых уровней в отложениях, перекрывающих постройку, дает представление о том, сколь долго в рельефе дна был выражен погребенный осадками рифовый массив.

Только с помощью иловых уровней удастся достоверно выяснить природу прогнутости слоев в подошве биогермов, явления довольно широко распространенного. Если, несмотря на изгиб слоев, иловые уровни сохраняют свою параллельность к плоскостям наслоения, значит прогнутость имеет вторичный характер и связана с проседанием под тяжестью постройки. Если же ориентировка иловых уровней не зависит от изгиба слоев, значит прогнутость первична и являлась ложбиной в дне бассейна.

Наблюдения за иловыми уровнями требуют практического навыка. Тщательно обследуя поверхности скальных выходов, нужно внимательно присмотреться к любой каверне и к каждому гнездышку кристаллического кальцита. Если они с какой-то стороны имеют плоское ограничение — это почти наверняка иловый уровень. Если в известняке видны срезы раковин, необходимо изучить заполнение каждой полости. Здесь также в глаза бросается не иловое заполнение, которое не отличается от массы породы, а полость над иловым уровнем, имеющая вид гнезда кальцита с уплощенным низом. Полости с частичным заполнением лучше сначала обвести цветным карандашом и штрихами отметить положение илового уровня. После того как все «ватерпасы» отмечены, делают описание и зарисовку поверхности, на которую наносят точки с иловыми уровнями и рядом указывают их элементы залегания. На зарисовке отмечается ориентировка колоний, находящихся в прижизненном положении, удлиненных раковин, обломков ветвей кустистых колоний и т. д. и сопоставляется с залеганием иловых уровней. Как и все текстурные особенности каркасных известняков, иловые уровни лучше всего выявляются на поверхностях обнажений, отполированных водой. Скальные выходы известняков, находящиеся непосредственно у уреза воды, подлежат тщательному обследованию. Они, как правило, дают гораздо больше информации, чем обнажения на водоразделах и склонах долин. Особого внимания заслуживают пещеры, на влажных стенках которых при искусственном освещении контрастно

проступает текстурный рисунок известняков, усиленный игрой света. Иловые уровни здесь видны лучше, чем где-либо в другом месте. Поверхности обнажений для усиления контрастности иногда рационально смочить водой, но если они шероховаты, то получается обратный эффект. Далеко не всегда удается видеть плоскость илового заполнения, так как раковины и полости наблюдаются в случайных срезах, дающих не плоскости, а линии иловых уровней. Для определения истинных элементов залегания нужны данные по нескольким пересекающимся поверхностям. Поверхности обнажений, секущие рифовый массив вертикально и вкрест простирания, позволяют сделать точные замеры.

Рассматриваемый метод является статистическим. Это объясняется естественным разбросом в углах падения уровней иногда даже на одной плоскости обнажения. Обычно наклоны уровней разнятся на 1—3°, но и такие вариации необходимо учитывать, каждый раз выясняя их причину, поскольку это может пролить свет на какие-то детали седиментогенеза. В ряде случаев появление разброса обусловлено эпигенетическими процессами. «Раковины-ватерпасы», заключенные в первоначально рыхлый материал, в процессе постседиментационного уплотнения осадка способны несколько «проворачиваться» около своей оси, тем самым меняя исходное положение. Незначительный поворот раковин может вызываться доломитизацией породы, а также тектоническими микроподвижками, которые бывают очень малозаметными. Нередко поверхность илового заполнения зубчатая или волнистая, что объясняется частичной перекристаллизацией материала или его усыханием.

В обстановке рифового мелководья рыхлые карбонатные пески очень быстро цементируются благодаря деятельности инкрустирующих сине-зеленых водорослей или химическому выпадению кальцита и арагонита в порах. В связи с высокой гидродинамической активностью внешней среды эти цементированные осадки вновь могут быть взломаны и вместе с колониями герматипных организмов нагромождены в виде вала. Такие нагромождения крупнообломочного материала переходят в ископаемое состояние в виде линз брекчиевых известняков, весьма характерных для рифовых построек. Иловые уровни, установившиеся до взламывания осадка и наблюдающиеся внутри обломков, естественно, ориентированы совершенно беспорядочно. Поэтому в брекчиях установить первичную ориентировку отложений можно только по уровням, находящимся в цементирующей массе. Обломки детритовых известняков, образовавшихся аналогичным образом, встречаются не только в сгруженных брекчиях, но и в любых других разновидностях рифогенных известняков. Если в серии однотипно ориентированных иловых уровней встречается несколько раковин с резко иными наклонами поверхностей заполнений,

следует попытаться выяснить, не заключены ли эти раковины в интракласты. Такие иловые уровни из расчета исключаются.

До сих пор говорилось только о тех заполнениях пустот, которые образовались одновременно или практически одновременно с ростом самой постройки. Однако каркасные известняки и в постседиментационную стадию содержат массу каверн различного размера. Они могут быть как первичного, так и вторичного (например, карстового) происхождения. Все эти пустоты также заполняются минеральным веществом, но данный процесс нередко растягивается и активно продолжается после погребения постройки под слоями более молодых отложений. Если органогенная постройка за это время вследствие тектонических движений испытает угловое перемещение, то вновь образующиеся заполнения полостей будут ориентироваться в соответствии с изменившимся направлением вектора силы тяжести, т. е. иначе, чем первичные иловые уровни. Каждая тектоническая подвижка обычно сопровождается образованием трещин, открывающих доступ к закупоренным пустотам.

Таким образом, в органогенных постройках, особенно складчатых областей, можно обнаружить иловые уровни нескольких генераций — самой первой, соответствующей времени формирования постройки, а также одной-двух более поздних, нередко синхронизирующихся с этапами орогенического развития региона. Одной из задач литологического изучения рифогенных толщ является установление разновременных заполнений пустот и классификация их на сингенетические и эпигенетические. Здесь нужно иметь в виду, что между первичными и вторичными заполнениями наблюдаются более или менее отчетливые различия, которые необходимо выявить в каждом конкретном случае. Мы не случайно акцентировали внимание на изучении «раковин-ватерпасов». Полости раковин ценны тем, что они несомненно первичны и их заполнение карбонатным илом, за редчайшими исключениями, происходило в седиментационную стадию. Стало быть, иловые уровни в раковинах можно наиболее уверенно использовать для определения первичного залегания отложений. На них нужно делать главный упор.

Установление первичности или вторичности других полостей обычно затруднено. В связи с этим главное внимание обращают на характер их заполнения. Тонкий осадок, заполняющий полости в ходе нарастания органогенной постройки, должен быть тождествен по вещественному составу цементирующей массе породы. Если видно, что он существенно иной (более глинистый, песчаный и т. д.), то, очевидно, заполнение вторично, образовалось в эпигенезе и им рискованно пользоваться как показателем первоначальной ориентировки органогенной постройки. Другим важным признаком вторичности заполнения, имеющим практически универсальный характер, является вы-

стиление стенок полостей корковым кальцитом (см. рис. 42). Инкрустационный кальцит отлагается, как правило, в эпигенетическую стадию. Значит, цементация послеинкрустационных пустот — сравнительно поздний процесс.

Из всего сказанного явствует, что изучение иловых уровней необходимо не только для выяснения залегания отложений. Это и один из элементов стадияльного анализа. После создания целостной картины сингенетических, диагенетических и эпигенетических процессов обычно становится понятным весь ход последовательной цементации полостей в рифовой толще и диагностические признаки иловых заполнений разного времени. Несмотря на трудоемкость метода иловых уровней, этот метод нужно считать обязательным, поскольку других способов точного определения залегания массивных известняков не существует.

2. Определение залегания сложных органогенных построек по участкам слоистых пород. Тела собственно органогенных построек слагаются массивными неслоистыми известняками. Однако внутри массивов могут присутствовать участки нормально-слоистых пород, которые помогут установить залегание толщи в целом. В зависимости от типа органогенных построек включения слоистых пород имеют различные размеры, форму и распространение. Например, в выходах нижнекембрийского торгашинского рифа в Алтае-Саянской области отдельные участки, относящиеся к фациям рифового плато, представлены обособленными биогермами, промежуток между которыми выполнены слоистыми известняками. Поскольку детритовые известняки слагаются продуктами разрушения органогенных построек, то по внешнему облику они сходны с биогермными известняками. Зажатые между жесткими глыбами биогермов эти известняки обычно интенсивно раздроблены. Вероятно, поэтому на них не обращают внимания, принимая за брекчированные участки массивных известняков. Однако даже при сильной трещиноватости общее залегание пород на этих участках обычно сохраняется. Более достоверно элементы залегания устанавливаются вблизи контактов с биогермами, где происходит утыкание слоистых известняков в массивное тело биогерма и залегание их менее нарушено. Вблизи вершины биогермов слоистые породы часто облекают биогермные постройки и могут иметь значительный первичный наклон слоев, достигающий 30°. Не рекомендуется делать измерения также вблизи подошвы биогермов, где подстилающие слоистые отложения нередко проседают под тяжестью построек [Задорожная Н. М., 1974]. Известна и другая форма распространения слоистых пород в толще массивных известняков. В них могут находиться включения явно слоистых известняков либо в виде небольших гнезд (0,2—3 м), либо в виде линз, протяженность которых достигает нескольких

десятков метров. Например, линза среди массивных известняков нижнепермского рифа г. Тратау, на Урале, имеет протяженность 30 м и мощность от 0,5 до 3—5 м. Контакты слоистых известняков с массивными резкие, с линзовидным выклиниванием.

При этом необходимо оговориться, что отдельные измерения, полученные в линзах слоистых пород, не могут распространяться на всю толщу массивных известняков без подтверждения их однотипными измерениями, полученными другими методами, поскольку слоистые известняки в отдельных линзах могли иметь первичный наклон слоев.

Определению залегания органогенных построек могут способствовать также ориентированные текстуры явно седиментационного происхождения, а именно явления незавершившегося динамического расслоения карбонатных осадков в виде следов сортировки шламово-детритового материала. Элементы такой слоистости в массивных известняках надо измерять, но по ней нельзя делать вывод о залегании всей постройки, поскольку слоистость имеет незначительное распространение, сплошь и рядом располагается диагонально к первичной линии горизонта.

Общее залегание толщ массивных известняков, представляющих собой сложные органогенные постройки, может быть установлено по положению простых построек, участвующих в их строении. Для этой цели могут быть использованы биостромы и биогермы монолофондного типа, рост которых начинался на выровненных поверхностях. Линзовидные и куполовидные биогермы имеют плоское основание, которое соответствует положению первичной поверхности морского дна. Нередко в основании биогермов и биостромов обнаруживаются небольшие линзовидные прослойки плитчатых известняков с седиментационной слоистостью. Определение залегания по положению подошвы биогермов должно подтверждаться также другими методами. Это связано с тем, что биогермные постройки могли развиваться на первично наклонных поверхностях. В целом наблюдения относительно расположения биогермов в пространстве могут быть полезными для решения вопроса о крутом или пологом залегании толщи массивных известняков на первых этапах изучения.

3.10. МАРКИРУЮЩИЕ ГОРИЗОНТЫ ПРИ КАРТИРОВАНИИ ОТЛОЖЕНИЙ С ОРГАНОГЕННЫМИ ПОСТРОЙКАМИ

Прослеживание маркирующих горизонтов — один из основных методов картирования стратифицированных отложений: с их помощью производится увязка разрезов, корреляция разнофациальных отложений, прослеживание геологических гра-

ниц. В массивных известняках, несмотря на кажущуюся их монотонность и однообразие внешнего облика, могут быть также установлены маркирующие горизонты. Выделяются они по различным признакам: составу порообразующих организмов, текстурным особенностям пород, выражению в рельефе отдельных слоев и пачек и т. д. Мощность и протяженность подобных горизонтов, а также соответственно возможности их использования при геологической съемке различны. Имеются горизонты, которые прослеживаются в пределах большей части планшета и по которым возможно производить увязку удаленных разрезов; наряду с этим могут выделяться местные горизонты незначительной протяженности, которые используются для увязки отдельных обнажений, например на участке составления опорного разреза.

Ниже приведено несколько примеров использования маркирующих горизонтов при картировании нижнекембрийских органогенных построек в Батеневском кряже Алтае-Саянской складчатой области. Неотчетливо обособленные археоциатоводорослевые биогермные массивы, тесно перемежающиеся с детритовыми фациями, образуют здесь мощные (300—600 м) толщи массивных известняков, которые трудно поддаются расчленению и корреляции. Картирование этих отложений в окрестностях пос. Боград показало, что для выявления их залегания и геологической структуры с успехом могут применяться различные маркирующие горизонты.

1. Выделение маркирующих горизонтов по составу порообразующих организмов

Разрез нижнего кембрия богградского участка относится к числу опорных. В результате многолетних исследований в этом районе установлены две толщи: известково-доломитовая с единичными находками водорослей и гастропод и толща массивных водорослевых известняков с обильными остатками археоциат и трилобитов. Эти отложения слагают крупную синклиналиную складку, осложненную разломами. Слоистые известково-доломитовые отложения считались более древними относительно массивных биогермных известняков. При детальном картировании в толще массивных известняков был выделен биостромный горизонт пластовых строматолитов мощностью 250 м, который прослеживается на протяжении более 10 км. На южном крыле Богградской синклинали этот горизонт с постепенными переходами залегает на биогермных элифитоновых известняках, на северном — также с постепенными переходами — на толще слоистых известковистых доломитов и известняков, которые помещались ранее в основание разреза. Таким образом, в результате прослеживания строматолитового горизонта были выявлены фациальные замещения биогермных известняков лагунными известково-доломитовыми фациями (рис. 44, 67), что привело к иному пониманию строения разреза и геологической структуры всего участка [Задорожная Н. М., Новоселова Л. Н., 1975]. Выводы о фациальных замещениях подтвердились анализами терригенных минералов из нерастворимых остатков карбонатных пород (см. разд. 6.5).

Другой пример маркирующего горизонта, установленного по составу порообразующих водорослей, имеется в этом же районе, на участке горы Средней (рис. 45), где разрез нижнего кембрия представлен массивными водорослевыми известняками. В основании этой толщи залегает тафостром-

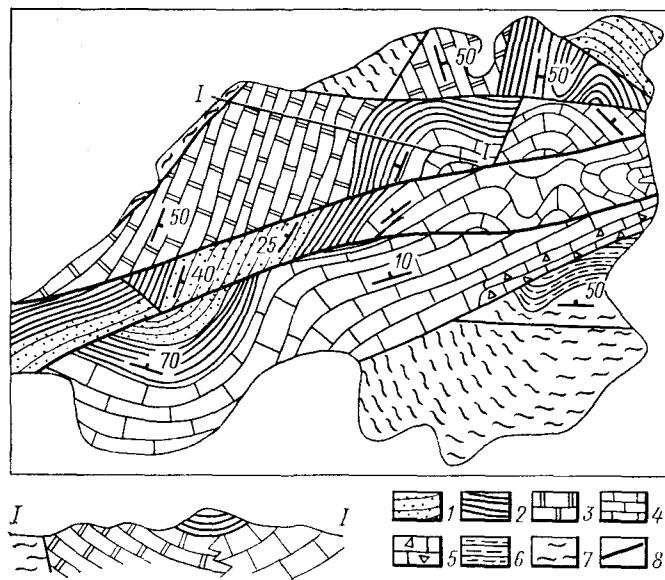


Рис. 44. Схема геологического строения богградского участка (Н. М. Задорожная, Д. В. Осадчая).

1-6 — нижний кембрий (сверху вниз по разрезу): 1 — черные известняки, доломиты, 2 — строматолитовые известняки, маркирующий горизонт, 3 — черные доломитовые известняки, доломиты, 4 — светло-серые, массивные, биогермные известняки, 5 — черные брекчиевые известняки, кремнистые сланцы, 6 — светло-серые плитчатые известняки; 7 — верхний докембрий (известняки, доломиты, кварциты); 8 — разломы; 3 и 4, 5, 6 — разновозрастные разнофациальные отложения.

ный горизонт (44 м) грубоплитчатых известняков, сложенный трубчатыми водорослями проауляпора. В результате прослеживания проауляпорового горизонта установлено, что складчатая структура на данном участке осложнена разломами. Оказалось, что в разрезе, который ранее считался непрерывным, выпадает пачка 130 м и по разлому контактируют проауляпоровые и биогермные эпифитоновые известняки, относящиеся к разным биостратиграфическим горизонтам. Таким образом, с помощью маркирующего горизонта было уточнено геологическое строение участка опорного разреза, а также объем биостратиграфических горизонтов [Задорожная Н. М., Осадчая Д. В., Репина Л. Н., 1973 г.].

2. Выделение маркирующих горизонтов по текстурным признакам пород

Среди массивных биогермных известняков богградского участка распространены брекчии, происхождение которых связано с размывом органогенных построек одновременно с их ростом. Брекчии образуют неправильные пятна и участки среди биогермных известняков, иногда же слагают прослой и пачки различной мощности и протяженности. На участке опорного разреза горы Средней, в толще биогермных известняков, находится пачка крупнообломочных (5—7 см) брекчий, имеющая мощность 30 м и протяженность 400 м. По внешнему облику брекчии сходны с биогермными известняками, брекчиевая текстура их проявляется только на выветрелых, смоченных поверхностях. Несмотря на незначительную протяженность пачки брекчий, выделение этого

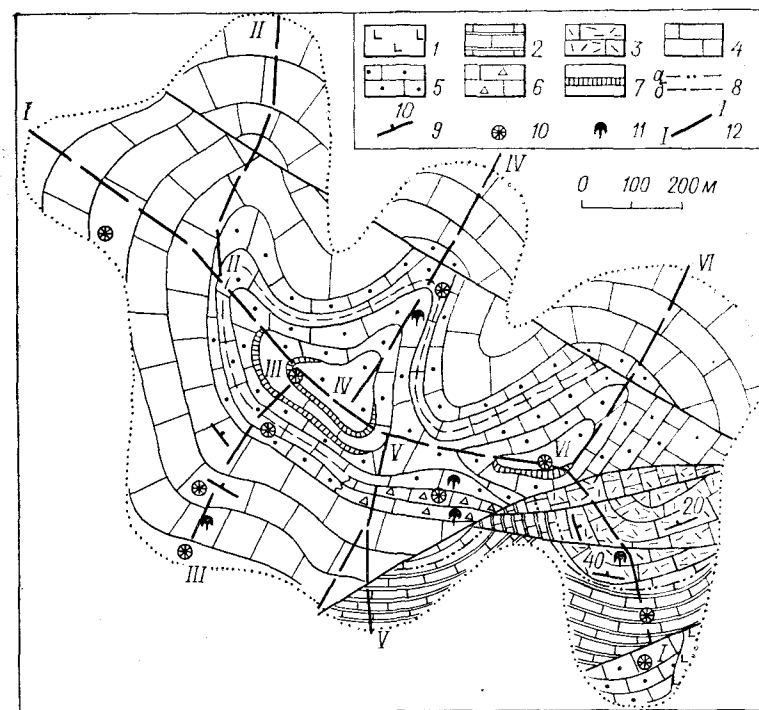


Рис. 45. Геологическая карта горы Средней (Н. М. Задорожная, Д. В. Осадчая).

1 — нижний девон, эффузивы, туфы; 2-7 — нижний кембрий, известняки (2 — черные, мелкобрекчиевые, 3 — светло-серые, плитчатые, проауляпоровые, маркирующий горизонт, 4 — светло-серые массивные, биогермные, 5 — светло-серые, неотчетливо-плитчатые, с отдельными биогермными; 6 — светло-серые, массивные, крупнобрекчиевые, маркирующий горизонт, 7 — гряды плитчатых известняков, выступающие в рельефе, маркирующий горизонт); 8 — границы биостратиграфических горизонтов (а — базальского и камешковского, б — камешковского и санаштыгольского); 9 — элементы залегания; 10-11 — места находок: 10 — археозоат; 11 — трилобитов; 12 — линии профилей.

горизонта способствовало пониманию общей структуры участка, а также подтвердило простирание толщи массивных известняков, установленное по биоморфной слоистости (рис. 45).

3. Выделение маркирующих горизонтов по геоморфологическим признакам выходов пород

Маркирующие горизонты по данным признакам были использованы при составлении детальной геологической карты также на участке разреза горы Средней (рис. 45). В составе толщи массивных биогермных известняков имеется пачка неотчетливо-плитчатых детритовых известняков, включающих изолированные биогермы. Отдельные пласти известняков мощностью от 1,5 до 2 м выступают в рельефе в виде отчетливых гряд, которые в условиях хорошей обнаженности были прослежены на двух уровнях на протяжении 350—400 м и способствовали выявлению складчатой структуры участка. Детритовые известняки в данном случае по внешнему облику почти не различаются от биогермных, поэтому подобные горизонты имеют сугубо местное

значение. Проследить их возможно только в условиях полной обнаженности, поскольку при перерывах обнаженности нельзя быть уверенным, что следится один и тот же пласт.

В качестве маркирующих горизонтов или, вернее, определенных стратиграфических уровней могут использоваться особенности выходов в рельефе органогенных массивных известняков с различным внутренним строением. Например, на р. Базаихе, в Восточном Саяне, смена в разрезе биогермных известняков, образующих скальные выходы, неясноплитчатыми органогенно-детритовыми известняками отражается в рельефе хорошо выраженным террасовидным уступом, который может легко быть прослежен на местности (см. табл. XXII).

3.11. БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЛЕНЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИИ РАЗРЕЗОВ

Биостратиграфические методы — основные для расчленения и корреляции толщ с органогенными постройками, поскольку именно с ними связаны богатые и разнообразные комплексы фауны и флоры. Специальные биостратиграфические работы нередко проводятся в ходе предшествующих съемок и тематических исследований, обеспечивающих необходимую детальность картирования в масштабе 1 : 50 000. При проведении крупномасштабных съемочных работ региональные стратиграфические схемы могут уточняться и детализироваться.

Биостратиграфическое изучение отложений с органогенными постройками включает решение следующих задач:

— выяснение последовательной смены комплексов органических остатков в разрезах;

— выявление стратиграфического объема и положения органогенных построек в общем разрезе региона;

— местная региональная корреляция разрезов на основе выделенных группировок фауны и флоры.

Специфика использования биостратиграфических методов применительно к органогенным постройкам определяется в основном размерами и сложностью построек, а также их соотношением с вмещающими слоистыми отложениями.

3.11.1. СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ В СЛОИСТЫХ ТОЛЩАХ, ВКЛЮЧАЮЩИХ МЕЛКИЕ ОРГАНОГЕННЫЕ ПОСТРОЙКИ

Выявление стратиграфической последовательности подобных толщ представляет собой наиболее простой вариант, поскольку мелкие тела органогенных построек не нарушают общего залегания вмещающих отложений. Приуроченность органогенных построек к определенным стратиграфическим уровням устанавливается сравнительно легко при составлении разреза слоистой толщи, включающей постройки. Как правило, органические остатки в подобных толщах сконцентрированы в постройках, особенно если вмещающие отложения представлены тер-

ригенными и вулканогенно-терригенными породами. Органогенные постройки (калитры, биогермы, небольшие биогермные массивы) обычно образуют разрозненные, изолированные тела, которые могут находиться на разных стратиграфических уровнях во вмещающих слоистых толщах. Одной из задач при изучении подобных толщ является определение стратиграфического положения органогенных построек во вмещающих отложениях. С этой целью составляется серия параллельных разрезов, которые пересекают зоны максимального скопления органогенных построек. Сеть разрезов зависит от частоты встречаемости построек, характера фаций вмещающих отложений, необходимой степени детальности. Послойное описание разрезов сопровождается литологическими (разд. 3.6) и палеоэкологическими (разд. 3.12) наблюдениями. Сборы органических остатков рекомендуется проводить в следующем порядке: из отложений, подстилающих постройку (отметив, на каком расстоянии взяты образцы); из самого биогермного тела (из середины, низа, верха, с краев); из слоев, перекрывающих постройку; из слоев, вмещающих органогенное тело (вблизи постройки, вдали). На зарисовках и схемах фиксируются места сборов органических остатков.

Разрезы увязываются путем прослеживания литологических маркирующих горизонтов с характерными комплексами органических остатков, следами жизнедеятельности и другими одинаковыми признаками (разд. 3.6). На этой основе составляются литолого-фациальные профили, на которых условными знаками показывается размещение органогенных построек, характерных групп фауны и флоры, соотношений доминирующих и прочих видов и т. д.

3.11.2. СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ В МАССИВНЫХ ИЗВЕСТНЯКАХ, СЛАГАЮЩИХ КРУПНЫЕ ОРГАНОГЕННЫЕ ПОСТРОЙКИ

Значительно большие трудности возникают при стратиграфическом расчленении крупных органогенных построек, образующих протяженные тела массивных известняков мощностью в сотни метров (биогермные, биостромные, рифовые массивы). Время формирования этих образований может иногда отвечать стратиграфическому интервалу, охватываемому от нескольких биостратиграфических горизонтов, до отдела и более, например, торгашинский риф [Задорожная Н. М. и др., 1972].

Биостратиграфические исследования в массивных известняках с органогенными постройками начинаются с детального изучения опорного разреза и включают три этапа:

— предварительный — выяснение геологического строения участка работ, выбор опорного и дополнительных разрезов;

— основной — описание разрезов с детальной документацией размещения органических остатков в разрезах, их количественных соотношений, следов жизнедеятельности и других характерных признаков;

— заключительный (камеральный) — выделение фаунистических комплексов, расчленение и корреляция выделенных подразделений с разрезами вмещающих слоистых толщ, а также других органогенных построек района.

Выбор опорного разреза в массивных известняках очень сложен вследствие отсутствия в них естественной слоистости. Поэтому составлению опорного разреза предшествует выяснение общего геологического строения участка, установление условий залегания массивных известняков, выявление в них складчатых и разрывных нарушений, поиски стратиграфически непрерывных разрезов. Опорный разрез должен находиться на обнаженных участках, быть по возможности легкодоступным, иметь полный стратиграфический объем, нормальные контакты с подстилающими и перекрывающими отложениями, быть достаточно фаунистически и палеоэкологически охарактеризованным. До составления опорного разреза необходимо выяснить типы органогенных построек, составляющих карбонатный массив (биогермы, биостромы, биогермные массивы и другие, см. разд. 3.3), характер их контактов с вмещающими отложениями (облекания, прилегания, впритык и др.), литолого-фациальную смену отложений по простиранию. Все это позволит более обоснованно подойти к выбору опорного разреза.

Составление опорного разреза рекомендуется проводить по программе опорных разрезов [Либрович Л. С., Овечкин Н. К., 1961 г., 1963 г.; Стратиграфический кодекс СССР, прил. 2, 1977] с возможно более полной палеоэколого-литологической его характеристикой и последующим монографическим изучением ведущих групп ископаемых организмов.

Методика составления разрезов в массивных известняках значительно отличается от составления разрезов в слоистых толщах, для которых легко устанавливается последовательность напластования. Особенности полевого расчленения разрезов следующие.

1. Поскольку в массивных известняках отсутствуют естественные плоскости наложения, разрезы рекомендуется изучать поинтервально или по заранее размеченной сетке (см. разд. 3.3). Интервалы выделяются в зависимости от масштаба, задач работ, мощности и строения изучаемых построек. Хорошие результаты могут быть получены, если разрез разделить на интервалы от 1—2 до 5—10 м. Все интервалы маркируются на местности (реперы и т. п.), что дает возможность точно документировать отдельные части разреза и «привязать» отбирае-

мые образцы фауны и флоры, палеоэкологические штудфы, литолого-геохимические пробы и т. д.

2. Поинтервальное описание опорного разреза следует проводить комплексно привлечением литолога, палеоэколога и палеонтологов разных специальностей.

3. В каждом интервале желательно начинать документацию с зарисовки мест скопления органических остатков и их отбора.

4. При биостратиграфических наблюдениях и сборах в пределах каждого интервала в первую очередь необходимо дать качественную характеристику ископаемых организмов. При изучении состава фауны и флоры в полевых условиях не всегда возможно правильное определение отдельных таксонов. В этом случае основным группам ископаемых организмов следует давать условные (рабочие) названия.

5. После выявления таксономического состава окаменелостей следует изучить количественные соотношения между представителями различных групп организмов. Количественный учет органических остатков проводится путем подсчета количества форм на опорных площадках (см. разд. 3.12).

6. Отбор образцов фауны и флоры рекомендуется начинать лишь после ознакомления с основными группами окаменелостей. Учитывая сложность определения пространственных взаимоотношений органических остатков в массивных, внешне однообразных известняках, при сборе образцов рекомендуется соблюдать следующие правила: 1) сбор органических остатков проводить только в ходе составления разрезов; 2) образцы из каждой, даже близко расположенной точки, документировать отдельно; 3) маркировать и заворачивать образцы непосредственно на обнажении; 4) все местонахождения остатков фауны и флоры наносить на литолого-палеоэкологические схемы (зарисовки) и колонки непосредственно в поле; 5) при сборе остатков необходимо обращать внимание не только на самые крупные каркасные формы, но и на сопутствующие организмы, а также на следы их жизнедеятельности.

7. Палеонтологические образцы, отобранные с биостратиграфическими целями, рекомендуется разбирать по таксономическому признаку (кораллы, брахиоподы, криноидеи и т. п.) и упаковывать отдельно с полной документацией (этикетка, описание, схематические карты с точками отбора и т. п.) для передачи соответствующим специалистам. Образцы органических остатков, которые изучаются в шлифах (кораллы, строматопораты, мшанки, археоциаты и др.) необходимо брать с расчетом последующего изготовления палеонтологических шлифов в поперечных и продольных сечениях, выполнении палеобиогеохимических анализов и других видов аналитических работ.

8. В образцах, отобранных на шлифы, желательно в поле цветным карандашом указать плоскость распила. Образец,

отобранный на шлиф, требует отдельной этикетки, где отмечаются: номер образца, порядковый номер шлифа, фамилия исследователя, год сбора и число шлифов. Например, 244-43-1

Смирнова-80
2 шл. Каждый «размеченный» образец с этикеткой заворачивается в отдельный пакетик. Образцы для шлифов из одной точки группируются в крупные пакеты, которые обязательно завязываются бечевкой. На пакете шариковой ручкой или цветным карандашом фиксируются: номер образца, год, фамилия (сокращенная) исследователя, группа фауны или флоры (знаком) и суммарное число шлифов.

Результаты полевого изучения опорного разреза документируются в виде предварительной детальной стратиграфической колонки в масштабах 1:1000, 1:2000 или 1:5000 с поинтервальной привязкой всех групп окаменелостей остатков.

Выделение фаунистических (флористических) комплексов и расчленение разреза производится на заключительном этапе полевых исследований и завершаются в камеральный период. Но уже в поле выделяются пачки с характерными комплексами органических остатков, намечаются границы биостратиграфических подразделений. Детальность биостратиграфического расчленения во многом будет зависеть от полноты сборов и точности документирования всех находок органических остатков. С этой целью необходимо комплексное палеоэколого-литологическое изучение разрезов, использование палеобиогеохимических и других нетрадиционных критериев.

Наряду с изучением опорных разрезов производятся стратиграфические исследования по серии дополнительных разрезов, которые располагают таким образом, чтобы охватить все части органогенной постройки (центральные и периферические) и вмещающие отложения. В результате изучения ископаемых остатков в опорном и серии дополнительных разрезов устанавливаются комплексы остатков организмов, характерных для органогенных фаций построек и вмещающих толщ. Выделяются группировки организмов: прогрессивных, появляющихся в благоприятных условиях раньше других; форм консервативных, появление которых запаздывает, эндемичных форм, приуроченных только к какой-то определенной фации. Намечаются типичные, характерные комплексы организмов, наиболее ценные при параллелизации разрезов органогенного происхождения с вмещающими отложениями. Дополнительные разрезы изучаются поинтервально (или послойно), но менее детально по сравнению с опорными. Частота расположения разрезов зависит от размеров, типа постройки и сложности ее взаимоотношений с вмещающими породами. В итоге должна быть составлена обобщающая по серии разрезов литолого-палеоэкологическая схема с показом на ней типов пород и характерных групп органических остатков (см. рис. 40, 46).

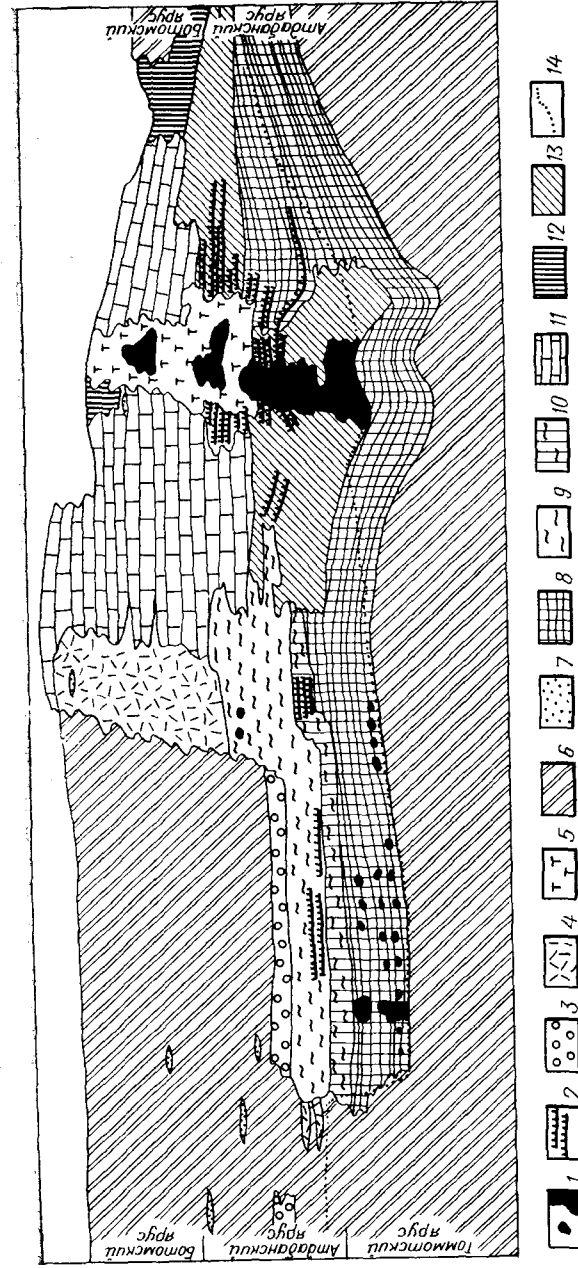


Рис. 46. Пример литолого-фациального профиля. Нижний кембрий, р. Лена [Журавлева И. Т., 1972].

Фации: 1 — биогермная (биогермы, биогермные массивы); 2 — биостромная (водорослевые биостромы); 3—5 — тафостромные доломиты, известняки (3 — оолитовые, 4 — с трубчатыми водорослями и онколитами, 5 — с битой ракушкой); 6 — доломиты; 7 — линзы известняков с водорослями и трилобитами; 8 — вишневые известняки; 9 — волнистоосложные известняки, доломиты; 10 — пятнистые известняки, доломиты; 11 — вторичные доломиты; 12 — битуминозные известняки, аргиллиты; 13 — светлые известняки с прослоями красных глинистых известняков; 14 — линия уреза воды р. Лены.

3.11.3. КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ

Расчленение и корреляция разрезов производятся в основном в камеральный период после монографического изучения палеонтологических коллекций. Однако основные методы биостратиграфической корреляции приводятся в данном разделе с целью обратить внимание на необходимость целенаправленных сборов органических остатков при полевом изучении разрезов.

При крупномасштабной съемке расчленение и корреляция разрезов производятся со значительной детальностью, выделением как общих (ярусы, зоны), так и региональных стратиграфических подразделений (горизонты, лоны).

Основными задачами биостратиграфических исследований в камеральный период являются: а) уточнение и детализация расчленения изученных разрезов, возрастного датирования выделенных стратонев палеонтологическими методами; б) биостратиграфическое обоснование корреляции разрезов и трассирование границ биостратиграфических подразделений в толщах массивных известняков; в) региональная и межрегиональная корреляция отложений с ископаемыми органогенными постройками и толщ иного состава.

После определения палеонтологических остатков в камеральный период и возрастного датирования отложений границы выделенных стратонев наносятся на геологическую карту. Не всегда при этом биостратиграфические подразделения совпадают с геологическими, часто они оказываются секущими относительно границ литологических тел. Особенно это характерно для крупных рифовых массивов (см. разд. 3.15).

Для расчленения и корреляции разрезов в камеральных условиях следует использовать комплекс биостратиграфических, палеозолого-литологических и других методов.

Метод руководящих форм основан на корреляции отложений по характерным формам ископаемых организмов, которые должны иметь достаточно узкий стратиграфический диапазон, широкие ареалы распространения и обладать «выразительными» признаками для однозначного определения [Степанов Д. Л., Месежников М. С., 1979 г.]. Этот метод используется в основном при корреляции близкорасположенных монофациальных разрезов, в которых уровни с руководящими формами могут служить местными маркирующими горизонтами.

Эволюционный метод основан на использовании родственных видов организмов, отражающих уровень эволюционного развития определенной группы животных или растений. При этом морфологические признаки приобретают биостратиграфическое значение и корреляция проводится по сходным стадиям развития выбранной группы организмов [Степа-

нов Д. Л., 1958 г.; Розанов А. Ю., Миссаржевский В. В., 1966 г.; Розанов А. Ю., 1973 г.; Степанов Д. Л., Месежников М. С., 1979 г., и др.].

Использование этого метода можно показать на примере археоциат, широкое распространение которых связано с органогенными постройками нижнего кембрия и которые являются одной из ведущих групп для их расчленения. Остатки археоциат обычно обильны и сравнительно легко обнаруживаются на выветрелых поверхностях массивных известняков. При всем морфологическом разнообразии археоциатовых кубков визуально могут быть выявлены такие элементы скелета, появление которых фиксирует определенные биостратиграфические рубежи. Например, появление кольцевых внутренних стенок характерно для верхов базаихского, а форм с кольцевыми внутренними и усложненными наружными стенками — для камешковского горизонтов нижнего кембрия Алтае-Саянской области. Появление археоциат с решетчатой (терциатоидной) наружной стенкой происходит в санаштыкгольском горизонте, нижняя биостратиграфическая граница которого оценивается как ярусная.

В целом при использовании эволюционного метода необходимо выявить группу родственных организмов и изучить изменение ее морфологических особенностей во времени. Для этого необходимо проводить сравнительное описание основных морфологических признаков группы форм последовательно по разрезу; фиксировать появление и устойчивость новых морфологических черт, а также выделять интервалы количественного преобладания форм с новыми признаками. После всестороннего монографического изучения ископаемых остатков эволюционный метод, как никакой другой, помогает выявить смену во времени определенных этапов в развитии групп каркасных и сопутствующих организмов. Это способствует обоснованию увязки местной шкалы с международными ярусными и зональными шкалами, а также широкой региональной и межрегиональной корреляции разрезов [Степанов Д. Л., 1958 г.; Розанов А. Ю., Миссаржевский В. В., 1966 г.; Зубкович М. Е., 1968 г.; Розанов А. Ю., 1969 г.; Степанов Д. Л., Месежников М. С., 1979 г., и др.].

С помощью метода комплексного анализа ископаемых организмов расчленение и параллелизация разрезов проводятся путем выявления и прослеживания характерных видовых и родовых группировок, различных по происхождению организмов [Степанов Д. Л., 1958 г.; Зубкович М. Е., 1968 г.; Степанов Д. Л., Месежников М. С., 1979 г., и др.]. В случае его применения резко возрастают возможность корреляции разрезов, объективность в оценке коррелируемых биостратиграфических подразделений. Метод комплексного анализа характерных групп организмов приобретает большое зна-

чение при региональной и межрегиональной корреляции на заключительных этапах исследования.

При расчленении и корреляции отложений с органогенными постройками собственно биостратиграфические методы не всегда оказываются достаточно эффективными, особенно при резкой фациальной изменчивости отложений в пределах ограниченных территорий. В этом случае для дробного расчленения разрезов и их корреляции могут привлекаться палеоэкологические методы (см. разд. 3.12).

Случаи, осложняющие применение биостратиграфического метода. При расчленении и корреляции разрезов в толщах массивных известняков не всегда учитываются сложные фациальные переходы органогенных и вмещающих отложений (см. разд. 3.14). Разнофациальные разновозрастные комплексы органических остатков внутри построек и во вмещающих породах зачастую различаются больше, чем сменяющие друг друга во времени в монофациальных отложениях. По этому поводу уместно высказывание Г. Д. Шарма [1968 г., с. 134] о том, что «изучение древних рифов выдвигает ряд интересных, но обычно очень сложных стратиграфических проблем ..., ибо в пределах каждого отдельного рифа создаются условия для возникновения стратиграфических перерывов, так как риф растет значительно быстрее, чем отлагающие его осадки, и быстрее, чем происходит обусловленное прогибанием погружение его под уровень моря. Эти перерывы осадконакопления, наряду с первично наклонным напластованием вдоль внешнего края рифа и оползанием больших масс осадков, создают сложные стратиграфические взаимоотношения, вызывающие трудности при корреляции разрезов.»

Резкие фациальные переходы разновозрастных отложений на коротких расстояниях значительно осложняют корреляцию разрезов и часто приводят геологов к неправильным выводам. Подобная ситуация возникла, например, при изучении кембрийских рифовых толщ (см. рис. 35) по р. Базаихе в Восточном Саяне [Задорожная Н. М., Журавлева И. Т., Репина Л. Н., 1972]. Ранее скользящий контакт рифовых торгашинских известняков со слоистой калтатской свитой принимался за стратиграфически разновозрастный. Вследствие этого комплекс фауны, собранный в основании торгашинских известняков, имел смешанный характер и геологи даже делали вывод о невозможности применения биостратиграфических методов для данных отложений [Коптев И. И., 1962 г.].

При расчленении и корреляции необходимо учитывать различные комплексы органических остатков, обусловленное фациальными причинами. Зависимость состава фауны от фаций для древних толщ на участках развития органогенных построек отмечалась неоднократно. И. Т. Журавлева [1972] на примере кембрийских отложений Сибирской платформы показала, что

в различных фациальных обстановках (биогермы, биостромы, межбиогермные отложения) состав археоциат одного стратиграфического уровня может быть различным: он бывает сопоставим либо с более древним, либо с более молодым комплексом. Стратиграфический интервал «смещения» отдельных форм может достигать ползоны, а иногда и зоны [Журавлева И. Т., 1972].

Сложные случаи параллелизации разрезов возникают в условиях более быстрого роста органогенных построек по сравнению с накоплением окружающих отложений. При этом комплексы органических остатков органогенных и вмещающих пород могут быть разновозрастными в какой-то части или даже полностью. Разновозрастность в подобных толщах зафиксирована Н. И. Андрусовым [1961] при изучении миоценовых органогенных построек Крыма. В углублениях неровной поверхности среднесарматских мшанковых биогермов были обнаружены «карманы» пород с позднесарматской фауной. В результате тщательного изучения органических остатков оказалось, что после завершения своего развития органогенная постройка значительно возвышалась над дном моря. Среднесарматские отложения оказались размыты. И уже позднее биогермы в качестве останцов были захоронены под отложениями верхнего сармата (табл. XVIII). Аналогичен пример разновозрастности органогенных (толща Суон-Хилс) и окружающей отложений (формация Уотеруэйс) верхнедевонской рифовой банки в районе Джуди-Крик Канады [Муррей Дж. У., 1968 г.].

3.12. ТАФОНОМИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Палеоэкология — раздел палеонтологии, изучающей ископаемые органические остатки в связи с восстановлением среды обитания древних организмов и их взаимоотношений друг с другом.

В основе палеоэкологии лежит допущение, что основные законы природы в прошлом были такими же, как сейчас, что многие организмы прошлого и настоящего имеют сходный тип организации и что в различные геологические периоды действовали одни и те же экологические принципы [Рауп Д., Стэнли С., 1974 г., и др.].

При палеоэкологических исследованиях ставятся следующие основные задачи [Геккер Р. Ф., 1957, и др.]: 1) выяснение образа жизни вымерших животных и растений (способы питания, передвижения, нападения, защиты, размножения и т. п.); 2) восстановление условий жизни отдельных организмов или целых сообществ (температура, освещенность, соленость воды, пища и т. д.).

Палеоэколого-тафономические исследования при изучении толщ с органогенными постройками проводятся с целью всестороннего анализа условий среды и образа жизни каркасостроителей и сопутствующих им организмов, позволяющих понять условия осадконакопления и палеогеографические особенности древнего бассейна, в котором отлагались рифогенные толщи.

По составу фациально-экологических группировок каркасостроителей и сопутствующих им организмов возможны детальный морфолого-генетический анализ органогенных сооружений, в том числе сложных и крупных, а также расчленение и корреляция толщ, их вмещающих. Органогенные постройки особенно интересны тем, что, изучая их, геолог устанавливает непрерывную смену состава и структуры сообществ, изменившихся со временем.

Тщательное изучение прижизненного положения, прикрепления и роста каркасных организмов позволяет устанавливать современное тектоническое положение органогенных построек относительно первоначального. Особенно важными индикаторами тектонических процессов являются скелетные части кораллов, водорослей и мшанок, нараставших преимущественно вертикально.

Многие признаки отличают рифовые массивы, росшие на опускающемся основании, от построек, образовавшихся на неподвижном или поднимающемся субстрате. Для первых характерна большая мощность «ядра» (остова) массива, крутые склоны и резкие фациальные переходы во вмещающие отложения. При росте на неподвижном субстрате мощность биогермных образований обычно невелика. Для органогенных построек, росших на поднимающихся основаниях, характерно «сползание» в сторону открытого моря. По особенностям пространственного распределения колониальных кораллов и известковых водорослей возможно устанавливать участки опускания и поднятия морского дна в момент образования органогенных построек.

Палеоэкологам приходится работать с обрывочными и неполными свидетельствами жизни прошлого, что существенно затрудняет восстановление среды обитания древних организмов.

Палеоэкологические и тафономические наблюдения начинаются с зарисовки общего вида обнажения. Приступая к изучению организмов в органогенной постройке, ее размечают на части сеткой квадратов (см. разд. 3.6.3), которые отмечаются соответствующими цифрами на поверхности постройки и на рисунке. Наблюдения, сбор материалов и зарисовки производятся в каждой отдельной размеченной части постройки. Для крупных органогенных сооружений после суммирования данных по отдельным квадратам дается обобщающая характеристика.

Изучение ископаемых организмов постройки желательно начать с определения таксономического состава фауны и флоры. Таксономическая принадлежность органических остатков в постройках определяется путем предварительного полевого изучения организмов (иногда с условными временными названиями), с обязательной зарисовкой названного таксона и сбором сравнительной эталонной коллекции [Ископаемые органогенные постройки ..., 1975, и др.]. В камеральных условиях уточняются сводные списки, отражающие все разнообразие организмов. Списки целесообразно составлять по систематическому признаку (тип, отряд, семейство и т. д.), с учетом родового и видового разнообразия и плотности поселений организмов.

Количественный учет фауны и флоры в постройках проводится путем подсчета остатков организмов на опорных площадках (20×20 см до 2×3 м) в пределах размеченной сетки квадратов (см. разд. 3.6.3). Размеры площадок и частота наблюдений зависят от сложности и размеров изучаемой постройки. В ходе количественного учета определяют численность (*N*) — число экземпляров каждого вида, рода, семейства или процент от общего числа организмов сообщества; видовое разнообразие (*D*) — число видов сообщества. Полученные данные суммируют и выводят средние значения численности и разнообразия, характерные для всей постройки или ее части (табл. 10). В целях лучшей сопоставимости результатов значения численности пересчитывают на 1 м² площади обнажения, определяя плотность (*P*) поселений организмов в отложениях различных фаций. Получив представление о таксономическом разнообразии организмов, их численности и плотности поселения, переходят к оценке распространенности форм доминирующих родов и видов (массивных, древовидных, стелющихся и др.).

Т а б л и ц а 10

Количественные характеристики разнообразия ископаемых организмов постройки на примере Карнийского рифа Приморья (Е. В. Краснов)

Местонахождение: Приморский край, Дальнегорский район
 Возраст: поздний триас, карнийский ярус
 Фация: рифовое плато
 Биоценоз: водорослево-коралловый
 Площадь выборки: 100×100 см (3 участка)

Группа организмов	Численность <i>N</i>	Видовое разнообразие <i>D</i>	Примечание
Водоросли	12	1	Комплекс характерен для большинства обнажений
Кораллы	17	5	
Моллюски	11	1	
Иглокожие	2	1	

Распространенность жизненных форм основных строителей органогенного сооружения (либо его части) определяется в процентах от общего числа наблюдаемых типов: широко распространенными можно считать формы, встреченные более чем в 75 % всех случаев наблюдения; распространенными — формы, встреченные примерно в 50 %; ограниченно распространенными — в 25 %; редкими — в 10 %; очень редкими (локально распространенными) — в единичных случаях [Ископаемые органогенные постройки . . ., 1975, с. 96].

Доминирование отдельных таксонов и жизненных форм каркасных и сопутствующих организмов, выраженное в показателях их численности N , плотности P , разнообразия родов и видов D , может служить более надежным индикатором возраста картируемых отложений по сравнению с обычными списками фауны и флоры.

Тафономический анализ включает наблюдения над типом захоронения, ориентировкой и сохранностью органических остатков, сортировкой и преобразованиями остатков до и после захоронения. Эти данные способствуют решению вопросов о месте обитания и погребения организмов, фациальных условиях накопления осадков, тем самым позволяя восстановить палеогеографические и палеоэкологические обстановки прошлого [Ефремов И. А., 1950 г.; Иванова Е. А., 1958 г.; Краснов Е. В., 1965 г. и др.].

Установление типа захоронения остатков организмов позволяет выявить условия существования построек: степень подвижности водной среды, глубину, температуру и другие абиотические факторы среды [Ефремов И. А., 1950 г.]. Например, коралловый риф образуют склерактинии и водоросли в условиях нормальной солености воды, малой глубины, достаточно высокой температуры (не ниже +18 °C) и др. [Мерклип Р. Л., 1962 г.]. Тип захоронения зависит от темпов осадконакопления, отношения к субстрату, размеров и прочности скелета ископаемых организмов. Различают следующие типы захоронения: а) скелетные части в положении роста (прижизненные) либо переотложенные; б) скопления органических остатков — гнездовидные, линзовидные, пластообразные и др.; в) рассеянные по слою целые скелеты или их отдельные части; г) групповые скопления органических остатков, приуроченных к определенному уровню. При изучении типа захоронения организмов в постройках особого внимания требуют каркасные организмы, погребенные на месте жизни.

Ориентировка органических остатков может быть динамической, обусловленной током воды (течениями) и прижизненной, сохраняющей положение роста после гибели организма [Захаров В. А., 1974 г.]. Каркасные организмы в органогенных постройках характеризуются преимущественно прижизненной ориентировкой. Выявление скелетных остатков в положении

роста — важнейшая часть тафономического анализа. Для такого исследования необходимы зарисовки крупных штуфов, обнажений, стенок горных выработок. Взаимоотношение органических остатков и вмещающих пород хорошо видно на смоченных водой свежих сколах, на ориентированных пришлифовках.

Сохранность ископаемых остатков определяется прочностью скелета, динамикой водной среды, темпами осадконакопления [Ископаемые органогенные постройки . . ., 1975; Захаров В. А., 1974 г., и др.]. При полевых исследованиях отмечают преобладание целых скелетов и их обломков; остатки организмов, сохранивших выросты и скульптуру скелета или утративших ее. При наблюдении над сохранностью органических остатков также различают прижизненные образования (линии роста и др.) и посмертные деформации скелетов: сомкнутость и разомкнутость раковин моллюсков, следы сверления, обрастания одних организмов другими и т. д. Для органогенных построек характерно сочетание остатков организмов хорошей сохранности в прижизненной ориентировке и их обломков.

Определение пороодообразующей роли ископаемых организмов имеет большое значение при палеоэкологических исследованиях. Основным при этом является разграничение каркасных (рифостроителей) и сопутствующих организмов (рифоллюбов). Иногда трудно решить, какая группа организмов была ведущей при сооружении постройки, и не всегда удается провести в поле резкую грань между основными и сопутствующими организмами. Для пород с визуально наблюдаемыми органическими остатками может быть применен метод подсчета организмов на опорных площадках (1×1, 1,5×1,5 м и т. д.). Результаты наблюдений и подсчетов целесообразно представлять в виде круговых диаграмм (рис. 47), на которых отражаются количественные соотношения каркасных (рифостроящих) организмов.

Для установления основных комплексов органических остатков, характерных для построек и их отдельных частей, можно также рекомендовать метод сравнения и подсчета площадей и объемов, занимаемых скелетными остатками. На ровную поверхность обнажения накладывается калька, на которой карандашом обводятся контуры площадей распространения того или иного сообщества организмов, детритового материала, цемента. Затем с помощью миллиметровой бумаги определяются площади, занимаемые остатками различной систематической принадлежности (рис. 48).

Отнесение постройки к определенному типу (биогерм, биостром, рифовый массив и др.) по совокупности литологических характеристик должно сопровождаться установлением экотипа по доминирующим группам каркасных организмов: коралловый биогерм, водорослево-мшанковый биостром, губковый риф и

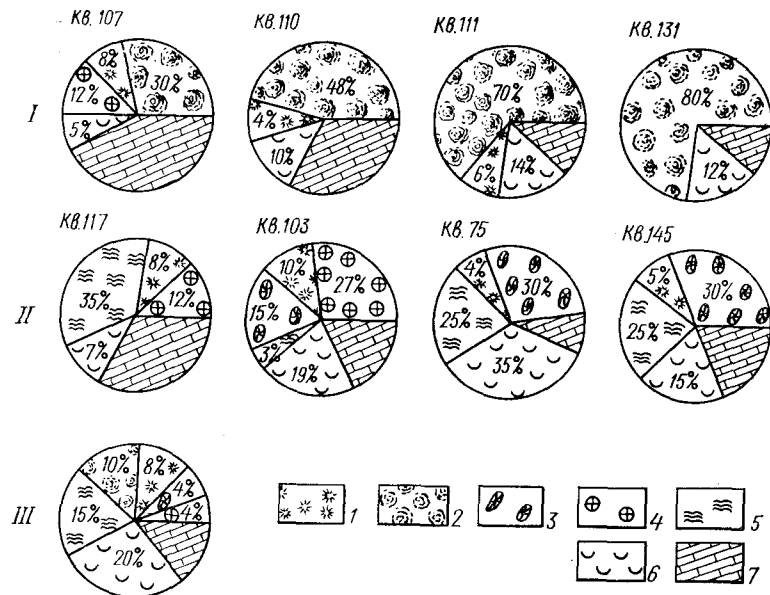


Рис. 47. Пример диаграммы содержания колониальных кораллов, крупного детрита и заполнителя в биогермных известняках Чильгазского массива. Верхняя юра, Юго-Западный Гиссар (Н. К. Фортунатова, И. К. Григорьева). I—II — процентное содержание по сеткам-квадратам; III — обобщенная диаграмма; 1—4 — колониальные кораллы родов: 1 — *Microsolena*, 2 — *Cryptosolenia*, 3 — *Thecosmilia*, 4 — *Salathophyllia*; 5 — сине-зеленые водоросли; 6 — крупный детрит; 7 — органогенно-обломочный и комковатый известняк.

т. п. Разнообразие лито- и биофациальных характеристик построек возрастает от простых к сложным.

Особенности распределения организмов в постройке определяются фациальными условиями. Для животного и растительного мира построек характерно богатство и разнообразие систематического состава большинства групп, повышенная роль прикрепленных бентосных форм, преобладание каркасных форм в общем составе биоценоза.

При изучении организмов в органогенных постройках иногда создается ложное впечатление хаотичности их распределения, отсутствие какой-либо закономерности и направленности, особенно когда рассматривается отдельный, изолированный участок постройки, а не общая картина в целом. В большинстве же случаев существует определенная закономерность в распределении организмов от центра к периферии построек (рис. 49). Для крупных органогенных сооружений характерна фациальная и экологическая зональность (рис. 50) в распределении организмов [Равикович А. И., 1954, 1968; Краснов Е. В., 1968; Ископаемые органогенные постройки ..., 1975, и др.]. Особенно отчетливо она проявляется в рифах в результате

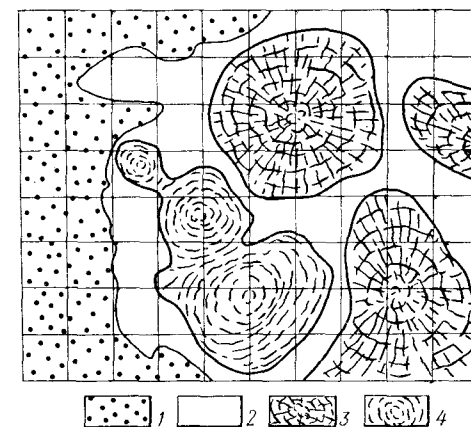


Рис. 48. Определение породообразующей роли рифостроящих организмов методом подсчета по квадратам сетки, выполненной на миллиметровке (Е. В. Краснов).

1 — песчаный известняк; 2 — пелитоморфный известняк; 3 — кораллы, 4 — гидроидный полип.

изменения гидродинамики водной среды в направлении от рифового вала к зарифовым участкам (см. разд. 1.2). При этом обычно складываются три совершенно различные и одновременно существовавшие обстановки седиментации. Они проявлялись в формировании рифовых, предрифовых и зарифовых накоплений, значительно различающихся по характеру и составу организмов. В мезозое и кайнозое, например, на внутренних сторонах коралловых и водорослевых рифов часто возникали банки устриц и другие подобные поселения моллюсков. По внешней периферии триасовых и юрских водорослево-коралловых рифов довольно обычны были рудисты, брахиоподы, криноидеи. Наблюдения над захоронением остатков юрских брахиопод и криноидей в ряде районов Крыма (Карадаг, Каньон р. Черной) дают основания говорить о том, что поселения этих беспозвоночных были приурочены в основном к предрифовым и зарифовым фациям, тогда как в самих органогенных постройках они встречаются редко или вообще отсутствуют [Краснов Е. В., 1965].

Формы биотической взаимосвязи организмов в органогенных постройках достаточно разнообразны. Они зависят как от экологической совместимости организмов, так и от многих других факторов (грунта, течений и пр.). Часто именно по экологической характеристике взаимодействий организмов восстанавливаются абиотические факторы среды. В органогенных постройках наиболее распространены симбиотические связи каркасных растений и животных, взаимные прорастания водорослей, археоциат, кораллов, гидроидных и др. [Ископаемые органогенные постройки..., 1975, и др.].

Паразитизм — форма сосуществования, при которой одни организмы живут за счет других. К паразитирующим часто относятся мшанки, кораллы, гидроидные, водоросли, организмы-сверлильщики (губки, моллюски, морские ежи) и др. Следы

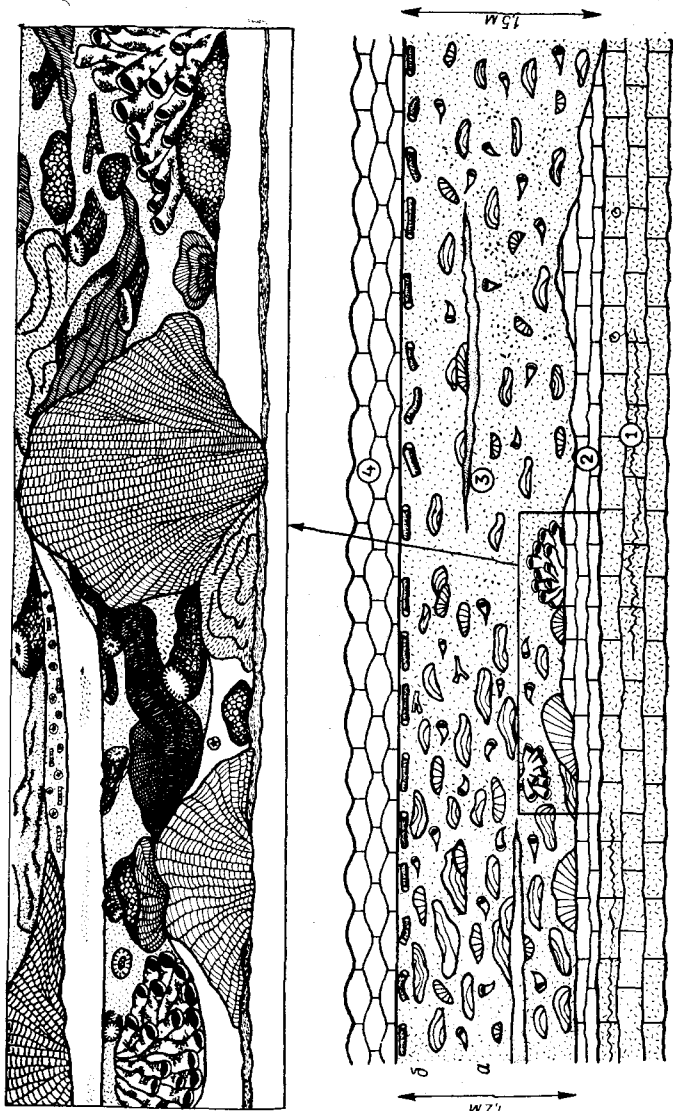


Рис. 49. Распределение органических остатков в строматопорово-коралловом биостроме. Бенлок. Сибирская плагформа (А. Я. Бергер, Н. И. Баранова).
 1 — известняки крупнодвугранные, неравнослойные; 2 — известняки плитчатые с детритом; 3 — строматопорово-коралловый биостром (а — часть, сложенная строматопорами, табулятами, колонциальными и одиночными ругозами; б — часть, сложенная цилиндрическими стро-
 матопорами); 4 — известняки комковатые.

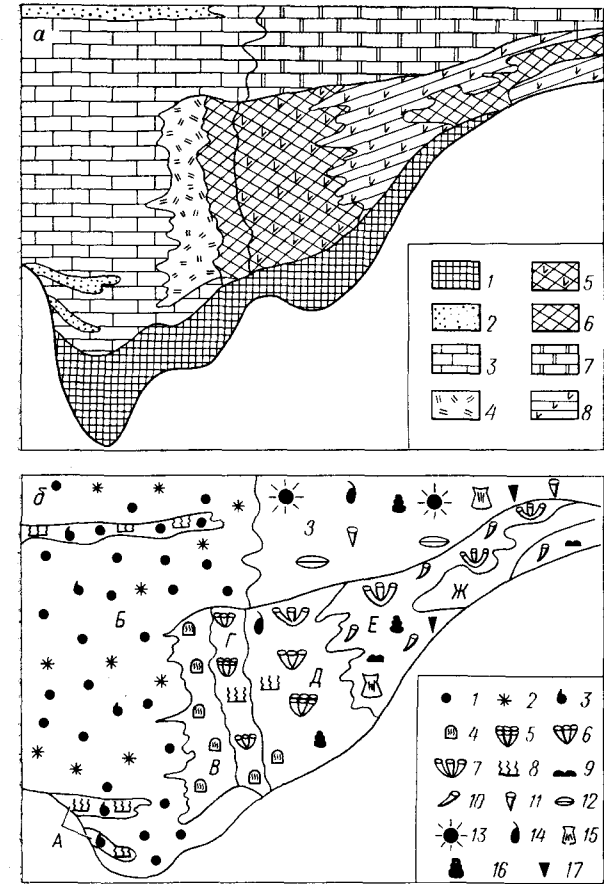


Рис. 50. Фациальные зоны (а) и распределение остатков организмов (б) в верхнеюрском рифовом комплексе. Р. Терек, Северо-Восточный Кавказ (М. М. Мацкевич, Е. В. Краснов).

а: 1 — глинистые отложения келловая и нижнего оксфорда; 2—8 — отложения верхнего оксфорда (2 — песчаные известняки, 3 — глинистые известняки, 4 — доломитовые брекчии, 5 — коралловые доломиты, 6 — массивные доломиты пелитоморфные, местами органогенные, 7 — слоистые доломиты, 8 — известняки слоистые пелитоморфные).
 б: А — биостромы; Б — открытый шельф; В — предриф; Г — крайняя зона рифового массива; Д — ядро рифа; Е — рифовая лагуна; Ж — внутрелагунный риф; З — прибрежный шельф; 1, 2 — фораминиферы; 3 — аммониты; 4—7 — колонциальные кораллы (4 — периодные, 5 — фацеллоидные, 6 — рамозные, 7 — ветвистые); 8 — водоросли; одиночные кораллы (9 — циклотидные, 10 — цератондные, 11 — трохондные, 12 — дискоидные); 13 — иглокожие; 14 — брахиоподы; 15 — двустворчатые моллюски; 16 — гастроподы; 17 — губки.

древних паразитических взаимодействий известны, к примеру, из юрских рифовых построек Крыма. На чашечках рифовых кораллов наблюдаются каналы, оставленные губками, червями, моллюсками, камнеточцами, выедавшими мягкие ткани кораллов. Нередко каркасные организмы сами оказываются в роли

паразитов, нарастая на сожителей и замуравывая их полностью или частично. По направлению внедрений сверлильщиков и положению обрастающих форм возможно устанавливать элементы залегания пород.

Комменсализм — сосуществование организмов, находившихся в нейтральных отношениях, «питавшихся за одним столом», — сотрапезничество. Так, мелкие черви и моллюски поселяются вблизи кораллов и перехватывают зоопланктон, загоняемый щупальцами полипов. Например, к комменсалам древних коралловых построек позднеюрской эпохи (Карпаты, Кавказ и т. д.) принадлежат разнообразные гастроподы, рудисты, хететиды, гидроидные, — обитавшие в полостях ветвистых колоний склерактиний и известковых водорослей. К этому же типу взаимодействия организмов относятся обрастания крупных одиночных кораллов стелющимися полипниками.

Мутуализм — взаимовыгодное сожительство организмов. Классическим примером является сожительство рифовых кораллов и одноклеточных водорослей — зооксантелл, поселяющихся в мягком теле полипов. Зооксантеллы нуждаются для своей жизнедеятельности в углекислоте, выделяемой кораллами; в свою очередь кораллы в присутствии зооксантелл растут во много раз быстрее, чем без них. Чаше всего в ископаемых и современных постройках в роли мутуалистов оказываются водоросли и беспозвоночные (кораллы, гидроидные и др.). Так, в зоне волнолома титонского Бюк-Янкойского рифа в Горном Крыму тесное взаимное прорастание и переплетение известковых водорослей, кораллов, гидроидных повышало механическую сопротивляемость всех этих групп симбионтов воздействию прибойных волн.

В зависимости от экологической зрелости постройки в ее сообществах изменяются соотношения паразитов и комменсалов, комменсалов и мутуалистов. По таким соотношениям единое, на первый взгляд, тело постройки может быть подразделено на ряд экостратиграфических горизонтов и зон, отражающих раннюю, зрелую и старческую стадии формирования ее биогермного сообщества.

Наблюдения над формами роста и размерами организмов производят путем массовых измерений и зарисовок в поле. По размерам выделяют крупные, средние, мелкие организмы. Для органогенных построек характерны массивные, корковые, ветвистые, сферические, полусферические и другие формы роста организмов [Ископаемые органогенные постройки. . ., 1975, и др.]. Изучение особенностей морфологических форм организмов дает возможность реконструировать условия обитания и места их погребения. Так, обитание донных животных в сходных экологических условиях приводит к появлению у многих групп организмов сходных черт строения. Анализ таких морфологических приспособлений организмов помогает вос-

становить географические особенности древних ландшафтов морского дна. Чем детальнее такой анализ, тем увереннее можно сопоставить разновозрастные, но разнофациальные отложения, формирующиеся на смежных участках бассейна.

Для организмов, распространенных в рифовых комплексах и других органогенных постройках, существует определенная закономерность формы роста в зависимости от их фациального положения. Например, в зонах волнолома преобладают корковые и массивные формы, в более спокойных водах — желваковые и кустистые. Формы роста организмов часто обнаруживают связь с осадконакоплением, температурными условиями, степенью освещенности и другими абиотическими факторами среды обитания. Периодическое засыпание растущего организма приводит к замедлению его вертикального роста, сокращению растущей поверхности, а иногда и полному прекращению жизнедеятельности. При высоких и низких температурах известывывающие организмы также замедляют рост, что можно обнаружить, изучая динамику образования скелета. Например, у кораллов — днищ, колец эпитеки; у моллюсков — колец роста и т. д.

Документация при полевых наблюдениях и отбор палеоэкологических образцов. Перед началом полевых работ следует разработать примерную легенду для обозначения органических остатков (каркасных и сопутствующих) фаций рифового комплекса и других типов построек. С этой целью необходима предварительная совместная разработка геологом-съемщиком, литологом и палеоэкологом системы легенд и условных обозначений тафономического, фациального, палеоэкологического анализом картируемых отложений. Полевые наблюдения над группой организмов в постройках и из отложений, прилегающих к ним (синхронных, подстилающих и перекрывающих), следует заносить в специальные журналы, фиксируя положение остатков в постройке, их форму, размер, ориентировку, сохранность, тип захоронения, взаимоотношения с другими организмами, номера рисунков, фотографий, образца. В примечании необходимо дать заключение о фациальной принадлежности и пороодообразующей роли организмов данной группы (табл. 11). Количественные характеристики (таксономическое разнообразие, численность, плотность их распределения и т. д.) при документации необходимо выделять, например обводя цифровые значения карандашом.

Специфика сбора палеоэкологических образцов состоит в том, что они как можно более полно должны отражать прижизненные и посмертные взаимоотношения каркасных и сопутствующих организмов: обрастание одних форм другими, следы сверлильщиков-камнеточцев, ходы и норы различных животных и т. д. Отбираемые образцы должны отражать особенности распределения организмов в постройках (равномерность, плот-

Таблица II

Форма документации полевых наблюдений и результатов камеральной
Составлена Е. В. Красновым, Д. В. Осадчей с учетом рекомендаций Р.

Район _____

Номера обнажений _____

Дата _____

Общая характеристика постройки: биогерм, биостром, рифовый массив и др.

Размер площадки и ее расположение в органогенной застройке: 1,5×1,5 м,

Порода: доломитизированный известняк

Геологический возраст _____

Номер образца	Номер фотографии	Номер рисунка	Органические остатки	Разнообразие				Распространенность, % всех точек наблюдения				Распределение												
				Вид	Род	Семейство	Отряд	Массовые (75)	Многочисленные (50)	Обычные (25)	Редкие (10)	Единичные	Групповое		Рассеянное									
													Равномерное	Неравномерное	Равномерное	Неравномерное								
			Кораллы Губки и т. д.																					

ность, массивность и т. д.). Не следует оставлять без внимания образцы со следами ползания и сверления различных организмов, часто приуроченные к определенным фациям постройки. На образцах рекомендуется отмечать положение верха и низа и ориентировку относительно стран света. Не следует ограничиваться образцами стандартного размера, нужно помнить, что крупные штUFFы значительно информативнее множества мелких.

Рекомендуется [Ископаемые органогенные постройки... 1975] двухэтапный сбор органических остатков: на первом этапе собираются коллекции для таксономического изучения, на втором — для изучения сообществ и палеобиоценозов. Не следует пренебрегать проблематичными остатками на выветрелых поверхностях, в которых может содержаться ценная информация об условиях образования построек. Заворачивать образцы лучше всего в плотную бумагу, перекладывая слоями ваты; упаковывать их надо так, чтобы при транспортировке они не истирались.

обработки при изучении каркасных и сопутствующих организмов
Ф. Геккера [1957], И. К. Королюк и др. [1975] и др.

у основания биогермного массива, западное окончание

	Форма							Размер			Сохранность		Следы повреждений	Ориентировка	Примечание	
	Локальное	Массивные	Корковые	Желваковые	Ветвистые	Сферические	Полусферические	И др.	Крупные	Средние	Мелкие	Целые скелеты				Фрагменты

3.13. МЕТОД АКТУАЛИЗМА В ПОЗНАНИИ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЕК

Сущностью метода актуализма является познание общих законов и объяснение особенностей строения древних организмов, ископаемых ландшафтных группировок и фаций на основании сравнения их с современными аналогами. Процессы деструкции, транспорта и осадкообразования связаны с деятельностью переменных физико-химических факторов, влияние которых мы вполне можем допускать и в древности. По всей вероятности, направление этих процессов было в древние эпохи сходным с современным, хотя количественные характеристики их не могут быть сравнимы. Само явление биологической и геологической эволюции свидетельствует о необратимых изменениях в экосистемах, прошедших за время существования Земли. Поэтому проводить прямые аналогии современных организмов и экосистем с существовавшими в древние эпохи невозможно. Тем не менее жизненные циклы животных, так же как основные экологические регуляции, по всей вероятности, не претерпели принципиальных изменений.

Жизненными отправлениями всех организмов являются питание, выделение, дыхание и размножение. Важнейшими экологическими процессами являются создание биомассы, потребление и разложение ее до уровня простейших минеральных соединений. По всей видимости, эти фундаментальные процессы существовали на всех уровнях организации биологических (организменных) и экологических (экосистемных) структур геологического прошлого. Эти положения и дают нам основание для актуалистических реконструкций древних обстановок и образа жизни древних животных и растений. Все сказанное может быть применено к сравнению современных и древних органогенных построек, которые выгодно отличаются от других типов захоронений организмов. Во-первых, в составе органогенных построек организмы встречаются в прижизненном положении, в прижизненных ассоциациях, которые не подвергались перезахоронению и переотложению. Кроме того, некоторые типы органогенных построек, существующие в настоящее время, уходят своим основанием в толщу более древних осадков, надежно связывая современные сообщества с ископаемыми. Актуалистический метод изучения таких построек наиболее перспективен, так как он дает нам знание о развитии сообщества животных и растений в пространстве и времени. К сожалению, временной интервал, перекрываемый подобного рода постройками, относительно невелик: так, бурение на атоллах Тихого океана показало, что самые глубокие части этих рифов не выходят за границы эоцена.

С увеличением временного интервала, отделяющего нас от древности, прямое актуалистическое сравнение становится все более рискованным и делает актуалистические модели весьма проблематичными, так как многие отряды животных не оставили после себя потомков (палеозойские археаты, строматопораты, граптолиты, рецептакулиты и многие другие). Прямые актуалистические аналогии даже на основании такой, казалось бы, «надежной» группы, как кораллы, не могут быть сделаны для палеозоя. Палеозойские кораллы имели несколько более богатый набор жизненных форм, чем это свойственно современным, что может свидетельствовать о большой их эврибионтности. Приуроченность палеозойских коралловых ассоциаций к глинисто-известковым фациям широко известна, в то время как современные рифовые кораллы чаще находятся в чистой воде, лишенной илистых частиц. Однако и утверждение о том, что современные рифы не могут образовываться в мутных водах, было бы неверным, так как хорошо известно, что рифы Сингапура и Индонезии существуют в довольно мутной воде. Если палеозойские табуляты и гелиолитоиды были кораллами, что в свою очередь не является непреложным фактом, а лишь одним из актуалистических умозаключений, основанных на сходстве морфологических типов скелета, то жить они могли в до-

вольно широком спектре экологических условий, и сделать однозначную палеогеографическую реконструкцию на основании находки колонии табулят или гелиолитид вряд ли возможно. Несколько уже набор возможных палеоэкологических реконструкций для биогенных построек, так как само образование биогенной постройки обусловлено специфическим набором экологических параметров, а также геоморфологией субстрата, на котором эта постройка возникает.

3.13.1. СОВРЕМЕННЫЕ РИФЫ

Современные коралловые рифы занимают значительную часть акватории Мирового океана. Области их распространения составляют 30 % морских побережий Земли и площадь, равную 6×10^5 км² [Smith S. V., 1978 г.]. Естественной границей распространения рифов является изокрима * +18 °С. В силу закономерностей распределения холодных и теплых течений в Мировом океане все западные побережья материков омываются холодными глубоководными течениями, поэтому практически все важнейшие рифовые системы Земли приурочены к восточным побережьям материков (рис. 51). Если в древние геологические эпохи существовала связь течений с вращением Земли и распределением материковых масс, а рифообразование было связано с изокримами так, как это известно ныне, то и в древности важнейшие рифовые пояса Земли могли опоясывать материки с востока.

В современных морях биогенные постройки имеют вид либо рифов, либо банок. Оба типа построек при достаточно длительном росте образуют геологические тела, имеющие облик выпуклых массивов или биостромов, в зависимости от пропорций тела. Современные рифы по большей части коралловые, но известковые водоросли всегда играют важную роль как связующий компонент или как ловушка для обломков наряду с карбонатной биоминерализацией. Многие другие организмы либо вносят свой вклад в конструирование каркаса, либо обитают в каркасе и заполняют его.

В основе коралловый риф представляет собой геологическое образование, сложенное органогенным известняком и обладающее набором своеобразных фаций (рис. 52). Опыт исследования современных рифов показал, что, как правило, они состоят из следующих частей: системы «баттресс» или «форпостов», называемых иногда «контрфорсами», по площади значительно превышающей все остальные зоны рифа; рифового плато (reef flat) с водорослевым кольцом волнолома (algal reef ridge), имеющим синонимичное название «рим» (rim), и

* Линия, соединяющая точки поверхности Земли с равными минимальными температурами года.

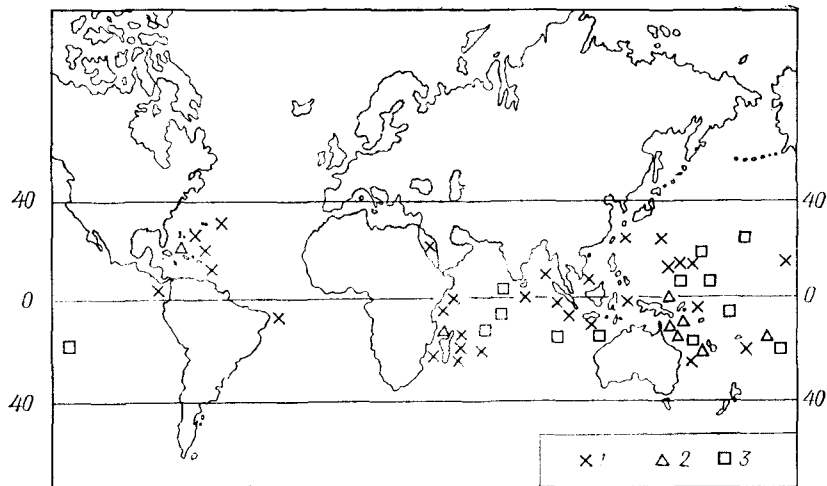


Рис. 51. Распределение важнейших типов современных коралловых рифов [Smith W., 1967 г.].

Типы рифов: 1 — примыкающие, 2 — окаймляющие (барьерные); 3 — атоллы.

нередко выступающими над водой останцами, носящими название «коралловых голов». Внутренняя, направленная в сторону лагуны часть рифового плато, как правило, покрыта мертвыми обломками кораллов и кусками известняка и носит название «булыжной мостовой» (boulder tract) или «тракта». Лагуна, частично заполненная рыхлыми осадками, обычно отделяет риф от островной или материковой массы, но порой она располагается в центральной части рифа, в случае образования кольцевой системы атолла. Если атолл по периметру имеет острова, то каждый из них окружен своей собственной приостровной лагуной (рис. 53). Глубина лагуны колеблется от 1—1,5 до 50 м и редко и лишь в самых крупных атоллах превышает 50 м.

Фациальная зональность на современных коралловых рифах имеет отчетливую связь с морфолого-экологической зональностью рифа и определяется участками биогенного роста, деструкции, транспорта и биогенного и кластического осадконакопления (рис. 52). Биогенный рост происходит преимущественно на поверхности рифового плато, особенно в зоне волнолома, там, где скорость роста известковых водорослей максимальна. В этой же зоне происходит наиболее активная деструкция биогенного материала. Эта зона является основным поставщиком карбонатного материала на рифе. С несколько меньшей интенсивностью идет биогенный рост рифа в районе системы баттресс, особенно в верхних ее частях. Здесь же осаждается большая часть грубообломочного материала, поступающего с поверхности рифового плато. Мелкий и медленно оседающий

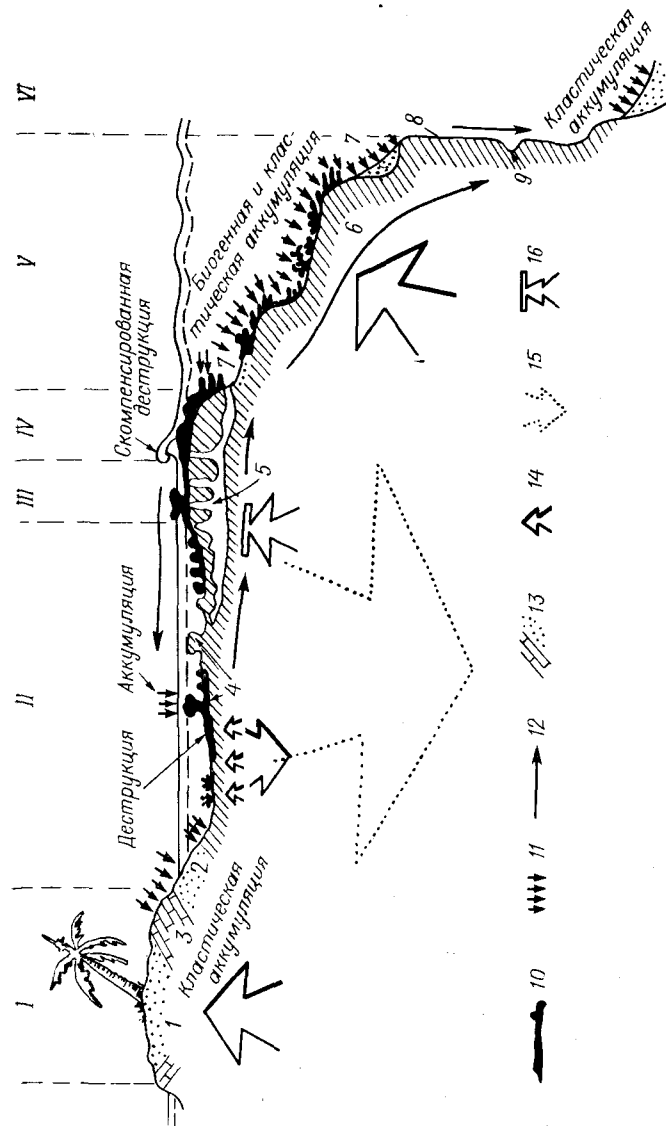


Рис. 52. Схема строения рифа и основные литогенетические процессы, происходящие на рифе (Б. В. Преображенский). Зоны рифа: I — остров, II — приостровная лагуна, III — рифовое плато, IV — водорослевый край (волнолом), V — предриф, VI — шлейф. Структуры рифа: 1 — островная суша, 2 — пляж, 3 — бич-рок, 4 — патч-риф («пятнышковый» риф), 5 — карстовые туннели, каналы и др., 6 — баттресс, 7 — конусы выноса, 8 — эскарп, 9 — волноприбойная чаша. Зоны литогенеза: 10 — преобладающей деструкции, 11 — преобладающей аккумуляции, 12 — транспорт материала, 13 — кластическая аккумуляция, 14 — направление перемены поверхности осадка, 15 — общее погружение региона, 16 — лимитированный рост до уровня активной абразии.

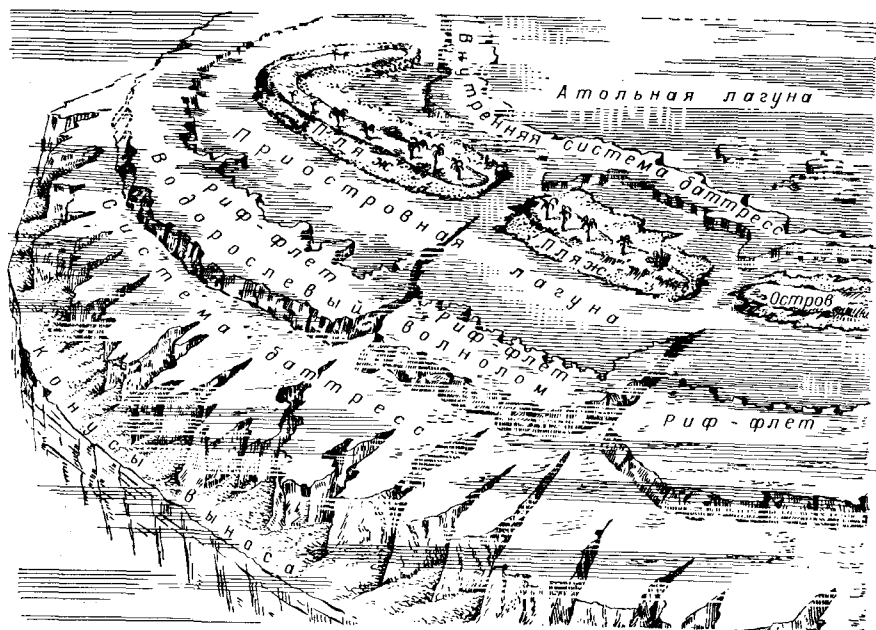


Рис. 53. Пример строения современного атолла (Б. В. Преображенский).

материал транспортируется через зону баттресс вниз по склонам, образуя у подножья системы баттресс конусы выноса рыхлого материала. Активная деструкция происходит в районе тыла рифа и в пририфовой части лагуны, где приливно-отливные движения вод и штормовые волны создают зону повышенных скоростей движения воды. Здесь происходит активная донная эрозия. Дно лагуны на этом участке сложено коренными породами (скальный известняк), слегка припорошенными рыхлым материалом.

В некоторых случаях в тыловой части рифа происходит аккумуляция грубообломочного материала («булыжная мостовая») и образование зарифных кос, подверженных интенсивному перемыванию. Важным путем транспорта рыхлого материала и рифовой лагуны служат карстовые тоннели, прорезающие тело рифа. Лагунные воды, содержащие большое количество взвеси, транспортируют обломочный материал к внешнему краю рифа, образуя у устья тоннеля конус выноса. Активное накопление кластического материала на рифе происходит симметрично, по обе стороны от рифового барьера; в рифовой лагуне и в предрифье. В лагуне накапливается главным образом мелкодисперсный материал в виде косовых отложений, имеющий отчетливо выраженную косую слоистость. В предрифье происходит отложение грубо сортированного и несорти-

рованного органогенно-обломочного материала, быстро цементируемого за счет органической регенерации (обломки кораллов и водорослей, не убитых во время шторма, способны к быстрой регенерации и цементируются друг с другом).

Зона баттресс и рифового плато заселена в основном кораллами и известывыделяющими водорослями. Сопутствующее население моллюсков, ракообразных, иглокожих и рыб имеет подчиненное значение. Характерной особенностью этой части кораллового рифа является преобладание автотрофных процессов [Smith S. V., 1974 г.; Marsh I. A., 1974 г.]. Основные рифостроители — колониальные герматипные кораллы — обладают характерной особенностью. Мягкие ткани их тела населены одноклеточными симбиотическими водорослями — зооксантеллами, обладающими большой фотосинтетической активностью. В силу этого коралловые полипы получают большое количество кислорода, выделяемого зооксантеллами непосредственно в теле полипов, большое количество углеводов и витаминов и практически мгновенно очищаются от мочевины и других конечных продуктов животного метаболизма, выделяющихся при их жизнедеятельности. Все это служит мощным катализатором в биологических процессах, что приводит к весьма интенсивному вегетативному росту и ускоренному образованию скелетной извести [Gogeanu T. F., 1959 г.].

Лагунная часть рифа имеет существенно иную структуру биоценозов, состоящих в основном из комплекса гетеротрофных организмов, начиная с масс гетеротрофных колониальных бактерий, фораминифер и остракод и кончая огромными биомассами полихет, ракообразных, двусторчатых и брюхоногих моллюсков и рыб. Основная энергетическая направленность лагунной части рифа гетеротрофная. Работы, посвященные изучению потенциального органического экспорта на коралловом рифе, установили наличие изобилия специфического взвешенного органического вещества, транспортируемого в лагуну в виде фрагментов донных водорослей, фекальных частиц, коралловой слизи и агрегированного органического вещества. Р. Гербер и Н. Маршалл считают, что вся эта масса является главной составной частью питания в основном консументного потребляющего населения лагуны. Ю. И. Сорокиным [1971 г., 1973 г.] установлена важная роль бактериального населения в общем метаболизме кораллового рифа. Около 15—30 % органического вещества в осадке лагуны составляют бактерии. Метаболическая активность бактериального бентоса настолько велика, что 2 г осадка за 24 ч полностью поглощают кислород, растворенный в 1 л морской воды. Если к этому добавить, что подавляющее большинство фильтрующих моллюсков и связанных с ними хищных гастропод приурочено к рифовой лагуне, то типично консументный характер населения лагуны и тыловой части рифа станет совершенно отчетливым [Преображенский Б. В.,

Сиренко Б. И., 1975 г.]. Общий энергетический баланс рифа либо автотрофный, либо близок к нулевому [Gerber R., Marshall N., 1974 г.].

3.13.2. ПОНЯТИЕ О РИФЕ

Как видно из изложенного, в рифе имеются две важнейшие составные части, разобщенные в пространстве и альтернативные по энергетической направленности,— продуцирующая и потребляющая.

Для понимания причин высокой продуктивности кораллового рифа необходимо составить представление об экологической сущности рифа, что требует полного анализа понятия «риф», отвлеченного от конкретного таксономического содержания сообщества. Если предположить, что риф представляет собой эволюционирующий «суперорганизм», где роль отдельных «органов» выполняют группировки линнеевских таксонов, то возникает вопрос: сколько времени, в каких конкретных участках земной поверхности может существовать такая система? Известно, что все биологические таксоны существуют в определенных местах в течение конечного отрезка геологического времени. Считая риф эволюционно преходящим, нам придется очертить время его существования и определить тот набор таксонов, который необходим и достаточен, для того чтобы система могла быть признана рифом. Очевидно, риф может быть представлен как некая экологически и исторически устойчивая система, не приуроченная к какому-либо определенному периоду времени, характеризующаяся стандартным набором жизненных форм и адаптивных типов животных и растений [Краснов Е. В., Преображенский Б. В., 1972 г.; Преображенский Б. В., 1975 г.; Преображенский В. В., 1976 г.]. Признание за рифовой системой специфического способа энергетического обмена может внести ясность в определение понятия рифа.

Рифом может быть названа экологическая система, возникающая в морском мелководье за счет комплекса фотосинтезирующих организмов, способных к быстрому росту и размножению и выделению больших масс органогенной извести и служащих основой существования консументной части, получающей органическое вещество, трансформированное в процессе жизнедеятельности микроорганизмов (рис. 54). Поэтому вполне возможен риф водорослевый, водорослево-коралловый, но невозможен риф чисто мшанковый, так как существующие актуалистические модели навряд ли позволяют предположить, что некогда в геологической истории мшанки могли вести автотрофный образ жизни. С этих позиций глубоководное коралловое поселение, образующее биогерм, все же должно быть отнесено к разряду постройки, образованной организмами-потребителями, т. е. консументами. Подобное сооружение будет в эколо-

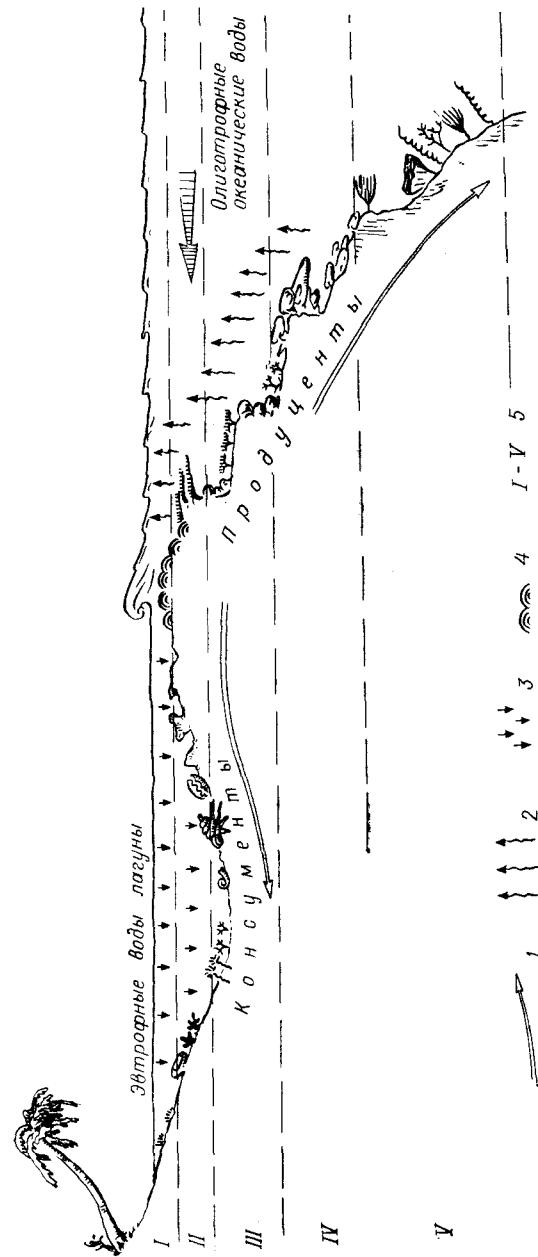


Рис. 54. Схема экологических связей кораллового рифа (Б. В. Преображенский).

I — основные направления транспорта органического вещества на рифе; 2 — обогащение морских вод растворенными органическими веществами за счет деятельности продуцентов; 3 — потребление растворенной и взвешенной органики консументами; 4 — водорослевый вал, разделяющий водные массы предрифья и лагуны; 5 — экологические уровни. I — максимальных энергий светового потока и волновой активности, II-V — более низкими жизненными формами рифостроителей.

гическом смысле приравниваться к устричной или серпулидной банке и отчетливо отличаться от рифа. С другой стороны, биогенное образование, существующее в условиях относительно спокойных вод, не образует волнолома и мощного шлейфа кластических пород у подножья, что хорошо известно на примере индонезийских рифов, а также маломощных коралловых образований района Сингапура. И тем не менее, такое сооружение должно быть отнесено к рифам, поскольку оно образовано преимущественно автотрофными известкывыделяющими организмами, создающими основу для существования больших масс потребителей-гетеротрофов, каковыми являются двустворки, гастроподы, иглокожие, рыбы, раки и др.

Поэтому, исходя из приведенных выше рассуждений, биогенные карбонатные постройки, созданные мелководными известковыми водорослями, а также при их участии, вполне могут квалифицироваться как рифовые. Основой актуалистических реконструкций такого характера являются, безусловно, внешне-морфологические проявления энергетических и биотических взаимоотношений в экосистеме. Они выражаются в облике организмов, в их взаимном пространственном размещении, положении по отношению к субстрату, в наборах жизненных форм и адаптивных типов, биотическом доминировании. В современных сообществах все эти признаки образуют существо ландшафта.

3.13.3. О КЛАССИФИКАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ РИФОВ

Современные коралловые рифы ограничены в своем распространении 37° с. ш. и 37° ю. ш. В геоморфологическом отношении их распространение приурочено главным образом к внешним перегибам материкового и островного шельфа. При этом отчетливо различимы два важнейших геотектонических типа коралловых рифов: геосинклинальный (океанический) и платформенный (эпиконтинентальный). Для геосинклинального типа рифов, приуроченных к крупным островным дугам и активно погружающимся участкам океанического дна, характерны отчетливо террасовидные рифовые тела больших мощностей, а также развитие примыкающих островных рифов и атоллов (Полинезия, Меланезия, Филиппины, острова востока Индийского океана). Эпиконтинентальные рифы развиваются в условиях сравнительно стабильного геотектонического режима, а поэтому не достигают значительных мощностей (рифы Зондского района, Южно-Китайского моря, Большой барьерный риф Австралии).

Попыток классификации современных рифов было довольно много. Они строились на разных принципах и преследовали различные цели. Имеются классификации генетические, морфологические, структурно-таксономические и тектоно-геоморфоло-

гические. Первая классификация рифов Ч. Дарвина различает их по положению относительно материковой или островной массы, выделяя рифы: примыкающий, окаймляющий, барьерный и атолл. Зоогеографическая классификация противопоставляет рифы атлантические индо-тихоокеанским, базируясь на различиях в родовом и видовом составе рифостроителей этих двух крупных провинций. Подробно останавливаться здесь на них не представляется возможным.

Одна из наиболее известных современных классификаций рифов разработана В. Максвеллом [Maxwell W. G., 1968]. Она основана на идее вероятного развития «эмбриональной колонии», переходящей затем в удлиненный и лагунный платформенный риф. Последний затем преобразуется в серии форм, переходных к атоллам и к расчлененным, резорбированным, рифам (см. рис. 12). Эта система основана на идее о возможности перехода одного типа рифа в другой по заранее установленной трендовой линии. Номенклатура коралловых рифов Большого барьерного рифа пополнилась новыми морфологическими терминами для обозначения определенных типов рифовых построек: «ленточный» или «стеноподобный», «дельтовый» и «исеченный» рифы [Maxwell W. G., 1968]. Методологические основы классификации рифов этого района рассмотрены Н. Харви, П. Айсделлом и Д. Бэкшеллом [Harvey N., Isdall P. I., Backhall D. G., 1978 г.]. Анализируя различные классификации, авторы пришли к выводу о том, что даже наиболее логичная классификация, разработанная В. Г. Максвеллом, является описательной, базирующейся на связи рифовой морфологии с течениями, направлением ветра, волнения, ресурсов осадочного материала и т. д., а потому она не генетическая, а скорее структурная. Одни и те же морфологические типы рифов могут появляться в различных рифовых областях. Так, атолл возникает как в срединноокеанической, так и в эпиконтинентальной области, так как для него характерна лишь кольцевая форма постройки с центральной лагуной. Безусловно, различия проявляются в распределении животных и растений по профилю рифа, да и сам профиль меняется в зависимости от положения рифовой области.

Автором этих строк развивается эколого-географический подход к систематизации рифов, который позволяет разделить их на рифы оптимальных и экстремальных условий. Первые располагаются в тех участках океана, где условия существования кораллов и рифовой экосистемы оптимальны. Эти районы находятся в зонах действия пассатных течений, омывающих рифовые тела олиготрофными, бедными органикой водами. По большей части такие рифы существуют в условиях прозрачной чистой океанической воды, прогретой до температуры выше 20 °С в течение круглого года, и периодически подвергаются действию штормов. Экстремальный тип

включает рифы, расположенные в зонах муссонного климата с частыми продолжительными дождями, большим количеством минеральной и органической взвеси в воде, низкой прозрачностью вод и относительно малым числом штормов. В соответствии с этим рифы подразделяются на пассатные и муссонные. В каждом из этих типов выделяются подтипы: срединноокеанический, эпиконтинентальный (или средиземноморский). Эти подтипы могут быть подразделены на классы волноломный и погруженный. Каждый из этих классов может иметь рифы тех или иных очертаний и располагаться тем или иным образом на шельфе в соответствии с классификациями В. Г. Максвелла и Ч. Дарвина.

Срединноокеанические рифы пассатного типа образуют характерную группу Полинезийских и Меланезийских рифов в Тихом океане. В Индийском океане это рифы о-вов Рождества, а также рифы шельфа Сахул. Для этих рифов характерны развитие всех главных фаций рифа, формирование богатых рифовых биоценозов, обилие известковых водорослей на волноломе и большие мощности известняковых тел биогермов. При наличии относительно частых штормов, периодически разрушающих коралловые колонии на поверхности риф-флота, рифы оптимального типа быстро регенерируют, но при этом самой быстрой регенерацией характеризуются кораллиновые водоросли, которые в течение короткого промежутка времени (несколько недель) заселяют все свободные места на рифе, преобразуя его в водорослевый. Вытеснение водорослей кораллами требует нескольких лет (от 5—8 до 10), и если разрушительные штормовые ветры повторяются относительно часто, рифы этих областей приобретают характер кораллово-водорослевых или чисто водорослевых. Кораллы на таких рифах занимают лишь нижние, гидродинамически более спокойные зоны системы баттресс. Тело рифа характеризуется массивностью, все фации отчетливо выражены и относительно протяженны. В связи с этим зона волнолома, как правило, сложена багряными водорослями и в литературе она часто носит название «водорослевого кольца» или «литотамнивого кольца».

Эпиконтинентальные рифы пассатного типа развиты вдоль побережий крупных материковых масс субплатформенного типа и находятся в зоне действия постоянных океанических течений. Характерным примером такого типа рифов является Большой барьерный риф Австралии. Широко известны эпиконтинентальные рифы побережья Флориды. Подобные же рифы расположены вдоль наиболее стабильных берегов Америки и Африки. Характерной чертой этих рифов является относительно малая мощность при отчетливой морфологической выраженности. Все рифовые фации прекрасно развиты. Малая мощность рифовых тел связана с тектонической стабильностью платформенного субстрата.

Срединноокеанические рифы муссонного типа располагаются в районах с повышенной мутностью вод, которая приводит к возникновению «пятнистости» и в расселении кораллов и к образованию так называемых «патч-рифов» (patch-reef), имеющих малую продуктивность. Можно предположить, что именно поэтому происходит образование мозаично расположенных «патч-рифов» внутри рифовых лагун крупных атоллов. Этим объясняется своеобразие рифовых структур севера и запада Индийского океана, в частности в районе Мандапама, где северо-восточный муссон в течение полугода гонит мутные воды Бенгальского залива вдоль побережья Индии. В связи с этим происходит образование специфических маломощных рифов и образование плоских мангровых островов. Самые мелководные участки рифов здесь покрыты тонковетвистыми, устойчивыми к заиливанию кораллами. Вертикальная зональность распределения кораллов в таких участках, тем не менее, хорошо выражена и вполне сравнима с таковой из рифов оптимальных районов [Mergner H., Scheer G., 1974 г.].

Эпиконтинентальные рифы муссонного типа развиты в участках платформенных и средиземных морей с отчетливо выраженным муссонным климатом. Характерным примером служат малайские, индонезийские, филиппинские рифы, сооружения Южно-Китайского и Красного морей. Для этих рифов существенна малая мощность, развитие биостромных построек, дисперсность коралловых поселений, относительно малая доля известковых водорослей. Воды, в которых происходит образование рифов, очень мутны. Наиболее отчетливо характеризует данный тип рифовая область, прилегающая к Малайскому архипелагу (Филиппинские, Большие и Малые Зондские и Молуккские острова). Моря, входящие в его состав, относятся к типу средиземных [Валло К., 1948 г.]. Западнее Макассарского пролива архипелаг располагается в пределах одной из обширнейших на Земле мелководных материковых отмелей, связывающей расположенные на ней острова Суматру, Яву, Калимантан и другие с материком Азии. Это так называемый Зондский шельф, представляющий собой плоскую, тектонически относительно устойчивую эпиконтинентальную структуру платформенного типа. Рифы Зондского шельфа, и в особенности Яванского моря, являются как бы вторичными, унаследованными от более древних коралловых построек, которые развивались на окраине погружившейся суши, а затем частично были разрушены и подготовили фундамент для современных кораллов [Медведев В. С., 1967 г.]. Ежегодно в прибрежную зону шельфа выносятся миллиарды тонн песчано-глинистого, в основном латеритового и пеллового, материала. В силу спокойных гидродинамических условий рифы этого района мало подвержены разрушению и в них практически не развивается водорослевый волнолом.

Погруженные рифы широко развиты как в пассатных, так и в муссонных областях. Они представляют собой рифовые сооружения, возникающие при некомпенсированном погружении субстрата. Эти сооружения лишены волнолома, но в их строении принимают активное участие известковые водоросли, широко распространенные по всей поверхности сооружения. Погруженный тип рифов — один из весьма распространенных, но наименее изученных. Самыми крупными областями распространения рифов такого типа являются Багамская и Бермудская банки Западной Атлантики; весьма многочисленны банки в Южно-Китайском море и на шельфе Сахул Австралии. До тех пор пока погружающийся субстрат дает возможность развития автотрофных организмов, сообщество рифостроителей на ней имеет характер рифа. При быстром погружении субстрата за пределы досягаемости физиологически активного света происходит смена биотического доминирования автотрофных организмов на гетеротрофные и сообщество приобретает характер биогенной банки. Скорость компенсированного погружения рифа зависит от соотношения скорости погружения субстрата и скорости нарастания организмов-рифостроителей. Максимальная скорость такого роста зафиксирована в Карибском море, на о. Исла Перес. С помощью радиоуглеродного метода определено, что за время голоцена здесь накопилось 33,5 м рифового известняка, что составляет 12 м в тысячу лет [Macintyre I. G., Burke R. B., Sucklenrath R., 1977 г.].

Анализ древних рифовых сооружений показывает, что, по всей видимости, в прошедшие геологические эпохи на Земле вполне могли существовать те же или близкие типы рифовых обстановок. Так, мезозойские рифы Кавказа и Крыма напоминают пассатные срединноокеанические рифы; кембрийские рифовые сооружения, окаймлявшие с востока Сибирскую платформу, вероятно, могут быть сравнены с пассатными эпиконтинентальными постройками, сходными с Большим барьерным рифом Австралии [Савицкий В. Е., Асташкин В. А., 1978]. Ордовикские рифы Северо-Востока Азии по своему характеру более всего напоминали, по-видимому, срединноокеанические пассатные рифовые постройки, в то время как раннедевонские рифы этого же района по условиям образования ближе всего напоминали эпиконтинентальные рифы муссонного типа.

В заключение можно сказать, что возникновение рифов на Земле связано с моментом организации донных экосистем фотосинтезирующих организмов, образующих в эвфотической зоне моря быстро растущие постройки, разделяющие морской бассейн на экологические зоны автотрофного и гетеротрофного ландшафтов. Биологическая эволюция может менять внешний облик рифостроителей, консументного населения лагуны, но не в силах изменить принцип экологических регуляций моря, поэтому риф может рассматриваться как экологически устойчи-

вая внеэволюционная система органических и трофодинамических связей в море, возникающая при особом способе организации среды: глубине и экспозиции субстрата, освещенности, направлений и скоростей течения, солевого состава и температурного режима воды. Среди древних органогенных построек мы можем рассчитывать на обнаружение важных актуалистических признаков, позволяющих делать надежные сопоставления и палеогеографические реконструкции.

3.14. ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ КАРТИРОВАНИИ ИСКОПАЕМЫХ ПОСТРОЕК

При крупномасштабном геологическом картировании ископаемых органогенных построек вследствие большого их разнообразия и уникальности строения каждого массива возникают сложные проблемы, связанные с выяснением их залегания и взаимоотношений с вмещающими отложениями. Но помимо того, что сами органогенные постройки представляют собой достаточно сложный объект для изучения, трудности их картирования нередко усугубляются в геологической практике методически неправильным подходом к телам массивных известняков, как к обычным карбонатным породам. При этом не учитывается специфика образования органогенных построек, которые формировались как первично твердые биогенные структуры среди одновозрастных рыхлых осадков иного литологического состава (см. разд. 1.1). В результате возникают серьезные ошибки в трактовке геологического строения всей картируемой площади. Анализ опубликованной литературы и крупномасштабных карт показывает, что при изучении органогенных построек в разных регионах повторяются однотипные ошибки (табл. 12).

I. Ошибки, связанные с выяснением взаимоотношений органогенных построек с вмещающими отложениями, возникают, как правило, на ранних этапах изучения геологического строения регионов. Изолированные тела ископаемых построек, сложенные массивными известняками, которые отличаются по облику, составу и органическим остаткам от вмещающих слоистых пород, нередко воспринимаются как инородные включения. При этом в зависимости от размеров и формы природа их интерпретируется различно.

1. Мелкие органогенные постройки (калиптры, биогермы) принимаются иногда за экзотические валуны, глыбы обрушения, олистолиты. Широко известна полемика относительно происхождения нижнекембрийских карбонатных тел, залегающих среди терригенных и терригенно-эффузивных отложений в северных предгорьях Туркестанского и Алайского хребтов. До сих пор существуют разноречивые представления по поводу

Примеры наиболее распространенных ошибок при картировании ископаемых органических построек
(Н. М. Задорожная)

I. Взаимоотношения органогенных построек с вмещающими отложениями			
А Ошибочная трактовка			
Мелкие органогенные постройки (калиптры, биогермы) среди терригенных и эффузивно-терригенных отложений (разрез)	а) Принимаются за конгломераты с глыбами известняков (разрез)	б) Принимаются за олистолиты в олистостромах (план)	в) Принимаются за экзотические глыбы, вынесенные на поверхность в результате взрывного вулканизма (разрез)
Б Ошибочная трактовка			
Линзовидные тела органогенных построек среди отложений иного литологического состава (план)	Принимаются за тектонические клинья, «затертые» среди отложений иного возраста (план)	Резкий контакт массивных известняков (а) с вмещающими доломитовыми отложениями (б) (план)	Резкие фациальные переходы принимаются за тектонические контакты (план)

емых органогенных построек

II. Залегание органогенных построек		III. Положение органогенных построек в стратиграфическом разрезе	
А Ошибочная трактовка			
Массивные известняки слагают пологие коробчатые структуры, вмещающие слоистые породы имеют на крыльях крутое падение (разрез)	Элементы залегания в слоистых отложениях распространяются на массивные известняки (разрез)	Изолированные тела массивных известняков располагаются на разных стратиграфических уровнях (разрез)	Изолированные разновозрастные тела сходных по внешнему облику массивных известняков помещаются на один стратиграфический уровень (разрез)
Б Ошибочная трактовка			
Дискордантная складчатость в массивных известняках (а) и тонкослоистых вмещающих отложениях (б) (план)	Дискордантная складчатость принимается за признаки перерыва и несогласия (план)	Скользкая по разрезу литологическая граница массивных известняков (а) и вмещающих слоистых отложений (б)	Разновозрастная литологическая граница принимается за хроностратиграфическую границу

I. Взаимоотношения органогенных построек с вмещающими отложениями		II. Залегание органогенных построек	III. Положение органогенных построек в стратиграфическом разрезе
Г	Ошибочная трактовка	В	В
	<p>а) Принимаются за эрозионные окна более древних известняков (а) среди более молодых отложений (б) (план)</p> <p>б) Принимаются за нашлапки более молодых известняков (денудационные останцы) (а) на более древних отложениях иного литологического состава (б) (план)</p>	<p>Залегание массивных известняков (а) не совпадает с направлением тектонических трещин (б) (план)</p> <p>Залегание массивных известняков определяется по плоскостям тектонических трещин</p>	<p>Внешне сходные разновозрастные массивные известняки контактируют по разлому (план)</p> <p>Внешне сходные разновозрастные массивные известняки картируются как единое тело (план)</p>

их генезиса: переотложенные глыбы разрушения древних кордильер, олистолиты, глыбы, вынесенные на поверхность взрывным вулканизмом, «выступы» коренных пород, захваченные лавовыми потоками. Г. В. Болгова [1977 г.] установила принадлежность большинства из них к ископаемым органогенным постройкам.

2. Более крупные линзовидные тела массивных известняков рассматриваются часто как тектонические клинья в отложениях иного возраста. Например, З. А. Лебедева [1938 г.] к нижнему кембрию в Туве отнесла только линзы массивных известняков, а вмещающие толщи рассматривала как ордовикские, взаимоотношения с которыми считала тектоническими. Подобную точку зрения высказывал В. А. Салун [1957 г.] относительно нижнекембрийских известняков в верхнемонокской свите Западного Саяна. Биогермная природа этих тел и сингенетичность их с вмещающими толщами доказана В. П. Масловым [1949 г.].

3. Значительные выходы массивных органогенных известняков, имеющих неправильную форму, рассматриваются иногда либо как древние эрозионные выступы среди более молодых отложений, либо как денудационные останцы (нашлапки) на более древних породах. Например, в Батеневском кряже Алтае-Саянской области нижнекембрийские биогермные массивы

А. Н. Чураков [1932 г.] отчленял от вмещающих слоистых отложений, которые он считал протерозойскими. Известняки, по его мнению, залегают на докембрийских отложениях с угловым несогласием и сохраняются в современном рельефе в виде трансгрессивных нашлапок, чем объясняется изолированность их выходов. По другим представлениям, эти же известняки выступают в эрозионных окнах среди более молодых отложений. При последующих исследованиях была установлена рифогенная природа и сингенетичность известняков с вмещающими толщами [Вологдин А. Г., 1932 г.].

4. При картировании крупных обособленных тел массивных известняков, естественно, резкие контакты их с вмещающими толщами (см. разд. 1.1) нередко принимаются за тектонические. Особенно часто это происходит в тех случаях, когда органогенные постройки залегают среди отличных по составу пород: терригенных, вулканогенно-терригенных, доломитовых и т. д.

II. Другая группа характерных ошибок возникает обычно при определении залегания и выявления геологической структуры органогенных построек (см. разд. 3.9).

1. Складчатые структуры в крупных телах массивных известняков устанавливаются нередко по элементам залегания вмещающих слоистых отложений, которые механически распро-

страняются на выходы массивных известняков. При этом не учитывается, что жесткие глыбы массивных известняков и вмещающие слоистые отложения по-разному реагируют на тектонические деформации. Более податливые слоистые образования имеют обычно вблизи выходов массивных известняков крутые углы падения и напряженную мелкую складчатость. Массивные известняки залегают при этом значительно более полого и образуют спокойные структуры типа брахискладок. Дискордантность складчатости в двух разнородных по физическим свойствам типах пород может быть настолько значительной, что нередко она используется как доказательство проявления разных фаз складчатости. Примером этому может служить дискуссия о наличии перерыва или постепенных переходов между нижнекембрийскими рифовыми известняками и подстилающими их слоистыми отложениями (калтатская свита) в составе Торгашинского рифового комплекса в Восточном Саяне. Массивные известняки залегают полого ($20-30^\circ$), в то время как подстилающие их тонкослоистые мергели и доломиты имеют крутое ($50-70^\circ$) падение и дополнительную мелкую складчатость. Это послужило основанием для утверждения о несогласных взаимоотношениях между этими толщами. Последующими литолого-фациальными исследованиями между ними установлены постепенные переходы с частичным фациальным замещением [Задорожная Н. М., 1974].

2. Залегание массивных известняков, слагающих органогенные постройки, нередко определяется по плоскостям тектонических трещин, которые принимаются за поверхности наслоения. Подобные ошибки приводят, как правило, к значительному преувеличению мощностей, поскольку тектонические трещины имеют обычно более крутые углы падения ($70-80^\circ$) по сравнению с массивными известняками. Кроме того, определение залегания по плоскостям тектонических трещин искажает понимание общей геологической структуры всей площади, где развиты органогенные постройки.

III. Довольно широко распространены стратиграфические ошибки, связанные с определением возраста и положением массивных, органогенных известняков в стратиграфическом разрезе.

1. Изучение массивных известняков производится попутно при маршрутных пересечениях и только с целью сбора органических остатков. Последние зачастую отбираются без выяснения общей геологической структуры и залегания построек, что при большой трудности фиксирования взаимного расположения точек с фауной в массивных известняках приводит к смещению фаунистических комплексов и, как следствие этого, к ошибочным стратиграфическим выводам.

2. При картировании крупных органогенных массивов не учитывается, что границы геологических тел длительно форми-

рующихся органогенных построек, как правило, не изохронны. В практической же работе они часто рассматриваются как стратиграфически разновозрастные, что приводит к серьезным ошибкам при стратиграфических корреляциях. Иллюстрацией этому является длительная полемика среди геологов относительно залегания торгашинских известняков на р. Базаихе, в Восточном Саяне. Находки разновозрастных трилобитов в основании торгашинских рифовых известняков, литологическая граница которых считалась синхронной, послужили основанием для выводов о смещении фаунистических комплексов и невозможности выделения региональных горизонтов [Коптев И. И., 1961 г., 1962 г.]. Впоследствии при детальном геологическом картировании установлено, что подошва торгашинских известняков стратиграфически разновозрастная, скользящая по разрезу. На протяжении 3 км она смещается в интервале двух биостратиграфических горизонтов [Задорожная Н. М., Журавлева И. Т., Репина Л. Н., 1972].

3. Разобщенные на площади, но внешне сходные разновозрастные тела массивных известняков без детальных биостратиграфических исследований объединяются в одну свиту и помещаются на один стратиграфический уровень. Этому, в частности, могут способствовать случаи, когда разновозрастные массивные известняки приведены в соприкосновение по тектоническим разломам, выявив которые в литологически однородных толщах массивных известняков весьма затруднительно. Объединение органических остатков, собранных в разных пунктах подобного «единого» тела, приводит к действительному смешению фаунистических комплексов и ошибочности стратиграфических построений.

Завершая данный раздел, необходимо предостеречь от обратных ситуаций, когда любой выход массивных органогенных известняков, который может в действительности оказаться тектоническим клином, эрозионным останком и т. п., принимается за органогенную постройку. Очевидно, истинная природа подобных тел может быть установлена только в общем комплексе литолого-стратиграфических исследований.

3.15. КРУПНОМАСШТАБНОЕ КАРТИРОВАНИЕ ИСКОПАЕМЫХ ПОСТРОЕК

В результате крупномасштабной геологической съемки в областях распространения ископаемых органогенных построек на геологической карте в заданном масштабе ($1:25\,000$ или $1:50\,000$) отражаются выходы и закономерности размещения органогенных построек на площади. Как уже говорилось, органогенные постройки представляют собой особый тип геологических тел.

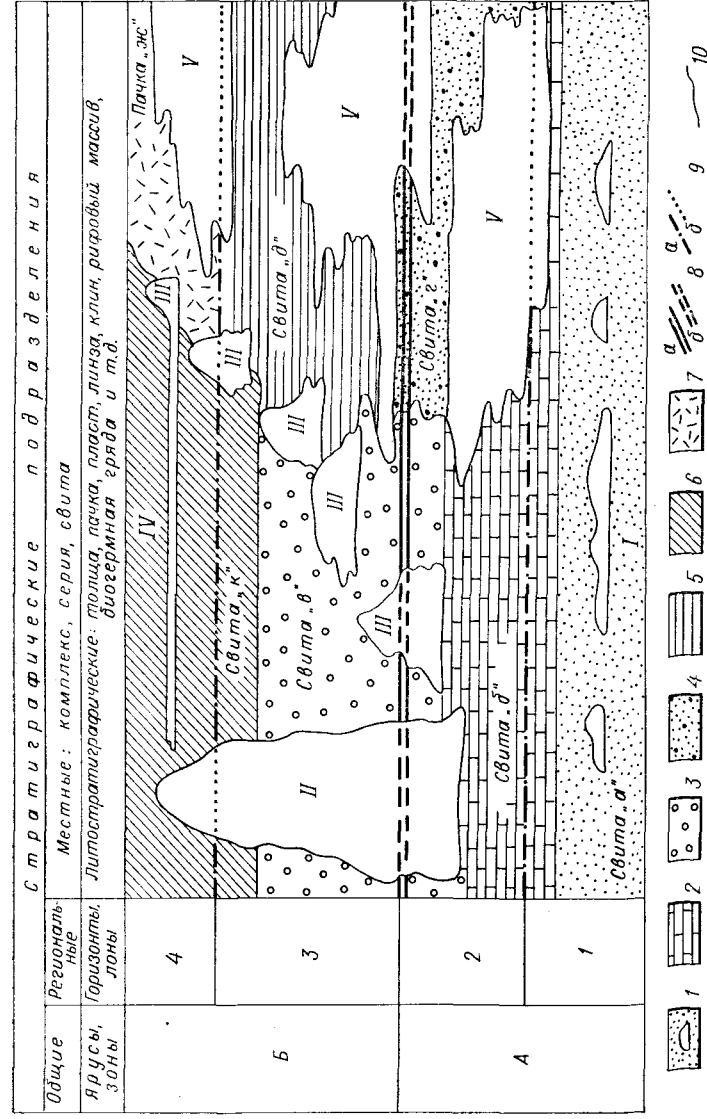


Рис. 55. Принципиальная схема соотношения геологических тел, образованных органогенными постройками со стратиграфическими подразделениями (Н. М. Задорожная).

Различной формы геологические тела, образованные органогенными постройками: I — мелкие изолированные постройки (калиптры, биогермы, биостромы), входящие в состав свиты «а»; II — крупные тела биогермных и рифовых массивов; III — изолированные тела биогермных массивов, располагающиеся на разных стратиграфических уровнях; IV — пластобразные тела биостромов; V — изолированные

тела рифогенных толщ линзовидной формы; 1—7 — свиты и пачки различного литологического состава; 8 — границы ярусов (а — во вмещающих толщах, б — внутри массивных известняков, слагающих тела органогенных построек); 9 — границы региональных горизонтов (а — во вмещающих отложениях; б — в массивных известняках); 10 — литологические границы.

Они образуют обособленные объемные тела, которые обладают прихотливыми контурами, слагаются массивными карбонатными породами, характеризуются специфической эколого-фациальной зональностью и имеют контакты, секущие стратиграфическую последовательность вмещающих отложений. В этом плане по форме геологических тел и условиям залегания крупные органогенные массивы имеют внешнее сходство с интрузивными плутонами. Внешне сходные изолированные тела ископаемых построек могут располагаться на разных стратиграфических уровнях.

С другой стороны, эти тела, созданные прикрепленными известьвыделяющими организмами, являются одним из естественных элементов строения осадочных толщ, с которыми они связаны общей историей развития седиментационных бассейнов. Для них, так же как для любых других осадочных тел, должны быть установлены стратиграфический объем и положение в геологической колонке региона, проведено биостратиграфическое расчленение в соответствии с подразделениями общей и региональной шкалы, а также выполнена корреляция с нормально-паластующимися вмещающими толщами на базе палеонтологического метода (см. разд. 3.3.2, 3.11).

При геологической съемке соотношения ископаемых органогенных построек с подразделениями общей, региональной и местной стратиграфических шкал определяются в основном размерами и объемом, который они составляют среди вмещающих отложений (рис. 55). При этом может быть два принципиально различных варианта.

I. Мелкие, изолированные органогенные постройки (биостромы, калиптры, биогермы, небольшие биогермные массивы), размеры которых менее 50 м, не могут быть показаны в масштабе карты. В объеме вмещающих нормально-стратифицированных отложений подобные тела составляют незначительную часть и не нарушают общую стратиграфическую последовательность вмещающих осадочных толщ. Они относятся к определенным свитам и пачкам в качестве одного из слагающих элементов и картируются в их составе. Например, свита «а» на рис. 55. Определение стратиграфического положения этих построек в разрезе обычно не вызывает затруднений (см. разд. 3.10). Как уже отмечалось выше, органогенные постройки такого типа располагаются обычно протяженными цепочками или образуют скопления на более широкой площади в пределах узких стратиграфических интервалов (биогермные пласты). В отдельных случаях уровни с органогенными построй-

ками могут неоднократно повторяться в разрезе, образуя биоритмиты (см. разд. 1.2.3). Пространственные скопления мелких органогенных построек, как правило, отражают какие-либо особенности палеогеографических обстановок: конседиментационные тектонические поднятия, береговые линии, отмелевые барьеры, кольцевые структуры, оконтуривающие палеовулканы и т. д. Поэтому, несмотря на то, что отдельные постройки не могут быть изображены на геологической карте, зоны распространения их наносятся на карту условными знаками. Размещение отдельных, наиболее характерных построек может быть также показано на карте вне масштаба. Все это в значительной степени способствует реконструкциям палеогеографических и палеотектонических обстановок осадконакопления.

II. Крупные органогенные постройки (биостромные, калиптровые, биогермные, рифоидные и рифовые массивы) образуют геологические тела, достигающие многих километров протяженности и сотни метров мощности, с разнообразной формой выходов: обособленные изометричные массивы, протяженные полосы и гряды, неправильной формы линзы.

В геологической практике крупные массивы и тела ископаемых органогенных построек нередко выделяются в ранге свит, границы которых считаются традиционно изохронными. Однако по особенностям своего строения эти тела не только не соответствуют понятию свиты, но во многом противоположны ей (локальность распространения, дискретность размещения на площади и в разрезе, существенная диахронность литологических границ, непостоянство стратиграфического положения и объема в разных участках одной структурно-фациальной зоны) (рис. 55). Поэтому при крупномасштабном картировании обособленные тела крупных органогенных построек или их комплексов (например, биогермная гряда и т. д.) рекомендуется относить к категории самостоятельных литостратиграфических подразделений, которым присваиваются собственные географические названия, в качестве терминов свободного пользования [СК СССР, 1977; Международный стратиграфический справочник, 1978]. При этом, если достаточно достоверно установлен тип органогенной постройки, то ее определение включается в общее название, например «риф Шахтау», «торгашинский риф», «биогермный массив Алчак» и т. п. Если же принадлежность к тому или иному типу построек пока точно не установлена, то таким телам предпочтительнее давать более общее определение — «известняки», «рифогенные известняки», «биогермные известняки», используя также собственные географические названия, например «солонцовские известняки». В дальнейшем, при детализации изучения, эти тела могут быть отнесены к определенному типу органогенных построек с сохранением прежнего географического названия. Например, вместо «солонцовские известняки» — «солонцовский биогермный массив». Ис-

пользование собственных названий для крупных органогенных построек применяется довольно часто. Например, нижнедевонские рифы западного склона Урала давно известны в литературе как «герцинские известняки» [Шуйский В. П., 1973], комплекс ордовикских органогенных построек в Чу-Илийских горах Казахстана имеет название «андеркенской биогермной гряды» [Андеркенская биогермная гряда..., 1974] и т. д.

Использование подобной номенклатуры применительно к крупным телам ископаемых построек позволяет избежать многих типичных ошибок при их картировании. Например, таких, когда литологически сходные, но разновозрастные тела массивных известняков помещаются на один стратиграфический уровень и объединяются в одну свиту или когда при выделении органогенных массивов в качестве традиционных свит не учитывается резкая диахронность литологических границ и т. п. (см. разд. 3.14).

При крупномасштабной геологической съемке выходы крупных органогенных построек наносятся в соответствующем масштабе на геологическую карту в их естественных границах. Изображение этих тел на геологической карте рекомендуется проводить в двух легендах: литологической и стратиграфической [Сенников В. М., Щеглов А. П., Краснов В. И. К методике крупномасштабной геологической съемки в горных районах Южной Сибири, 1969 г.]. Это связано с тем, что в массивных органогенных известняках выделение сколько-нибудь выдержанных литологических пачек невозможно. Литолого-фациальные зоны внутри массивов имеют обычно локальное распространение, сложные контуры и при большом внешнем сходстве типов пород неотчетливые границы со смежными зонами. Поэтому в пределах выходов крупных органогенных построек одновременно с литолого-фациальным картированием в опорных разрезах выявляются и трассируются на площади границы общих и региональных стратиграфических подразделений: ярусов, горизонтов, зон. На основании этого устанавливается стра-

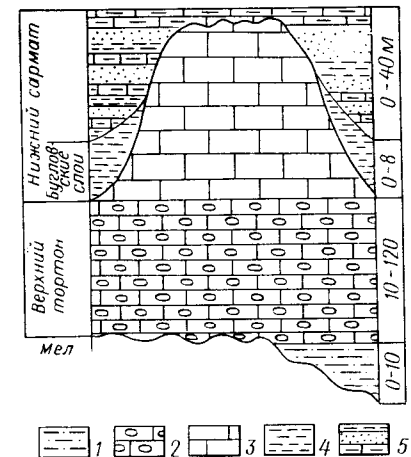


Рис. 56. Пример стратиграфической колонки с рифовыми известняками. Миоцен, Подолия [Королюк И. К., 1952].

1—3 — верхний тортон (1 — песчано-глинистая немая толща, 2 — литотамниевые известняки, ракушечняки, мергели; банковая фация, 3 — преимущественно литотамниевые, рифовые известняки); 4—5 — нижний сармат (залегают иногда согласно, иногда с размывом (4 — глины, песчаники, мергели, 5 — песчаники, глины, известняки).

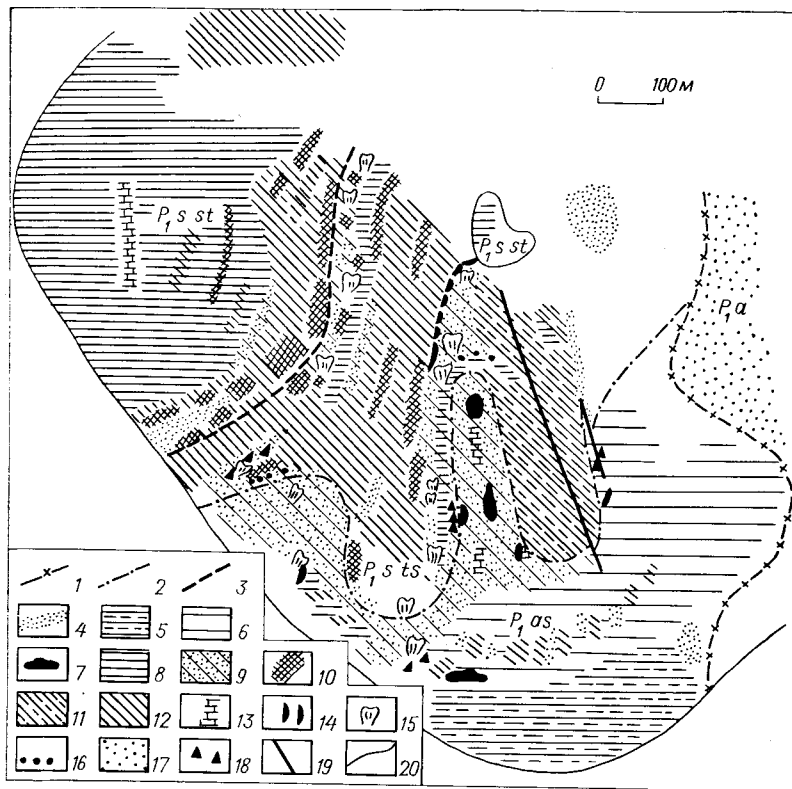


Рис. 57. Литолого-фациальная карта массива Шахтау [Королюк И. К., Кириллова И. А., 1972 г.].

1-3 — границы биостратиграфических подразделений (1 — подошва артинского яруса, 2 — граница ассельского и сакмарского ярусов, 3 — граница тастубского и стерлитамакского горизонтов сакмарского яруса); 4 — мшанковые биогермы; 5 — мшанково-шамовелловые биогермы; 6 — шамовелловые биогермы; 7 — поликомпонентные биогермы; 8 — палеоаплизининовые биогермы; 9-14 — известняки (9 — фузулиновые и фузулиново-криноидные, 10 — мшанково-криноидные, 11 — мелкодетритовые мшанковые, 12 — обломочные, мшанковые, 13 — черные, с угнетенной фауной, 14 — тонкозернистые со спикулами); 15 — скопления крупных кораллов; 16 — органогенные пески; 17 — мергели; 18 — брекчии растрескивания; 19 — разломы; 20 — контур разрабатываемой части массива.

тиграфический объем органогенных построек, выявляется геологическое строение, а также осуществляется корреляция их с вмещающими толщами (см. разд. 3.3.2.2, 3.11).

На геологической карте выходы крупных органогенных массивов можно обозначать так же, как и свиты: возрастной индекс сопровождать индексом географического названия. В стратиграфических сводных разрезах рекомендуется в одной половине колонки показать органогенные известняки в пределах стратиграфического объема, которому они соответствуют, в другой — фациально замещающие их слоистые отложения, выде-

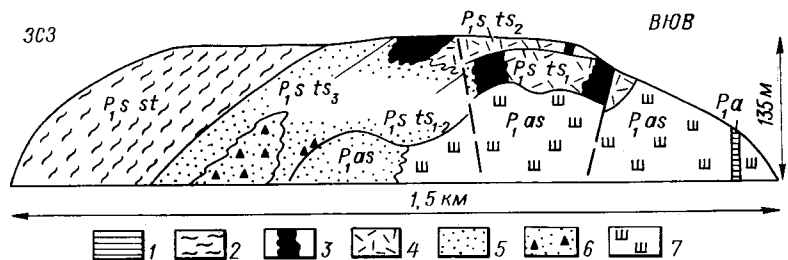


Рис. 58. Геологический разрез массива Шахтау (И. К. Королюк, И. А. Кириллова, Е. Л. Меламуд, Д. М. Раузер-Черноусова, 1970).

Нижняя пермь: P_{1a} — артинский ярус; P_{1s} — сакмарский ярус; P_{1st} — стерлитамакский горизонт; P_{1st} — тастубский горизонт, нижняя, средняя, верхняя зоны; P_{1as} — ассельский ярус; 1 — артинские мергели, выполняющие трещины в ассельских известняках; 2 — гидроактиноидные биогермы; 3 — различные биогермные тела; 4 — полидетритусовые известняки; 5 — криноидно-фузулиновые известняки; 6 — брекчии; 7 — шамовелловые биогермы.

ляемые в ранге, свит, пачек, слоев. Такая колонка приведена на рис. 56.

Примером комплексного картирования крупных органогенных построек может служить карта нижнепермского рифового массива Шахтау, выполненная И. К. Королюк, И. А. Кирилловой, Е. Л. Меламуд и Д. М. Раузер-Черноусовой (рис. 57). На ней показаны литолого-фациальные зоны, имеющие неправильно-пятнистую, прихотливую форму. Кроме того, в основном по фузулинидам, установлены и прослежены границы ассельского, сакмарского и артинских ярусов. В составе сакмарского яруса выделяются тастубский и стерлитамакский горизонты. Границы биостратиграфических подразделений в ряде случаев оказываются секущими по отношению к литолого-фациальным зонам. Комплексное картирование литолого-фациальных зон и биостратиграфических границ в пределах массива Шахтау позволили выявить более сложное геологическое строение, чем это предполагалось ранее. Была обнаружена антиклинальная структура с блоковым строением и дополнительной мелкой складчатостью (рис. 58). До этого массив считали брахиантиклинальной складкой, эрозионным останцом, структурой с моноклинальным залеганием [Нижепермский биогермный массив..., 1970].

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ С ОРГАНОГЕННЫМИ ПОСТРОЙКАМИ

При геологической съемке отложений с органогенными постройками могут применяться также методы полевой (разведочной) геофизики и геофизические исследования в скважинах (промыслово-геофизические или каротажные). Особое значение геофизические методы имеют при исследовании погребенных рифов.

4.1. МЕТОДЫ ПОЛЕВОЙ ГЕОФИЗИКИ

Эти методы используются с целью: 1) изучения общего геологического строения района и прежде всего тектоники; 2) выявления зон возможного развития погребенных рифовых систем; 3) поисков отдельных погребенных рифов и изучения их морфологии; 4) выявления некоторых полезных ископаемых, связанных с рифами (бокситов, фосфоритов и т. д.).

Применение геофизических методов к изучению общего геологического строения районов и поисков полезных ископаемых достаточно известно [Методические указания..., вып. 1, 7; Методическое руководство..., 1978], поэтому здесь коротко рассматриваются методы, применимые к решению таких специфических задач, как обнаружение и изучение морфологии погребенных рифов*. Геофизическим работам предшествует геологический анализ строения и пространственного размещения обнаженных органогенных построек, связей их с определенными тектоническими и палеогеографическими элементами, состава и типа толщ выполнения. Это позволит наметить возможное положение погребенных массивов и выбрать наиболее эффективные, в данных геологических условиях, геофизические методы [Кузин Н. Я., 1972 г.; Кузнецов В. Г., 1978].

Принципиальной основой использования геофизических методов являются различная литология и, как следствие этого, различные физические параметры (плотность, электропроводи-

* В данном разделе термин «риф» используется условно применительно к погребенным органогенным карбонатным массивам различного генетического типа.

мость, скорость распространения упругих волн и т. д.) рифовых сооружений, фашиально замещающих их разновозрастных отложений и более молодых толщ выполнения.

При поисках рифов необходимо опираться на более сложную, по сравнению с обычно применяемой в условиях платформы слоистой (плоскопараллельной), модель среды. Такая модель была предложена и названа «слоисто-зональной» [Хатьянов Ф. И., 1969 г.]. Установлена необходимость изучения такого комплекса геофизических параметров среды, который бы содержал информацию как о структурном рельефе слоев, заключающих рифовый комплекс, так и об их внутреннем неоднородном строении.

При исследовании погребенных рифов методами разведочной геофизики следует учитывать возможность нахождения одиночных рифов и рифовых систем. Одиночные рифы, как правило, имеют симметричное строение, и вызываемые ими локальные геофизические аномалии также относительно симметричны и достаточно четко обособляются. Рифы в системах, особенно с небольшим превышением их над зарифовыми отложениями, обуславливают появление резко асимметричных аномалий. Рифы систем, которые четко возвышаются как над депрессионными, так и над зарифовыми отложениями (типа прудуральских или западноканадских рифов), дают аномалии, промежуточные между двумя отмеченными крайними типами.

Выяснение геофизическими методами зоны возможного развития рифовых систем состоит в выявлении морфологического склона дна палеобассейна или установлении внешнего крутого склона асимметричных рифов. Для этих целей можно использовать гравиметрию и сейсморазведку.

Гравиразведка широко применяется при тектоническом районировании рифовых провинций и определении пространственного положения рифов, приуроченных к некомпенсированным прогибам.

Гравитационные ступени отмечаются по бортам практически всех некомпенсированных впадин. Наиболее четко они выделяются на картах остаточных аномалий со снятым региональным фоном. Резкое снижение значений силы тяжести во впадинах обусловлено следующим: 1) карбонатные породы рифового борта и зарифовых мелководных отложений более плотные, чем фашиально замещающие их во впадине глинистые или глинисто-карбонатные отложения; 2) мощность толщи выполнения с меньшей плотностью увеличивается во впадине. Плотность рифовых пород в целом больше слабоизмененных глин на 0,4—0,5 г/см³. При уплотнении глин до аргиллитов эта разница снижается до 0,1—0,25 г/см³, при сильном метаморфизме она практически сходит на нет. Особо важное значение гравиразведка имеет при изучении некомпенсированных впадин, выполненных мощными соленосными отложениями с значительно

меньшей плотностью (2,3—2,5 г/см³) по сравнению с рифовым и шельфовым карбонатными комплексами (2,6—2,7 г/см³) [Иванов Л. И., Хатьянов Ф. И., Кривченко А. И., 1958 г.; Хатьянов Ф. И., 1960 г., 1964 г., 1968 г., 1976 г.; Ferris G., 1972 г.]. Например, комплексная геологическая интерпретация гравитационных и других региональных геолого-геофизических данных позволяла обосновать выделение единой Предурало-Прикаспийской полосы вероятного распространения рифов в подсольных нижнепермских отложениях [Хатьянов Ф. И., 1964 г.]. Палеогеоморфологическая интерпретация данных гравиразведки получила подтверждение при последующих поисково-разведочных работах (сейсморазведка и бурение), когда были обнаружены первые газонефтеносные нижнепермские рифы вдоль северного борта Прикаспийской впадины и крупнейший Оренбургский газоносный вал.

При поисках рифов на основе гравиметрических данных используют, как правило, не наблюденное гравитационное поле, а остаточное. Весьма эффективным оказалось комплексное применение гравиметрии с высокоточной аэро- и наземной магниторазведкой (для картирования рельефа фундамента и изучения неоднородностей его внутреннего строения) и электро-разведкой методом ВЭЗ (для картирования погребенного рельефа плотных коренных пород). Специально для поисков рифов в последние годы опробована и дала положительный результат высокоточная гравиразведка, с выделением аномалий в пределах десятых и сотых долей, с густой сетью пунктов наблюдения (0,25×0,5 км).

В случае глинистого состава толщ выполнения положительные аномалии создаются за счет увеличения мощности карбонатных пород рифа и некоторого сокращения над рифом мощности глин. Асимметричные рифовые системы в гравитационном поле выражаются изгибами изоаномал на фоне гравитационных ступеней.

При гидрохимическом выполнении рифового рельефа положительные аномалии над рифом образуются за счет увеличения мощностей карбонатных пород и уменьшения мощностей соли. Нередко они значительно усиливаются благодаря тому, что над рифом не только сокращается мощность гидрохимических отложений, но и происходит изменение их состава, в частности резко возрастает роль ангидритов, а иногда они полностью замещают соли. Пример изменения мощностей и литологического состава толщи выполнения над рифом, а также отражения рифов в остаточном гравитационном поле приводится в работе Э. А. Буша, В. Г. Кузнецова, В. Л. Соколова [1967 г.]. На карте остаточных аномалий выделяются и рифы протяженных рифовых систем.

Несмотря на ряд сложностей, тщательный учет геологической обстановки и применение высокоточной гравиметрии по-

зволяют выявлять рифы небольшого размера при аномалиях всего 0,4—0,5 мГал.

Электроразведка при поисках органогенных построек имеет ограниченное применение и используется в основном в комплексе с гавиразведкой. Электроразведочные работы можно применять при глинистых толщах выполнения, так как они имеют значения кажущегося сопротивления на 3—5 порядков ниже, чем карбонатные породы. Снижение сопротивления в глинисто-карбонатных отложениях, фациально замещающих рифы, позволяет четко трассировать морфологический склон. Для этих целей чаще всего используют метод вертикального электрического зондирования (при углах падения, не превышающих 10—15°) и дипольное электрическое зондирование (при больших углах).

Новые возможности современной электроразведки появились в связи с развитием метода зондирования в неустановившемся режиме поля, возникающем после выключения питающего тока. Метод зондирования становлением поля (ЗСП) был применен при региональном картировании осевых зон Камско-Кинельских впадин. Новая модификация электроразведки ЗСП, получившая название «метод становления поля в ближней зоне» (ЗСБЗ), или «метод точечных зондирований становлением поля» (ЗСП), имеет определенные перспективы на рекогносцировочно-поисковой стадии картирования отложений с органогенными постройками. Уменьшение разноса электродов с 15—20 до 1—2 км существенно улучшило детальность метода. Использование при интерпретации особенностей кривых становления при совместном рассмотрении сигналов и их производных по времени позволило перейти от обобщенных параметров разреза (суммарной продольной проводимости, среднего продольного сопротивления) к определению параметров только для двух-трех и более проводящих комплексов осадочного чехла.

В последнее время за рубежом заметно возрос интерес к применению электроразведки методом теллурических токов для поисков рифов. Успешный опыт выделения погребенных оксфордских и среднесарматских рифов методом электроразведки имеется, например, в Молдавии [Деркач Э. И., 1969 г.]. Здесь использован метод ВЭЗ, причем положительные результаты получают даже при качественной интерпретации данных. Так, локальным минимумам по карте суммарной продольной проводимости соответствуют отдельные оксфордские рифы. Это находит естественное объяснение, поскольку рифы залегают среди электропроводящих глинистых пород и покрываются ими. Минимальные значения определяются сокращением мощностей этих отложений над рифами. Среднесарматские рифы перекрыты сравнительно маломощным чехлом песчано-глинистых образований, а по периферии замещаются ими. На карте сопротивлений надолорного электрического горизонта рифовые

известняки фиксируются аномально высокими кажущимися сопротивлением.

Сейсморазведка имеет наибольшую информативную ценность для изучения рифов. Она позволяет не только выявить риф, установить форму его в плане, но и изучить морфологию рифа, углы падения склонов и т. д., т. е. получить точные данные с наибольшим числом подробностей.

Сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ) может использоваться, если в разрезе над рифами отсутствуют карбонатные породы, характеризующиеся высокой скоростью, а сами рифы приурочены к мощному преломляющему сейсмические волны комплексу. Однако точность этого метода и его разрешающие способности невелики и его применение для поисков рифов весьма ограничено. Корреляционный метод преломленных волн (КМПВ) может использоваться для общих региональных работ при выделении морфологического склона. В настоящее время для региональных работ вместо КМПВ более успешно применяется метод проходящих обменных волн (МПОВ). Значительно большим распространением пользуются различные модификации метода отраженных волн (МОВ), в частности у нас в стране метод регулируемого направленного приема (МРНП) и в последнее время метод общей глубинной точки (МОГТ). МОГТ относится к числу новых и наиболее перспективных методов при поисках, разведке и изучении погребенных рифов, особенно в платформенных условиях.

Высокая эффективность МОГТ связана с особенностями систем наблюдений, сокращающими до минимума длину отражающего элемента границы. Таким образом, приращение времени в малой степени оказывается зависимым от форм отражающей границы. Это обстоятельство открыло принципиальные возможности для применения больших баз наблюдения (3 км и более) с целью высокоточных определений скорости, имеющих важное значение для литолого-стратиграфического расчленения разрезов, в частности при поисках органогенных построек.

Сейсмические исследования позволяют картировать морфологический склон на бортах некомпенсированных впадин по целому ряду признаков: 1) по существенному сокращению мощностей во впадине. Наибольший градиент этого сокращения отмечается в бортовой зоне; 2) по резкому несоответствию структуры кровли и подошвы рифового комплекса в прибортовой зоне (по горизонтальному или моноклиналильному залеганию подошвы и весьма значительному наклону его кровли); 3) по существенному возрастанию в бортовой зоне первичных мощностей толщи выполнения (без учета возможных вторичных перераспределений эвапоритов в результате соляного тектогенеза); 4) по возможному появлению на бортах «новых» терригенных толщ, сокращающихся в мощности во впадине

[Эгнич Ф. Д., 1956 г.]. С использованием МОГТ удается картировать морфологические склоны даже в карбонатной толще.

Для изучения отдельных рифов применяются методы отраженных волн. Имеющиеся сейчас методики нацелены главным образом на поиски и изучение глубокогогребенных рифов [Эгнич Ф. Д., 1956 г.; Мушин И. А., Хатьянов Ф. И., Шнеерсон М. Б., 1970 г.; Хатьянов Ф. И., 1968 г. и др.]. При геологическом картировании, где необходимо исследовать небольшие глубины, техника работ должна быть соответствующим образом модифицирована (применение малых разносов и т. д.).

К критериям, отражающим наличие рифовой системы, при выделении отдельных рифов следует добавить следующие [Эгнич Ф. Д., 1956 г.; Методика поисков..., 1970 г.]: 1) появление ряда промежуточных отражающих горизонтов (между подошвой и кровлей рифосодержащих комплексов), расположение их с угловым несогласием по отношению к подошве рифов, подъем и выклинивание их к вершине рифа. В случае, если поверхность рифа не является отражающей, эти горизонты могут появляться между подошвой содержащего риф комплекса и кровлей толщи выполнения. Иногда отмечаются отражения от крутопадающих склонов рифа; 2) резкое ухудшение качества всех сейсмических материалов (появление «слепой зоны») в пределах рифа, изменение характера записей и их спектральных особенностей, что связано с рассеиванием и поглощением отражающих волн вследствие частого и незакономерного чередования пористых, трещиноватых и плотных зон массивных известняков рифовых тел. Естественно, что ухудшение качества материала может определяться различными причинами, но оно столь характерно для зоны рифов, что дополняет другие признаки, характеризующие наличие их. Эти участки необходимо исследовать дополнительно; 3) появление особых аномалий, связанных с горизонтальной неоднородностью физических свойств содержащих и покрывающих рифы комплексов. Поскольку пластовые скорости в рифах обычно все же выше, чем во вмещающих их глинистых и солевых отложениях, то время прихода волны от подрифовых отражающих горизонтов в зоне рифа меньше, чем вне ее. При построении структурных карт недоучет различия скоростей прохождения сейсмических волн в рифе и его окружении ведет к появлению ложеструктур в подстилающих риф отложениях.

Результативность сейсморазведки возрастает с увеличением густоты сейсмических профилей (не менее 1,0—1,5 км/км²), при применении группирования взрывов, общей глубинной точки, магнитной записи и машинной обработки материала. Высокая геологическая эффективность МОГТ при поисках одиночных рифов способствовала открытию в 1975—1976 гг. сравнительно крупного Ново-Узыбашевского рифового массива, содержащего многопластовые залежи нефти (рис. 59, 60).

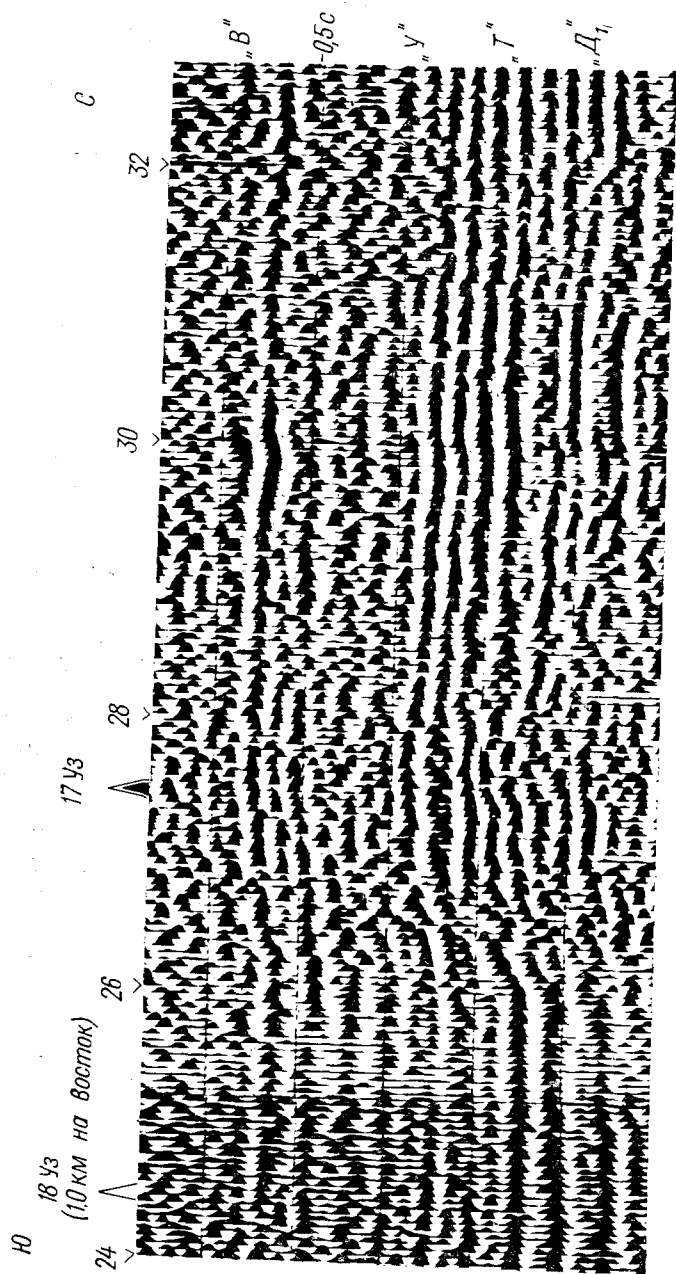


Рис. 59. Временной сейсмический разрез МОГТ через Ново-Узыбашевское сейсмическое поднятие, рекомендованное трестом «Башнефтегеофизика» к бурению на поиски рифового массива (по профилю 5 с. п. 10/73), на основании которого пробурена скважина 17 Уз — «открывательница» месторождения.

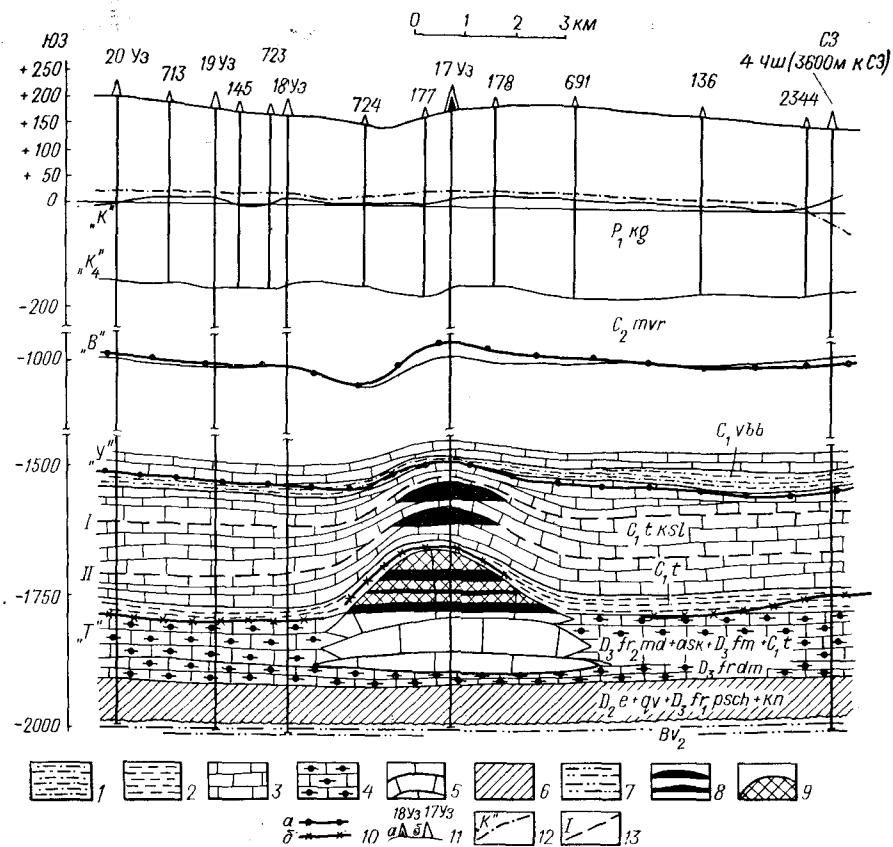


Рис. 60. Геолого-сейсмический разрез через Ново-Узыбашевский нефтеносный верхнедевонско-турнейский рифовый массив Актаныш-Чишминской депрессии [Хатьянов Ф. И., Куряева В. В., Киселева Л. В., 1975].
 1 — терригенная толща нижнего карбона; 2 — аргиллитовая пачка внутри турнейских карбонатных образований; 3 — известняки; 4 — кремнисто-глинисто-карбонатные отложения депрессионной (доманиковой) фации; 5 — известняки и доломиты рифовой фации; 6 — терригенная толща девона (от поверхности кыновского горизонта до подошвы эйфельского яруса); 7 — отложения визе (бавлинские); 8 — нефтяные залежи и пласты; 9 — нефтенасыщенная часть рифа; 10 — отражающие горизонты (по профилю 107305); а) опорные «В» и «У», б) промежуточный «Т», сопоставляемый с терригенной пачкой внутри турне; 11 — скважины: а) скв. 17 — нефтяная, открывательница месторождения, рекомендованная к бурению по данным МОГТ, б) скважины непродуктивные, пробуренные до результатов сейсморазведки МОГТ; 12 — преломляющий горизонт «К»; 13 — условные реперы по данным стандартного электро- и радиоактивного каротажа.

На временном разрезе МОГТ по профилю 5, явившемуся «первооткрывателем» рифового массива, отчетливо отображены следующие основные поисковые признаки: 1) локальное резко выраженное поднятие по промежуточному горизонту «Т» вблизи поверхности рифа, сопоставляемое с регрессивной аргиллитовой пачкой внутри турне; 2) выполаживание

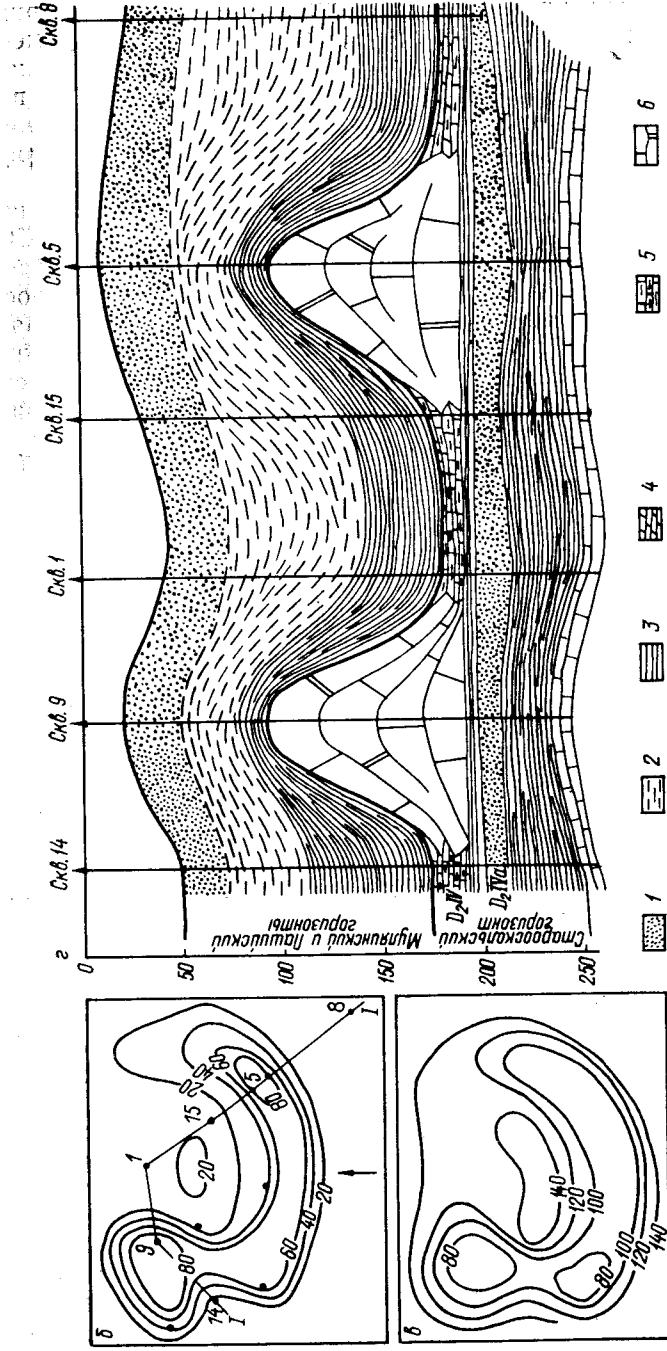
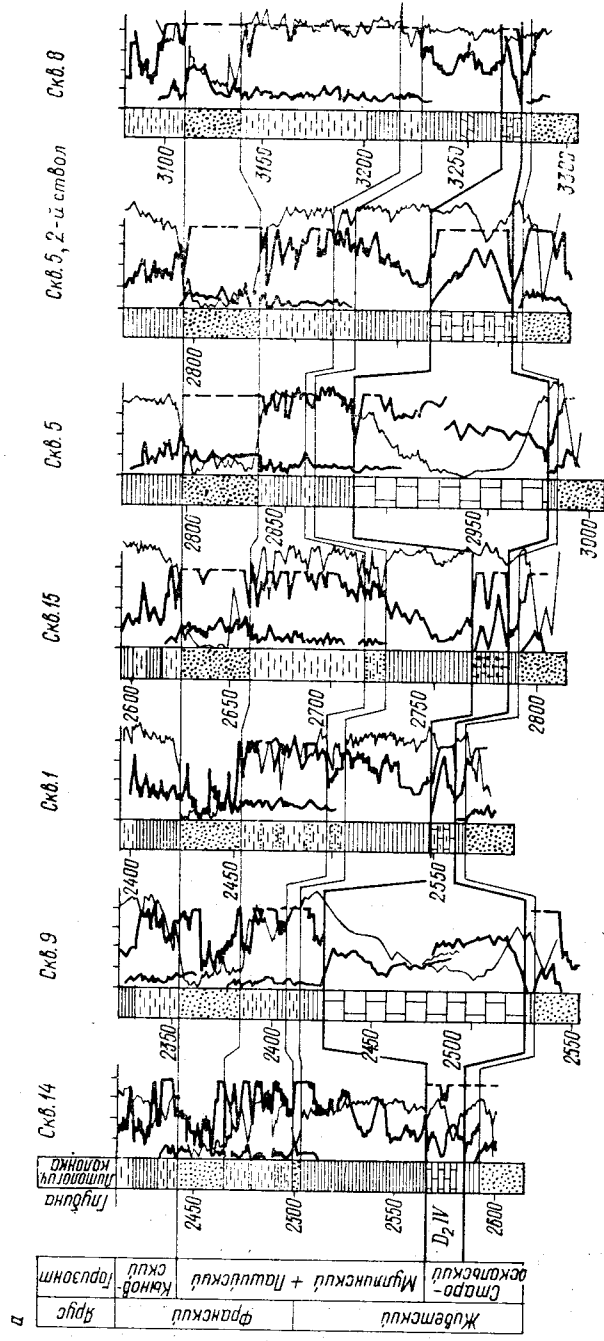


Рис. 61. Староскольский риф Любимовской площади (средний девон) (В. Г. Кузнецов).
 а — схема сопоставления геологических разрезов (промыслово-геофизическая характеристика рифов); б — карта мощностей пласта D₂IV;
 в — карта мощностей муллинско-лавинской толщи выполнения; г — литолого-фациальный профиль по линии 1-1'; 1 — песчаники; 2 — алевролиты; 3 — глины; 4 — мергели; 5 — известняки и доломиты, тонкослойные, глинистые, депрессионные (межрифовые); 6 — известняки и доломиты массивные, рифовые.

локального поднятия по вышележащим надрифовым опорным отражающим горизонтам «У», и особенно «В», выражающееся в соответствующих аномалиях интервальных времен; 3) сложный характер волновой картины и разрывы в корреляции подрифового отражающего горизонта «Д₁». Эти признаки получили дальнейшее обоснование по другим детализационным профилям МОГТ и подтверждены последующим бурением.

В настоящее время весьма успешно стали применяться преломленные волны в методе скважинной сейсморазведки (МСС). Для этого в скважину, вскрывающую риф, спускаются сейсμοприемники, а пункты взрыва располагаются на поверхности радиально от скважины. Сейсмические материалы позволяют на основе 1—2 скважин определить направление и углы подъема преломляющей границы, отождествляемой с поверхностью рифа, т. е. изучать размеры, амплитуду и форму рифа [Юнусов Н. К., 1966 г., 1968 г.]. Использование МСС до последнего времени оставалось ограниченным. В 1967 г. В. А. Теплицким (ВНИГНИ) был предложен способ скважинной сейсморазведки, основанный на регистрации отраженных волн внутри среды ниже резких отражающих границ в верхней части разреза (метод обращенных годографов — МОГ).

Эффективность использования полевой геофизики для поисков и изучения погребенных рифов существенно повышается при комплексировании различных методов.

4.2. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СКВАЖИНАХ

Промыслово-геофизические или каротажные методы также широко используются при изучении и выделении рифов, особенно при ограниченном выходе керна. Они дают возможность: 1) расчленять разрез осадочных отложений на отдельные пласты и пачки, проследить их распространение на площади, устанавливать изменения мощностей и иногда литологического состава, выявлять перерывы и несогласия и т. д.; 2) выделять в разрезах погребенные рифы, изучать их морфологию.

Методика геологической интерпретации материалов геофизических исследований разрезов скважин в обычных слоистых толщах достаточно подробно разработана [Дахнов Б. Н., 1962 г.; Долицкий В. А., 1966 г.; Итенберг С. С., 1967 г. и др.]. В то же время эти исследования позволяют решать некоторые специальные вопросы, связанные с изучением погребенных рифов. По геофизическим исследованиям разрезов скважин можно отделить рифовые тела от подстилающих и покрывающих отложений, установить точные их границы, определить мощности. Проще всего это сделать, если рифы заключены в породы иного (не карбонатного) литологического состава. От терригенных пород они легко отделяются по данным стандартной электро-

метрии (например, повышенными значениями кажущегося сопротивления). При солевом выполнении важное значение приобретает радиометрия. Сложнее обстоит дело, если риф заключен в карбонатных породах. В этом случае выделение рифа возможно, во-первых, на основе детальной послойной корреляции и изучения изменений мощностей содержащих риф и покрывающих его отложений и, во-вторых, на учете некоторой специфики кривых электро- и радиометрии в рифах. Определение границ рифов позволяет строить карты мощностей, которые характеризуют морфологию рифового тела, изучать современное структурное положение подошвы и кровли рифов и т. д. Пример такого построения показан на рис. 61.

Следует отметить некоторые особенности геофизических кривых в органогенных постройках [Кузнецов В. Г., 1970 г.]. Поскольку рифы характеризуются массивной неслойистой текстурой, кривые электро- и радиометрии обычно слабо дифференцированы, особенно по сравнению с дифференцированными кривыми вмещающих слоистых разрезов. Это обстоятельство ведет к потере корреляции в теле постройки. Если в окружающих слоистых отложениях промыслово-геофизические данные позволяют проводить детальное расчленение и детальную послойную корреляцию, то эти пласты никак не протягиваются в пределы биогермов и рифов. В самом теле рифов также обычно не удается провести послойную корреляцию двух скважин и достаточно подробно можно сопоставить только подстилающие и покрывающие отложения.

Другой важной особенностью рифовых сооружений является то, что они обычно сложены чистыми карбонатными породами и нередко содержат ничтожное количество глинистого материала. В связи с этим кривая собственной поляризации в пределах рифа образует резкую депрессию (часто до уровня значений в песчаниках или даже ниже). Так как распределение кларковых концентраций радиоактивных элементов в карбонатных породах связано главным образом с нерастворимым остатком, то кривая естественной радиоактивности (ГМ) в рифах также характеризуется минимальными значениями. Отмеченные особенности кривых ПС и ГМ наиболее четко проявляются, если рифы замещаются карбонатно-глинистыми отложениями, однако в сглаженном виде они отмечаются и в карбонатных разрезах.

НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОИСКАМ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, СВЯЗАННЫХ С ОРГАНОГЕННЫМИ ПОСТРОЙКАМИ

В районах развития органогенных построек встречаются различные полезные ископаемые. Одни из них приурочены непосредственно к органогенным постройкам, главным образом к рифам и в меньшей степени к биогермным массивам (нефть, газ, бокситы, марганцевые руды, фосфориты, строительные материалы, сырье для химической и металлургической промышленности, литографский камень, подземные воды); другие — к вмещающим и перекрывающим рифы осадочным отложениям (горючие сланцы с повышенным содержанием V, Ni, Mo и др., гипсы, ангидриты, каменная и калийные соли и т. д.).

Поскольку особенности геологического строения приуроченных к рифам месторождений в определенной степени освещены ранее [Ископаемые органогенные постройки..., 1975; Кузнецов В. Г., 1978], здесь приводятся минимальные сведения по этому вопросу.

5.1. ИЗУЧЕНИЕ ВСКРЫТЫХ ИСКОПАЕМЫХ РИФОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА ВОЗМОЖНОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПОГРЕБЕННЫХ РИФОВЫХ МАССИВОВ

Месторождения нефти и газа в рифах и связанных с ними структурах весьма многочисленны и известны во многих странах мира [Геология нефти, 1968 г.; Кузнецов В. Г., 1971, 1978; Леворсен А. И., 1970 г., и др.]. В Советском Союзе нефтегазодносные месторождения находятся в нижнепермских и в верхнедевонско-турнейских рифах в Волго-Уральской области, в верхнеюрских рифах Средней Азии. В зарубежных странах с рифами связаны большие запасы нефти в Канаде, США, Мексике, Ливии, Иране и др.

Нефтегазодносность рифов обуславливается сочетанием ряда благоприятных факторов: наличием палеогеоморфологических ловушек, надежной крыши (глинистой или солевой), хороших коллекторов и часто латерально замещающих рифы высокобитуминозных отложений, являющихся источником углеводородов. На форму, размеры и амплитуду рифовых ловушек

большое влияние оказывают постседиментационные тектонические движения. Над рифами часто образуются атектонические антиклинальные структуры уплотнения и облекания, которые также являются ловушками нефти и газа.

Рифовые резервуары весьма специфичны, обладают высокими емкостными и фильтрационными свойствами, благодаря высокой первичной и вторичной пористости. Основные поисковые признаки месторождений нефти и газа подробно рассмотрены в специальных руководствах [Абрамович М. В., Путкардзе А. Л., Салаев С. Г., 1964 г.; Бакиров А. А., Быков Р. И., Гаврилов В. П., 1968 г.; Брод О. И., Фролов Е. Ф., 1957 г.; Геология нефти, 1960 г.; Спутник..., 1954 г., и др.].

Поскольку месторождения нефти и газа связаны с погребенными рифами, а при геологической съемке изучаются рифы обнаженные, то задача состоит в оценке возможностей нахождения в данном регионе залежей в погруженных рифах при перекрытии их непроницаемыми толщами-покрышками. С этой целью должны проводиться такие исследования: 1) изучение прямых и косвенных показателей нефтегазодносности; 2) установление состава покрывающих рифы отложений и оценка их экраняющих свойств; 3) выяснение типов рифов и прогнозирование их распространения на закрытых территориях; 4) предварительное изучение рифового резервуара.

1. К прямым показателям нефтегазодносности относятся естественные нефтегазопроявления — различного рода следы нефти, газа или битумов нефтяного ряда. При изучении обнаженных рифов, керн и горных выработок необходимо обращать внимание на пленки жидкой нефти на водной поверхности, высачивание ее из пористых, трещиноватых пород, пропитывание их, наличие асфальтовых и озокеритовых образований, выделение пузырьков горючего газа на поверхности воды и т. д. Необходимо отмечать особенности насыщения породы (равномерное, неравномерное по трещинам и т. д.) и выявлять приуроченность нефтегазопоявлений к рифам определенного стратиграфического комплекса или тектонической зоны. При исследовании поверхностных нефтегазопоявлений желательнее установить связь их с водами для выявления возможностей выноса нефтей из нижележащих отложений.

При обнаружении нефтяных источников необходимо провести регулярный отбор проб для анализов [Руководство по анализу нефтей, 1966 г.; Методические указания..., 1969]. Для характеристики состава нефти из нефтяных источников отбирается проба в 0,5 л. Поскольку в полевых условиях собрать безводную нефть практически невозможно, желательнее отобрать не менее 2—4 л эмульгированной нефти и после отстоя сифоном слить воду. Нефть перевести в стеклянную бутылку, закупорить ее корковой пробкой и залить менделеевской замазкой или сургучом. Если выходы нефти незначительны, для первоначального

анализа можно ограничиться пробой в 0,1—0,3 л. Для полного анализа газа нужно иметь пробу от 100 до 500 мл. Пробы газа отбирают в перевернутые вверх дном и заполненные водой бутылки. Пузырьки газа, поднимаясь в воде ко дну бутылки, вытесняют воду и не соприкасаются с воздухом. В бутылке остается часть воды (водяная пробка), после чего бутылка тщательно закупоривается. Хранение и транспортировка бутылей производится в перевернутом положении. Следует оценить свободный дебит газа, что при небольшом притоке (до 100 л/сут) можно сделать по скорости заполнения сосуда.

К косвенным показателям нефтегазонасности относятся пластовые воды специфического состава: высокоминерализованные хлоркальциевого и гидрокарбонатно-натриевого типа, практически бессульфатные, с обычно повышенным содержанием иода, бора, брома, бария, стронция, радия, сероводорода, нафтеновых кислот, аммония и др. При литологическом изучении карбонатных пород необходимо отмечать изменения, связанные с воздействием на породы нефтей и газов, которые являются активными восстановителями. Окислы и гидроокислы железа восстанавливаются до пирита (при наличии сероводорода) или сидерита, в связи с чем цвет пород меняется от желто-бурого до серо-зеленого. При восстановлении сульфатов образуются самородная сера, вторичный кальцит и т. д.

Наличие признаков нефтегазонасности позволяет положительно оценивать перспективы района, однако их отсутствие не дает основания для отрицательного заключения. Известны богатейшие нефтегазонасные регионы, где поверхностные нефтегазопроявления отсутствуют.

2. Следующим важным условием для формирования нефтегазонасных месторождений является наличие региональных непроницаемых толщ, которые служат покрывками залежей нефти и газа. Наилучшими экранирующими свойствами обладают каменная соль и глины, а также плотные, не трещиноватые ангидриты, гипсы, пелитоморфные известняки и доломиты.

а) в процессе геологического картирования необходимо установить наличие толщ-покрывок, располагающихся стратиграфически выше отложений, содержащих биогермы и рифы. Если эти толщи непосредственно покрывают биогермы и рифы, то формирование залежей возможно в самих рифах. В случае, если толщи-покрывки отделяются от рифов какими-либо пористыми и проницаемыми отложениями, нефть и газ могут скапливаться в последних или образовывать сложные залежи, в которых этаж нефтегазонасности охватывает и рифы и непосредственно перекрывающие их отложения (рис. 62);

б) первоначальная оценка экранирующих свойств этих отложений может основываться на характеристике мощностей и литологического состава покрывок. Следует изучить трещиноватость, отметить все изменения литологии, которые могут ухуд-

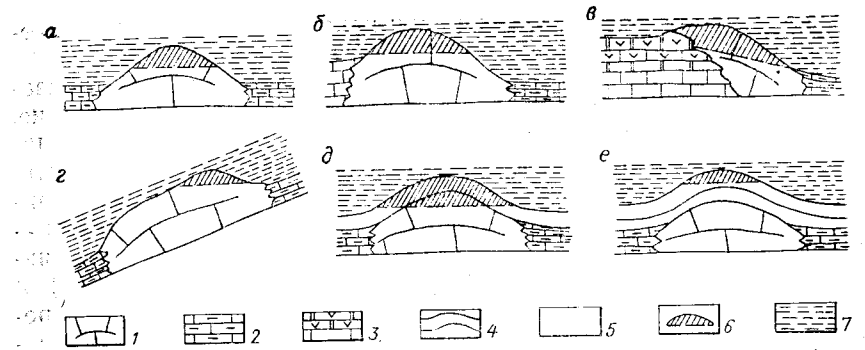


Рис. 62. Основные типы залежей нефти и газа, связанные с рифами (В. Г. Кузнецов).

а — массивные залежи в одиночном рифе; б — то же, в рифовой системе; в — массивная залежь в рифовой системе, смещенная к предрифовому склону и экранированная непроницаемыми зарифовыми отложениями; г — массивная залежь, смещенная в гипсометрически приподнятую тектоническими движениями часть рифа; д — массивная залежь в рифе и непосредственно перекрывающих его пластах-коллекторах, антиклинальная структура которых образовалась за счет облекания рифа и уплотнения; е — пластовая или массивная залежь в пластах-коллекторах структур облекания и уплотнения; 1 — рифы; 2—3 — непроницаемые околорифовые отложения; 4 — пласты-коллекторы, покрывающие риф; 5 — непроницаемые толщи-покрывки; 6 — залежи нефти и газа; 7 — отложения, перекрывающие рифы.

шать качество их (например, появление песчаных и алевроитовых прослоев) и проследить особенности этих изменений по площади. Для более углубленной характеристики рекомендуется отобрать пробы для лабораторного определения коэффициента открытой пористости и проницаемости пород.

3. Оценка перспектив нефтегазонасности и дальнейшие поисково-разведочные работы в значительной степени определяются типом рифов и особенностями их современного структурного положения. В связи с этим следует:

а) установить, являются рифы одиночными или входят в рифовые системы, а также куполовидные они или резко асимметричные. В случае куполовидных рифов изучается их форма, размеры, углы склонов и т. д. В резко асимметричных рифах, где формирование ловушек в значительной степени определяется замещением рифовых фаций непроницаемыми зарифовыми отложениями, обязательно следует закартировать и изучить зону фациальных переходов;

б) выяснить общие закономерности распределения рифов с целью прогнозирования районов их развития в областях погружения. Для этого выявляется приуроченность рифов к определенным тектоническим структурам и фациальным зонам. Большую помощь в этом могут оказать наблюдения над особенностями рельефа и гидрографической сети, отражающими расположение обнаженных и погребенных крупных рифовых массивов, а также применение различных методов полевой (разведочной) геофизики;

в) составить структурную карту поверхности стратиграфического подразделения, содержащего рифы.

Тектонические движения, происходящие после рифообразования, оказывают на рифовые ловушки двойное воздействие. С одной стороны, они могут создавать такие вторичные наклоны, которые будут превосходить значение первичного угла рифового склона и тем самым приведут к расформированию рифовой (палеогеоморфологической) ловушки. Возможность ликвидации ловушки и степень ее сохранности могут быть выявлены при анализе строения рифа (первичные углы склона) и значений тектонических наклонов. С другой стороны, при пересечении рифовой системы с антиклинальными зонами при сохранении рифового резервуара могут сформироваться высокоамплитудные и емкие ловушки комбинированного типа (структурно-палеогеоморфологические), поэтому следует выявлять участки, где возможно такое пересечение.

4. Залежи нефти и газа связаны с погребенными рифами. Однако общую характеристику рифового резервуара необходимо дать в процессе геологической съемки при изучении обнаженных рифов. По данным бурения невозможно достоверно оценить степень пористости рифов, поскольку при бурении пористые участки разрушаются. Поэтому действительные запасы нефти и газа в рифах оказываются большими, чем это дает подсчет на основе определения пористости по керну. Для характеристики коллекторских свойств рифовых массивов следует оценить объем всех пустот, отбирая соответствующие пробы для последующего лабораторного анализа.* Мелкие трещины изучаются по методике ВНИГРИ [Трещинные коллекторы..., 1965 г.] в специальных больших шлифах. Что касается крупных каверн, то единой методики их изучения нет. Можно на отдельных участках измерять площадь пустот и рассчитывать их отношение ко всей площади. Удачным можно признать опыт фотографирования таких участков [Степанов В. И., Бржезовский А. И., 1964 г.]. В этом случае степень кавернозности можно рассчитать, как отношение суммарной площади каверн к площади всего снимка или еще проще — как отношение веса фотобумаги вырезанных изображений каверн к весу бумаги всего снимка.

5.2. ПОИСКИ РУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

5.2.1. БОКСИТЫ

Месторождения бокситов, связанные с рифами, известны главным образом, в геосинклинальных областях, например месторождения Северо-Уральского бокситового района, Салаира,

* Размеры образцов для определения пористости 10—15, проницаемости — 75, микротрещиноватости — 120 см³.

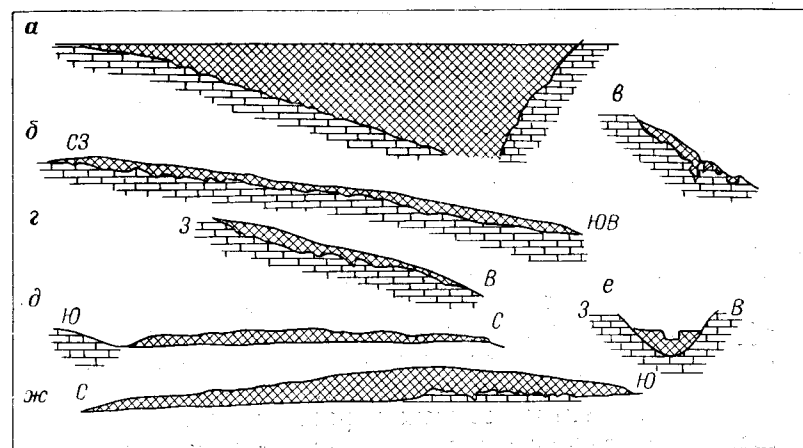


Рис. 63. Типичные разрезы залежей бокситов Ямайки [Цайс В. А., 1964 г.]. а — имение Белмонт-Истейт; б — около Белмонта, Сент-Анн; в — дорога Бент-Хилл-Род, Трелоуни; г — Олкокк, Сент-Анн; д, е — Тенбери, Сент-Анн; ж — Оранж-Парк, Сент-Анн.

островов Ямайки и Гаити, Пиринейской геосинклинали, складчатой области Прованса и др. [Бернс Д. Д., 1964 г.; Бушинский Г. И., 1971 г.; Горецкий Ю. К., 1960 г.; Цайс В. А., 1964 г. и др.].

Залежи бокситов известны в барьерных рифах, зарифовых лагунах, на одиночных внешних рифах, т. е. в условиях, где возможно привнос рудного материала с выветривающихся алюмосиликатных пород суши и где осуществляется латеризация вулканического пепла, осажденного на рифах, поднятых выше уровня моря. Рудные залежи приурочены к эпохам континентальных перерывов и залегают в основании трансгрессивных серий. Они располагаются в понижениях рельефа, связанных либо с первичными неровностями поверхности рифа (рифогенно-котловинный тип дорудного рельефа), либо с карстовыми процессами (рифогенно-карстовый тип рельефа). В случае, если бокситы заполняют мелкие и широкие углубления, образуются сравнительно маломощные пластовые рудные тела. При заполнении глубоких карстовых трещин, трубок, карманов, провалов образуются глубинно-карстовые залежи, которые имеют большую мощность, незначительную площадь и обычно отличаются более высоким качеством. В случае закарстованного подрудного рельефа в основании залежей нередко имеется известковая брекчия, сцементированная бокситовым веществом. Основание залежей, как правило, неровное (рис. 63), а кровля обычно более или менее выровнена. Перекрываются бокситы отчетливо-слоистыми карбонатными, реже континентальными угленосными отложениями.

Причина избирательной приуроченности бокситов к рифам и генетически связанным с ними фациям трактуется по-разному. Одни полагают, что латеритообразование шло в континентальных условиях при выветривании алюмосиликатных пород, откуда и происходил водно-механический перенос рудного вещества. Значение же рифов заключалось в том, что они «были своего рода ловушками, в которых рудный материал накапливался и сохранялся от размыва при дальнейшей трансгрессии моря». [Горецкий Ю. К., 1960 г., с. 125]. Другие считают, что источником глинозема служили вулканические пеплы, которые приносятся ветром, отлагаются на приподнятых рифах и в условиях жаркого морского климата полностью латеритизируются. Имеются также данные о приносе на рифы волнами пемзового материала. Так или иначе, алюмосиликатный материал на карбонатных закарстованных породах вследствие их высокой водопроницаемости свободно промывается и поэтому сравнительно легко латеритизируется. Воды обычно бескремнисты и способствуют разложению каолинита до боксита [Бушинский Г. И., 1975 г.].

Таким образом, наличие рифов в геосинклинальных областях является положительным критерием в оценке перспектив бокситоносности района. Поисковые критерии и методики картирования бокситовых месторождений изложены в специальных работах [Бушинский Г. И., 1975 г.; Методическое руководство... , 1954, 1978; Методические указания... , 1969; К методике геологической съемки при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых, 1955 г. и др.]. К косвенным признакам бокситов относятся: 1) наличие континентальных перерывов во время роста рифов и закарстованность поверхностей несогласия; 2) трансгрессивное налегание слоистых известняков на массивные рифовые породы. Более определенные указания на бокситоносность дает присутствие в основании трансгрессивных серий характерных пород, связанных с бокситами или фациально близких к ним: а) марганцевых и железных шамозитовых и лептохлоритовых руд и минералов, пластовых фосфоритов; б) пород с бобовой или яшмовидной текстурой; в) прослоев красных, камнеподобных глинистых пород, аллитов, каолинитов со свободным глиноземом; г) присутствие в нерастворимом остатке известняков бемита, диаспора, корунда; д) находки бокситовой брекчии.

При геологическом картировании необходимо обращать особое внимание на смену массивных рифовых известняков слоистыми, выявлять здесь скрытые перерывы, тщательно исследовать и картировать поверхности несогласия. При нахождении бокситов или показателей бокситоносности необходимо установить их стратиграфическую приуроченность и по возможности проследить этот горизонт на всей изучаемой площади, поскольку, как правило, к поверхности одного перерыва приуро-

чено несколько бокситовых залежей. В связи с трудностью полевого определения разновидностей бокситов необходимо проводить массовый отбор образцов и опробование всех подозрительных образований.

Что касается геофизических методов поисков бокситов, то их комплекс отрабатывается применительно к конкретным геологическим условиям [Методические указания... , 1969, 1970; Бушинский Г. И., 1975 г.; Александров И. Г., Микельсон Э. Э., Ремпель Т. Г., 1971 г. и др.]. Для выяснения особенностей погребенного рельефа применяется гравиметрия, электроразведка, главным образом методом ВЭЗ, реже сейсморазведка. Поскольку некоторые виды бокситов обладают магнитными свойствами, для их поисков, а также оконтуривания и уточнения границ с вмещающими карбонатными породами используется магнитометрия. Следует, однако, иметь в виду, что глубинность метода сравнительно невелика. К новым, пока мало апробированным методам поисков бокситов относится гамма-спектрометрический метод [Карус Е. В., 1972 г.]. Поскольку бокситы характеризуются пониженным содержанием калия и урана и повышенным — тория, а последний четко коррелируется с Al_2O_3 , то в бокситах отношение Th/K в 2—3 раза выше, чем во вмещающих породах.

5.2.2. МАРГАНЦЕВЫЕ РУДЫ

Марганцевые месторождения, связанные с рифами вулканогенно-осадочных толщ, известны в Зеравшанском хребте (Тахта-Карага), в Джаильминской мульде Центрального Казахстана (Караджал и др.), в Кузнецком Алатау (Усинское) и др. Наиболее изучено Усинское месторождение [Додин А. Л., 1947 г., 1948 г.; Мухин А. С., Ладыгин П. Г., 1957 г.; Соколова Е. А., 1961 г.; Ходак Ю. А., Рахманов В. П., Ерошев-Шак В. А., 1966 г.]. Оно расположено в средней части хр. Кузнецкий Алатау и приурочено к нижнекембрийской усинской свите, которая сложена массивными археоциато-водорослевыми известняками, участками пятнисто-доломитизированными. С ними ассоциируют плитчатые, пиритизированные известняки с кремнистыми и кремнисто-известковыми прослоями, а также линзами карбонатных брекчий. С этими отложениями связано основное оруденение. Марганцеворудная толща прослежена горными выработками на 4, 6 км при ширине выхода до 350 м и разведанной глубине 600 м. Основным типом руд являются хлорито-карбонатные скрытозернистые, тонкослоистые породы. Тонкодисперсное карбонатное вещество (70—85 %) представлено главным образом родохрозитом сложного состава с переменным количеством Са, Mg, Fe. Кроме того, присутствуют кварц, тонкорассеянный углеродистый материал, сульфиды железа. Марганокальцитовые руды (марганца 10—20 %), марган-

цовистые известняки (5—10 % марганца) по внешним признакам практически не отличимы от нерудных известняков (марганца менее 5 %), вследствие чего месторождение долгое время оставалось незамеченным. На отдельных участках имеются окисленные руды (псиломелан, вернадит, пиролюзит, гетит, гидрогетит), которые залегают в глубоких карманах или сплошными полями мощностью до 120 м. Эти руды содержат марганца до 26,9 %.

Источник марганца связывают с вулканизмом, поскольку марганценозные известняки замещаются по простиранию эффузивами. Таким образом, на марганец перспективны фации межрифовых и предрифовых отложений, которые ассоциируют по латерали с синхронной вулканогенной формацией. Поскольку многие карбонатные руды марганца внешне плохо отличимы от обычных карбонатных пород, отложения этих фаций при геологической съемке следует изучать более внимательно. Рудные карбонаты обычно несколько тяжелее (объемная масса 2,1—3,4 г/см³) и дают положительную реакцию на марганец при проведении полевых качественных анализов.* Для количественных определений необходим отбор проб специально для анализов на марганец.

При обнаружении марганцевых руд следует: 1) провести детальное лито-стратиграфическое расчленение разреза и уточнить стратиграфическое положение рудных тел; 2) выявить фациальную приуроченность рудных тел, в общих чертах восстановить палеогеографическую ситуацию эпохи рудообразования; 3) тщательно закартировать общую геологическую структуру, отдельные складчатые и разрывные нарушения; 4) изучить рудные тела: форму, мощность, размеры, структуру подошвы, минеральный состав, степень однородности и характер изменчивости, процессы окисления и регионального метаморфизма и т. д. [Оценка месторождений..., 1954 г.; Методические указания..., 1969; Методическое руководство..., 1954, 1978; К методике..., 1955 г. и др.].

Для поисков и оконтуривания рудных тел применяется электроразведка методом ВЭЗ, магнитометрия, иногда гравиметрия. Положительный эффект применения геофизики зависит от ряда факторов [Оценка месторождений..., 1953 г.]. На Усинском месторождении, например, весьма эффективной оказалась электроразведка, так как сопротивление рудных тел (немногие сотни или даже десятки Ом-метров) значительно ниже, чем вмещающих карбонатных пород (более 1000 Ом·м). В магнит-

* Испытуемую породу растирают с несколькими кристаллами кислого серноокислого калия, добавляют 1—2 кристаллика нитрата серебра и вновь растирают. После обработки смеси каплей разбавленного раствора аммиака при наличии марганца моментально появляется интенсивная черная окраска [Исаков П. М., Потылицина Л. Г., 1955 г.].

ном поле рудные тела выделяются положительными аномалиями $\Delta Z = 100 \div 150$ гамм при значениях ΔZ светлых вмещающих известняков минус 25—30 гамм.

5.2.3. ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РУДЫ

В ряде районов мира известны приуроченные к рифам и к вмещающим толщам стратиформные месторождения полиметаллических руд: Пайн-Пойнт в Северной Канаде, ряд месторождений Замбии, Марокко, Северной Испании и др. [Moussou G., Peld I., 1973 г. и др.]. В Советском Союзе подобное месторождение установлено в Западном Забайкалье в пределах Еравнинского рудного поля [Васильев И. Л., 1974 г.]. Руды этого района весьма разнообразны: колчеданные, свинцово-цинковые, сидеритовые магнетитовые, сульфидно-магнетитовые, цинково-колчеданные, барит-полиметаллические, гематитовые, колчедан-сидеритовые, сульфидно-гематитовые. По мнению И. Л. Васильева, рудное вещество поставлялось подводными газо-гидротермальными растворами, а его осаждение происходило обычно одновременно с накоплением осадков в западинах с застойной водой и отрицательными значениями окислительно-восстановительного потенциала. Рифогенные постройки являлись барьерами, определявшими латеральное размещение зон рудоотложения. Важным типом являются такие брекчиевидные колчеданные руды, которые частично «возникли при механическом смешивании в мелководном морском бассейне продуктов разрушения рифогенных построек с тефровым материалом и слабо литифицированными сульфидными осадками или сформировались при процессах подводного метасоматоза вследствие взаимодействия рудосных растворов с рифогенными известняками» [Васильев И. Л., 1974 г., с. 27].

Пластово-слоистые типы рудных тел в околорифовых темноцветных отложениях и брекчиевидные по периферии рифов в общем характерны и для других месторождений подобного типа, хотя условия образования их трактуются нередко существенно иначе. В депрессионных отложениях, обогащенных органическим веществом, нередко отмечают повышенные содержания меди, свинца, цинка, ванадия, никеля, кобальта, молибдена, урана, селена, серебра и т. д.

Не касаясь спорной проблемы формирования стратиформных полиметаллических месторождений, следует отметить, что сам факт наличия подобной минерализации определяет необходимость специальных работ по выявлению возможного полиметаллического оруденения при крупномасштабном картировании областей развития органогенных построек. Обследованию подлежат склоны рифов, отложения внутририфовых лагун, межрифовые и предрифовые темноцветные тонкослоистые отложения застойных участков водоемов. Учитывая установленный в ряде

случаев наложенный метасоматический характер оруденения, специальное внимание должно быть уделено участкам вторичной переработки пород — доломитизированным, баритизированным и окварцованным зонам. Наряду с обычными визуальными поисками необходимо применять простейшие качественные реакции на определение меди, свинца, цинка и других сопутствующих элементов, а также геохимические, гидрохимические и биогеохимические методы [подробнее см. Методические указания... , 1969, 1970, 1971, 1972, вып. 1—13; Методическое руководство... , 1954, 1978]. Среди геофизических методов поисков и разведки сульфидных месторождений наиболее эффективна электроразведка, реже магнито- и гравиразведка.

5.3. ПОИСКИ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

5.3.1. ФОСФОРИТЫ

Известно большое количество месторождений фосфоритов, связанных с рифами. Многочисленные месторождения высокого качества, хотя и с относительно небольшими запасами, разрабатываются на современных рифах Тихого и Индийского океанов [Орлова Е. В., 1951 г.; Занин Ю. К., 1969 г. и др.]. Здесь концентрация фосфора связана с накоплением отложений гуано.

Значительно больший интерес представляют пластовые фосфориты, имеющие иное происхождение. В Советском Союзе они известны в нижнепермских рифах Предуральяского краевого прогиба [Варов А. А., 1935 г.; Безруков П. Л., 1939 г.; Ворожева Е. М., 1939 г.], в ордовике Северного Казахстана [Материалы по региональной тектонике СССР, 1964 г.; Левина С. Д., 1964 г.], рифе Малого Каратау и кембрии Киргизского хребта [Бродская Н. Г., Холодов В. Н., 1965 г.] и в других местах.

Фосфориты обычно приурочены к рифам, которые связаны с вулканогенно-осадочными формациями, где широко развиты кремнистые породы, яшмы, вулканиты основного состава, хотя известны фосфатопоявления на рифах без ассоциации с эффузивными образованиями (Предуральский краевой прогиб). Горизонты фосфатных пород встречаются в различных породах вулканогенно-осадочных комплексов, однако главное фосфатонакопление связано именно с рифовыми комплексами. Пластовые и линзовидные залежи фосфоритов располагаются обычно на склонах рифов, причем по отдельным ложбинам они могут подниматься почти до самой вершины. Известны также залежи в зарифовых зонах и межрифовых проливах и понижениях. Фациальное положение фосфоритов в пределах рифового комплекса в значительной степени обуславливает и их тип. На предрифовом склоне обычно развиты линзы шлейфовых брекчий, состоящих из обломков известняков, доломитов или реже фос-

фатных пород, сцементированных тонкозернистой фосфатно-карбонатной массой. В более глубоких частях рифового склона и депрессиях со спокойной гидродинамикой формируются линзы и слои фосфоритов. Это плотные породы, сложенные тонкопрорастающими агрегатами фосфата, кальцита и доломита, реже кремнистого материала и флюорита. Повышенное содержание углеродистого вещества определяет темно-серый или почти черный цвет пород. Текстура фосфоритов массивная или тонкослоистая. Многие залежи фосфоритов на рифах, приуроченные к карстам, представляют собой коры выветривания, образующиеся при карстообразовании. При этом качество руд улучшается.

При поисках фосфоритов обследованию подлежат склоны рифов, межрифовые и зарифовые депрессии. Следует иметь в виду, что многие пластовые фосфориты практически не отличаются от вмещающих карбонатных и кремнистых пород. Поэтому в полевых работах необходимо использовать качественные реакции на фосфор* [Методические указания... , 1969], а в наиболее перспективных зонах и отбирать пробы на химический анализ.

Обнаруженные фосфатопоявления должны тщательно изучаться. Необходимо установить стратиграфическую приуроченность фосфатной пачки (хотя строгий стратиграфический контроль нередко и отсутствует), фациальное и структурное положение ее, форму, размеры, мощность, состав, а также их изменения.

Географические работы при поисках и разведке фосфоритов оказываются весьма эффективными [Горбачев А. Н., Карпунин А. М., Матуканис Л. Ф., 1971 г.; Кузнецов В. Г., Пийп Н. Б., Савельева Н. П., 1972 г.].

Поскольку с фосфоритами связаны повышенные содержания урана, возможно применение радиометрической съемки. При аэrorадиометрических съемках вмещающие породы характеризуются интенсивностью гамма-излучения 4—6 мкР/ч на задернованных участках и до 7—9 мкР/ч на обнажениях. Фосфориты же с концентрацией фосфорного ангидрита 20—28 % содержат 0,003—0,01 % урана, что определяет интенсивность излучения примерно 30—100 мкР/ч. Аналогичные данные получаются и при наземной гамма-съемке. Аномалии фиксируются при мощности наносов до 15 м. В качестве наиболее эффективных и опережающих методов рекомендуются совместные пешеходные гамма-съемка и металлометрия по сети 250×50 м. Фосфоритсодержащие породы оконтуриваются изоконцентрацией 0,3 % и изолинией гамма-поля 10 мкР/ч. Эманионная съемка дает

* Кусочек испытуемой породы растирается с молибденом аммония и смесь обрабатывается каплей концентрированной азотной кислоты. В присутствии фосфора она приобретает желтую окраску [Исаков П. М., 1955 г.].

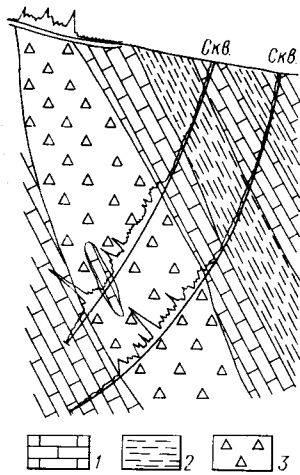


Рис. 64. Выделение фосфатоносных отложений по данным гамма-профилирования и гамма-каротажу [Евстрахин В. А., 1961 г.]

1 — известняки; 2 — глинистые сланцы; 3 — карбонатно-фосфатные брекчии.

значения радиоактивности над залежами 30—50 эман при фоне 4—10 эман. Гамма-картаж позволяет также выделять фосфоритовые пласты в скважинах (рис. 64).

Для установления общей площади развития карстовых полостей и карстовых залежей фосфоритов рекомендуется проводить симметричное электропрофилирование, а для выяснения глубины их распространения — электроразведку методом ВЭЗ. Может быть полезна сейсморазведка малых глубин.

5.3.2. ПРОЧИЕ ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Рифовые сооружения представляют собой важный источник для получения известняков и доломитов. Применение карбонатных пород чрезвычайно разнообразно: химическая, металлургическая промышленность, строительство и т. д. Известняки и до-

ломиты используются в натуральном виде: плиты и блоки, бут и щебень, — а также поступают в переработку (получение вяжущих материалов, соды, карбида кальция и т. д.). Требования к качеству и запасам сырья, а также методика опробования и комплекс необходимых исследований имеются в специальных изданиях [Требования промышленности к качеству минерального сырья, вып. 10, 1961 г.]. Высокая чистота рифовых известняков (низкое содержание нерастворимого остатка, кремнезема, фосфора и других вредных компонентов) делает их ценными для специальных производств в химической, стекольной, пищевой промышленности и др. В рифовых и зарифовых лагунах образуется наиболее высококачественный литографский камень (пелитоморфный известняк с незначительным содержанием глинистого материала). В кальцитовых жилах, секущих рифовые массивы, встречается оптический кальцит. Мраморовидные известняки рифовых комплексов нередко обладают высокими декоративными свойствами, что позволяет использовать их как ценный облицовочный материал.

Геологическая съемка месторождений известняков обычно проводится в масштабах более крупных, чем 1 : 50 000, и заключается в картировании литолого-морфологических зон — ядро рифа, его склоны, лагуны и т. д., а также переходы его во вмещающие отложения, так как каждая из этих фаций характери-

зуется определенными особенностями слагающих их пород. Необходимо выделять и оконтуривать зоны доломитизации, сульфидизации, фосфатизации и т. д.

В толщах, перекрывающих рифы, в аридном климате при затрудненном водообмене формируются эвапоритовые толщи — гипсы, ангидриты, каменная и калийная соли, иногда с борной минерализацией. В гумидном же климате, где при затрудненном водообмене происходит распреснение, в верхних горизонтах толщ выполнения развиваются торфяники и образуются месторождения каменных углей, например некоторые месторождения нижнего карбона Камского бассейна [Котлуков В. А., Корженевская А. С., 1960 г.].

Методика поисков и опробования этих полезных ископаемых рассматриваются в Методических указаниях [1969] и специальной литературе.

5.3.3. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Высокая пористость рифовых тел, нередко увеличенная за счет карстовых процессов, обуславливает часто значительное содержание в них подземных вод. Фильтрующиеся через карбонатные породы воды отличаются высоким качеством и используются для водоснабжения. Подробный комплекс гидрогеологических исследований при съемке масштаба 1 : 50 000, в том числе и в областях развития органогенных построек, рассмотрен в соответствующих выпусках Методических руководств [1974, 1978].

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Обработка первичных материалов геологической съемки имеет конечной целью составление геологической карты и написание отчета. Учитывая стандартность основных работ камерального цикла и всестороннее освещение их в методической литературе, ограничимся кратким обзором вопросов, имеющих отношение к специфическим особенностям органогенных построек. К ним относится, в частности, изучение карбонатных пород, поскольку в данном случае они представляют интерес и играют определяющую роль. Первоначально они исследуются визуально, дальнейшие определения уточняются при изучении в шлифах и полировках. На следующем этапе прибегают к минералогическому анализу нерастворимого остатка, химическим, термическим, спектральным и другим видам анализов.

6.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

По вопросам классификации и номенклатуры карбонатных пород существует обширная литература [Теодорович Г. И., 1950 г., 1968 г.; Хворова И. В., 1958 г.; Швецов М. С., 1958 г.; Методы изучения осадочных пород, 1957 г.; Фролов В. Т., 1964 г.; Карбонатные породы, 1971 г.; Киркинская В. Н., 1973 г.; Королюк И. К., 1973 г.; Осипова А. И., 1973 г. и др.]. Подробный обзор классификаций карбонатных пород дан в «Атласе текстур и структур осадочных горных пород» [1969 г., ч. 2]. В атласе, а также в работе А. И. Осиповой [1973 г.] можно найти критический разбор основных классификаций, распространенных за рубежом.

Знакомство с литературой убеждает, что положение с классификацией и с номенклатурой карбонатных пород неудовлетворительно. В разных классификациях одну и ту же породу называют по-разному или, наоборот, различные известняки обозначают одним термином; кроме того, существуют принципиальные расхождения в генетической интерпретации структурных признаков пород.

В практической работе рационально взять за основу наиболее

простой вариант структурно-генетической классификации, принятый в учебной литературе [Швецов М. С., 1968 г.; Фролов В. Т., 1964 г.], соответствующий традициям отечественной литологии и не раз с успехом использовавшийся при описании органогенных построек различного возраста [Маслов В. П., 1950; Королюк И. К., 1952; Теодорович Г. И., 1950 г.]. В зависимости от состава карбонатных пород в конкретных районах эта классификация может быть детализирована. Но при этом необходимо придерживаться общего правила, которое заключается в том, что содержание термина нельзя менять по своему усмотрению, надо сохранять его первоначальный смысл. Кроме того, в каждой работе должно быть разъяснено, что именно понимает автор под тем или иным термином. Это полезно и для автора, и для читателя.

В сложении органогенных построек принимают участие главным образом известняки и доломиты, причем последние играют меньшую роль и классифицируются по тому же принципу, что и известняки. Поэтому остановимся в основном на известняках.

Структурно-генетическая классификация карбонатных пород

I. Органогенные известняки

A. Биоморфные

- 1 — каркасные
- 2 — субкаркасные
- 3 — цельнораковинные
- 4 — желваковые

B. Органогенно-обломочные (биокластические) известняки

- 1 — конгломерато-брекчиевые (>10 мм)
- 2 — детритовые (0,1—1 мм)
- 3 — шламовые (<0,1 мм)

II. Криптогенные и биохемогенные известняки

- 1 — комковатые
- 2 — сгустковые
- 3 — пеллетовые (копролитовые)
- 4 — микрозернистые

III. Хемогенные известняки

- 1 — оолитовые
- 2 — инкрустации

IV. Обломочные известняки

A. С окатанными и сортированными обломками

- 1 — конгломераты (>10 мм)
- 2 — гравелиты (>1 мм)
- 3 — песчаники (0,1—1 мм)

B. С неокатанными обломками

- 1 — брекчии взламывания

I. Органогенные известняки. Разнообразные типы органогенных известняков (биоморфные и биокластические) в самых различных сочетаниях и пространственных соотношениях слагают основную массу построек.

A. Биоморфные известняки состоят из остатков известьевыделяющих организмов, не подвергавшихся значительному разрушению и переносу. В органогенных постройках это наиболее

важная группа пород. Ее можно подразделить на несколько типов.

1. Каркасные известняки — породы, образовавшиеся в результате жесткого нарастания друг на друга колониальных или реже одиночных известняковых организмов. В литературе для этого типа пород широко используется термин «биогермные известняки», который является менее удачным, так как ассоциируется с определенным генетическим типом построек (биогермами), в то время как эти известняки составляют основу любых органогенных построек.

2. Субкаркасные [гемибиогермные, по Шуйскому В. П., 1973] известняки широко распространены. Они состоят из колоний, которые не прирастают друг к другу, а разделяются осадком. В структурном и генетическом отношении они стоят ближе всего к каркасным известнякам, но отождествлять их нельзя.

3. Цельнораквинные известняки состоят из нагромождения целых опрокинутых и не опрокинутых колоний и раковин различных, преимущественно бентосных организмов: брахиопод, моллюсков, остракод, фораминифер и т. д. В органогенных постройках эти породы образуют гнезда, слагают целые зоны или банки.

4. Желваковые известняки не имеют четкой генетической интерпретации. Они слагаются мелкими или крупными (до нескольких сантиметров) желваками шаровидной, округлой или лепешковидной формы. Желваки в поперечном сечении имеют субконцентрическое строение и образованы остатками известковых водорослей или беспозвоночных.

Б. Органогенно-обломочные (биокластические) известняки отличаются большим разнообразием и занимают важное место в сложении многих органогенных построек, особенно рифов.

Эти породы принято разделять на несколько типов в зависимости от крупности обломочного материала и от степени его окатанности. Последний признак менее важен, поскольку преобладают породы с малоокатанными, остроугольными обломками. По крупности обломков выделяют конгломерато-брекчиевые, детритовые и шламовые известняки.

1. Конгломерато-брекчиевые (органогенно-брекчиевые или просто брекчиевые) известняки состоят из крупных обломков более 1 см) колоний кораллов, гидроидов и т. д., а также обломков каркасных известняков. Пространство между обломками выполняется менее грубыми осадками, а иногда хемогенным кальцитом (доломитом) сингенетического или эпигенетического происхождения. По размеру обломков различают глыбовые (>20 см), крупнообломочные (20—10 см), среднеобломочные (10—5 см), мелкообломочные (5—1 см) брекчии.

Органогенно-брекчиевые известняки встречаются в шлейфах биогермов, но особенно они характерны для крупных органогенно-аккумулятивных сооружений типа силурийских и девон-

ских рифов Урала. Развитие органогенных брекчий является наиболее убедительным доказательством того, что постройка служила волноломом.

2. Детритовые известняки по размеру биокластики подразделяются на круподетритовые (10—1 мм), среднетритовые (1—0,5 мм) и мелкодетритовые (0,5—0,1 мм). Главный структурный компонент этих пород — остроугольные (реже окатанные) обломки скелетов беспозвоночных животных и обывествленных остатков водорослей. В зависимости от состава породообразователей выделяются криноидные, брахиоподовые, водорослевые и другие разности. Более обычны смешанные разности: водорослево-криноидные, мшанково-криноидные и т. д. Если породообразователей больше трех, известняк называют полидетритовым. При заметном преобладании какого-то одного породообразователя над другими употребляют названия типа «криноидно-полидетритовый» известняк и т. д.

Детритовый материал выполняет ячеи в каркасных известняках, и в нем обычно отсутствуют признаки окатывания и сортировки. В крупных дифференцированных постройках, где нередко присутствуют фаши подвижных осадков, например пляжей, подводных валов и т. д., соответствующие отложения характеризуются сортированностью, а иногда и хорошей окатанностью.

3. Шламовые известняки состоят из перетертого и по большей части неопределимого биокластического материала с размерами частичек менее 0,1 мм. Шлам составляет незначительный процент в объеме породы, основной базис (матрикс) представлен микрозернистым карбонатом.

II. Криптогенные и биохемогенные известняки. Основные структурные компоненты этих пород имеют сложное биохемогенное или неясное (криптогенное) происхождение. В данную группу включаются микрокомковатые, пеллетовые, сгустковые и микрозернистые известняки. Все названные породы сближает друг с другом структурное сходство и множественность путей образования. Установить происхождение в каждом случае удастся далеко не всегда.

Комковатые известняки могут иметь копрогенное происхождение, т. е. образоваться в результате агрегации, слипания илового осадка в комки при прохождении через кишечный тракт беспозвоночных животных. Комочки карбоната могут представлять собой конечный продукт грануляции, сверления поверхности детритовых частичек сине-зелеными водорослями. Вторичной перемыв полужатвердевшего осадка с образованием мелких карбонатных катышей-интракластов — результат диагенетических процессов в осадке или результат селективной перекристаллизации первоначально однородной породы.

Множественность путей образования характерна и для микрозернистых известняков (микритов). Они могут образоваться

химическим, механическим (как результат длительного перетирания детрита) и биохимическим путем (как продукт деятельности сине-зеленых водорослей или бактерий).

Пеллетовые (копролитовые) известняки отличаются несколько большей определенностью происхождения. Они включаются в группу биохомогенных по структурным и генетическим признакам.

Породы рассмотренной группы в органогенных постройках встречаются обычно в рассеянном виде, образуя гнезда различного размера, и тесно связаны с биокластическими известняками. Однако в некоторых органогенно-аккумулятивных образованиях типа иловых и песчаных карбонатных банок, например в фамен-турнейских нефтеносных «рифках» Волго-Уральской области, такие известняки распространены очень широко, а иногда играют ведущую роль.

III. Хомогенные известняки. Эта группа пород тесным образом связана с предыдущей, так как, по-видимому, большинство хомогенных осадков образуется при участии биологических агентов.

Примером хомогенных образований являются оолитовые и пизолитовые известняки. В некоторых случаях они формируются в затишных условиях, например на дне полусушающихся ванн на поверхности рифа или уже в захороненном осадке на стадии диагенеза. Но чаще всего они образуются в условиях активной гидродинамики и поэтому характеризуются сортировкой материала и даже косослойчатыми текстурами пляжевого типа.

К хомогенным образованиям относятся очень обычные, но рассеянные в теле рифовой постройки выделения кристаллического кальцита (иногда доломита, арагонита). Это крупные сферолитовые агрегаты, нарастающие на стенке пустот в биогермном каркасе, многослойные корковые выделения на стенках (инкрустации), наконец микроскопические корочки на зернах осадка и кристаллические агрегаты в межзерновых пространствах (крустификационный и зернистый или гранулярный типы цемента в детритовых и других известняках). Все перечисленные разновидности хомогенного карбоната, присутствуя в том или ином виде повсеместно, самостоятельных типов известняков, естественно, не образуют. Среди них выделяются сингенетические и постседиментационные образования, но вопрос генезиса должен решаться на конкретном фактическом материале, в каждом случае особо.

IV. Обломочные известняки. Выделяется два типа обломочных известняков. Первый тип — нормальные обломочные известняки, состоящие из обломков более древних известняков. Они классифицируются по размерам и окатанности обломков (брекчии, песчаники, конгломераты и т. д.). Второй тип — обломочные известняки, образующиеся за счет перемыва слабо

литифицированных карбонатных осадков. В одних случаях происходит взламывание затвердевшего осадка без существенного перемещения обломков. Это так называемые брекчии растрескивания или взламывания. В других случаях оторвавшиеся куски осадка перемещаются, более или менее длительное время перемываются, окатываются и даже подвергаются сортировке. Автохтонный характер материала в обломках доказывается наличием в них того же набора органических остатков, как и в цементирующей массе. Описываемые обломки затвердевшего осадка, именуемые также интракластами, могут образовывать скопления (интракластовые известняки), но чаще всего они встречаются в виде примеси к биокластическому материалу.

В тех случаях, когда не удастся ту или иную разновидность причислить к известному типу известняка, лучше ограничиться развернутым определением, характеризующим структуру данной породы, например «желваковый водорослевый известняк», «известняк из целых колоний кораллов, опрокинутых и в прижизненном положении», и т. д.

6.2. ИЗУЧЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД В ШЛИФАХ

Изучение в шлифах является главным методом при камеральных исследованиях карбонатных пород и включает: название породы, структуру, текстуру, состав, тип цемента, пористость, включения, вторичные изменения и т. д.

При изучении в шлифах отчетливо видно, что карбонатные породы состоят из различных структурных компонентов. Прежде всего выделяется группа зерен: детрит, комки, оолиты и т. д. Эти компоненты погружены в основную связующую массу (матрикс или базис) различного характера: микрозернистый, сгустковый, шламовый, кристаллический и т. д. Составные части породы описывают отдельно, обычно в порядке уменьшения их пороодообразующей роли.

Описывая биогенные компоненты, отмечают их содержание в процентах, размер, характер остатков (целые раковины или обломки), форму обломков, степень окатанности, сохранность (гранулированность, перекристаллизованность и т. д.), микроструктурные особенности, минералогический состав. Систематическую принадлежность остатков устанавливают, пользуясь атласами и руководствами [Атлас пороодообразующих организмов (известковых и кремниевых), 1973 г.; Атлас текстур и структур осадочных горных пород, 1969 г. Справочное руководство по петрографии осадочных пород, 1958 г.; Швецов М. С., 1958 г.; Фролов В. Т., 1964 г. и др.].

При описании оолитов и онколитов помимо размеров и формы отмечают наличие или отсутствие зародышевого ядра,

его природу, указывают на явления раскалывания и залечивания, характеризуют строение концентров.

В комках и сгустках отмечается четкость внешних ограничений, наличие или отсутствие уплотненной оболочки, форма, микроструктура. Правильная форма (овальная, округлая) наряду с наличием уплотненной оболочки может свидетельствовать о копрогенном происхождении комков. Агрегатная микроструктура их при четких ограничениях характерна для интракластовых образований. Расплывчатые очертания и неправильная форма свидетельствуют о том, что данные комки ложные и являются результатом селективной перекристаллизации первоначально более однородного осадка. Некоторые комки имеют ядра в виде измененных детритовых частиц и представляют собой результат деятельности сверлящих водорослей.

Описание основной связующей массы заключается в характеристике ее состава и микроструктуры: размера и формы зерен, минералогического состава и т. д. Иногда связующую массу называют цементом. По-видимому, это не совсем верно. Истинным цементом зернистых карбонатных пород являются выделения кристаллического кальцита в интерстициях. Однако в результате вторичных процессов основная масса известняков подвергается перекристаллизации. В этом случае разграничить первичную связующую массу и цемент затруднительно и приходится рассматривать их вместе. Но и при этом выявляются диагенетические процессы, чтобы оценить первичные микроструктурные особенности связующей массы, например по реликтам ее в слабо измененных участках.

Изучение вторичных изменений заключается в выяснении признаков перекристаллизации, вторичного дробления, деформации органических остатков, развития стилолитов и пр. Давая название породы, главный акцент делают на состав и соотношения первичных структурных компонентов. Вторичным изменениям придается второстепенная роль, и только в том случае, когда не удастся установить первичную структуру и состав, приходится целиком ориентироваться на ее нынешний характер.

Основные карбонатные минералы (кальцит, доломит, арагонит) можно определить в шлифах по различию в кристаллизационной силе, габитусу, по показателям преломления и двупреломления, отчасти по цвету. Для точного определения оптических свойств карбонатов необходимо изучение их в иммерсии [Татарский В. Б., 1952 г., 1955 г.; Наковник Н. И., 1957 г.]. Самым важным методом диагностики кальцита и доломита в шлифах является окрашивание [Татарский В. Б., 1955 г.; Карбонатные породы, т. II, 1971 г. и др.]. Для этого приготавливают непокрытые или наполовину покрытые шлифы. Если шлиф закрыт, то его слегка подогревают и сдвигают стекло в сторону. Обнаженная часть шлифа осторожно протирается ксилолом или спиртом до полного удаления канадского бальзама.

Наиболее простой метод — это окрашивание фиолетовыми чернилами, подкисленными соляной кислотой. В чернила добавляют по каплям 3—5 %-ный раствор HCl до получения отчетливого синего цвета (сначала окраска становится зеленой). Каплю подкисленных чернил наносят на открытый шлиф на 1,5—2 мин и затем осторожно промокают ее фильтровальной бумагой. Кальцит при этом окрашивается в яркий фиолетовый цвет, а доломит остается бесцветным.

Разработаны методы окрашивания кальцита треххлорным железом и сернистым натрием [Хворова И. В., 1958 г.], ализариновым красным [Кнауэр Э., 1958 г.]; доломита, магнезита и глинистой примеси — щелочным раствором титанового желтого [Пиотровский Г. Л., 1956 г.]; арагонита и кальцита — при помощи азотнокислого кобальта, азотнокислого серебра, сульфатов марганца и серебра [Татарский В. Б., 1955 г.]. Хроматические реакции можно проводить и на крупных образцах. Хорошо проверена, например, реакция с азотнокислой медью [Татарский В. Б., 1955 г.].

Наиболее эффективным и удобным методом различия доломита и кальцита в шлифах является окрашивание их солянокислым раствором красного ализарина [К методике окрашивания. . ., 1972 г.; Патрунов Д. К., 1962 г.]. Реактив для окрашивания готовится следующим образом: 0,61 мл концентрированной HCl (плотность 1,19) доводится дистиллированной водой до объема 100 мл. В этом объеме растворяют 0,1 г красного натриевого ализарина сульфата. Перед погружением в реактив поверхность вскрытого шлифа промывают спиртом, удаляя пыль и бальзам и ополаскивают в дистиллированной воде. Затем шлиф погружают на 30 с в нагретый до 40 °С реактив, осторожно потряхивая чашечку. Шлиф вынимают пинцетом и вновь споласкивают дистиллированной водой. Кальцит окрашивается в красновато-фиолетовый цвет, доломит не окрашивается. Шлифы, окрашенные этим методом, выдерживают длительное хранение.

Большинство хроматических реакций надежно для относительно грубозернистых пород (крупные 0,05 мм), так как в тонкозернистых агрегатах кальцит и доломит реагируют сходным образом. Точность метода удастся повысить, опытным путем подбирая растворы разных концентраций и меняя время травления.

Точное определение количества и состава некарбонатной примеси удастся сделать только в нерастворимом остатке (см. разд. 6.5).

6.3. ОСНОВНЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Химический анализ в применении к карбонатным породам используется на определенный набор компонентов. Валовые анализы проводятся редко. Определяют CaO, MgO,

P_2O_5 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SO_3 ; из отдельных навесок — FeO , MnO , CO_2 , С-органический, S-пиритный и другие компоненты. Данные анализа пересчитывают на простые соли путем перемножения на переводные коэффициенты 1,785; 2,01; 1,611; 1,619 соответственно для CaO , MgO , FeO и MnO (получают содержание $CaCO_3$, $MgCO_3$, $FeCO_3$ и $MnCO_3$). Для контроля и наиболее правильного пересчета желательнее знать содержание CO_2 .

Определение вещественного состава карбонатных пород лучше проводить более простым, дешевым и массовым экспрессным анализом, предложенным А. А. Резниковым и Е. П. Муликовской [1956 г.] и позволяющим с достаточной точностью выявлять количественное соотношение карбонатов кальция и магния. Хорошими диагностическими методами определения карбонатных минералов являются также методы термообъемного и термовесового анализа.

Рентгеновский анализ. Рентгенограммы карбонатов имеют характерные отражения, поэтому минералы определяются однозначно. Изоморфные примеси меняют характер рентгенограммы, но не в сторону приближения ее к рентгенограмме какого-либо другого карбоната. Степень дисперсности исходного материала практически не влияет на результат. Сопутствующие минералы и механические примеси несколько усложняют обработку рентгенограмм, но карбонаты удается определить даже в тех случаях, когда их содержание в пробе 5—10 %.

Если в породе присутствует одновременно несколько карбонатов, то каждый из них дает на дебаеграмме свою серию дужек; по интенсивности дужек можно судить о количественных соотношениях минералов; по относительной интенсивности сильнейших отражений доломита и кальцита, пользуясь калибровочными кривыми, можно определить содержание их в породе. Более удобны для определений и количественной оценки содержания карбонатов дифрактограммы.

Из всего сказанного следует, что рентгенометрическое определение карбонатов является одним из самых надежных.

Электронная микроскопия все больше входит в геологическую практику. Она дает интересные результаты при изучении скрытозернистых разностей карбонатных пород, а также отдельных структурных компонентов пелитоморфного характера — разного рода комков, сгустков, микрофоссилий и т. д. Использование электронной микроскопии в литологии особенно расширяется в связи с разработкой сканирующих микроскопов.

Люминесцентный анализ. Применяется для определения качественного и количественного состава битумов, пропитывающих известняк или доломит. Метод основан на способности природных органических соединений светиться под влиянием ультрафиолетового (или катодного и рентгеновского)

излучения. Материалом для анализа служат образцы массой 100—200 г [Методы изучения осадочных пород, 1957 г.].

Спектральный анализ. Применяется для определения элементов-примесей. Метод чувствительный, достаточно простой, требующий минимум материала (миллиграммы — первые десятки миллиграммов). Большинство элементов может быть определено при их содержании не более 0,01—0,0001 %, а количественные определения удается провести с точностью до 2—7 % от концентрации элемента.

Следует упомянуть некоторые анализы, сами по себе еще недостаточно изученные и в целом пока мало используемые в литологии.

Определение электрокинетических потенциалов карбонатных минералов с целью различить карбонаты органического и неорганического происхождения [Берлин Т. С., Хабаков А. В., 1962 г.]. Данный вопрос пытались решать также при помощи термолюминесцентного анализа [Карбонатные породы, т. II, 1971 г.].

Интересные результаты дает исследование соотношений в карбонатах стабильных изотопов кислорода и углерода $^{18}O/^{16}O$ и $^{13}C/^{12}C$, позволяющих судить о морском или пресноводном генезисе минералов, а также о палеотемпературном режиме осадконакопления [Карбонатные породы, т. II, 1971 г., с. 249; Галимов Э. М., 1968 г. и др.]. К сожалению, анализ требует дорогостоящего и технически сложного оборудования, поэтому используется не очень широко.

6.4. ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ РИФОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Известный опыт геохимического исследования ископаемых органических построек связан с изучением рифовых комплексов [Chester R., 1965 г.; Кузнецов В. Г., Пийп Н. Б., 1974 г.; Кузнецов В. Г., 1978]. Геохимическое изучение рифовых образований при крупномасштабной геологической съемке преследует три основные цели:

- 1) выявление повышенных концентраций, а возможно, и промышленных месторождений полезных ископаемых в рифовых массивах и парагенетически связанных с ними фациях;
- 2) оценка качества этих полезных ископаемых, наличия и концентрации полезных или вредных примесей (например, фосфора и кремния при использовании известняков в качестве флюса);
- 3) установление геохимической специализации рифовых комплексов с целью выделения рифовых и нерифовых образований по геохимическим данным.

Методика работы по первым двум направлениям в общем достаточно известна и подробно излагается в соответствующих

руководствах [Основные принципы и методика радиохимического картирования горных пород, 1969 г.], поэтому остановимся на более специальном и менее изученном вопросе о выделении ископаемых рифов по геохимическим данным. Исследований по этой проблеме пока очень мало, поэтому не отобран оптимальный набор определяемых элементов, отсутствуют и общепринятые методики обработки получаемого материала. Изложенные ниже методические приемы апробированы главным образом при изучении погребенных турнейских рифов Оренбургской области [Кузнецов В. Г., 1969 г., 1978], использованы также опубликованные по этому вопросу работы по другим регионам.

Геохимическое изучение рифов для решения указанных задач включает четыре основных этапа.

1. Отбор проб и проведение анализов. Геохимическая характеристика и достоверное сравнение геохимии разнофациальных отложений возможны только при массовом отборе проб (не менее 30) для каждой разновидности пород. Образцы должны по возможности равномерно характеризовать объем отложений каждой изучаемой фации, представлять все основные типы пород примерно пропорционально их распространенности. Поскольку содержание многих малых элементов зависит от вторичной переработки пород, для правильной интерпретации получаемых данных необходимо отмечать степень вторичной перекристаллизации и доломитизации. Набор определяемых элементов, который позволяет дифференцировать различные фации для каждого региона, а возможно, и стратиграфического комплекса, должен быть установлен эмпирически. С этой целью можно рекомендовать проведение полуквантитативного спектрального анализа, результаты которого дают возможность выявить элементы, обладающие максимальной контрастностью содержаний в разных фациях, и тем самым определить оптимальный комплекс элементов. Последние определяются затем количественными или приближенно-количественными методами. Некоторые элементы можно рекомендовать заранее, исходя из общей геохимии карбонатных пород и имеющегося опыта. К их числу относятся: кальций, магний, стронций, барий, никель, ванадий, хром, медь, может быть кобальт, галлий, свинец и цинк.

Определение содержаний породообразующих компонентов, что важно для установления причин распределения малых элементов, проводится химическим анализом. Для этого целесообразно использовать карбонатный шестикомпонентный анализ с определением н. о., P_2O_5 , CaO , MgO , CO_2 , SO_3 . Для генетических целей желателен также определение органического углерода, форм железа и серы.

2. Сравнительное изучение рифовых и около рифовых пород. Эти исследования проводятся с целью

установления особенностей распределения элементов в различных фациях и выявления геохимической специализации рифов. Геохимическую характеристику отложений различных фаций и их сравнение между собой можно провести рассмотренными ниже простыми способами. Это, естественно, не исключает возможности математического описания распределений, специальных способов сравнения, использования вычислительной техники и т. д. Однако даже простейшие методы могут дать положительный результат. Сравнение отложений различных фаций можно вести по наличию или отсутствию некоторых элементов, частоте их встречаемости (при определенной чувствительности анализа), средним арифметическим, модальным и максимальным значениям. Например, рифовые образования турне Оренбуржья обеднены никелем, ванадием, хромом, медью, стронцием по сравнению с нерифовыми отложениями (рис. 65, табл. 13). Это отмечается по средним арифметическим, модальным (Ni и Sr) и максимальным (V, Cr, Cu) значениям. Графически геохимическую характеристику отложений разных фаций удобно изображать гистограммами распределения (рис. 66), где на оси абсцисс отложены концентрации элементов (в логарифмическом масштабе), а по оси ординат — частота встречаемости (абсолютная или в процентах). Гистограммы позволяют относительно просто определять модальные значения (или модальный интервал) и дают возможность наглядного сравнения геохимии разных фаций.

Кроме сравнения абсолютных содержаний элементов, в ряде случаев хорошие результаты дает сравнение отношений пар элементов. Для турне Оренбуржья удачными оказались отношения V/Cr , Ni/V , $(Cr/Ca) \cdot 100$. Р. Честер [Chester R., 1965 г.] для выделения верхнедевонских рифов Канады использовал отношения Cr/Ni , Ba/Sr , Ni/V . При анализе солянокислотных вытяжек неплохие результаты дали отношения Ni/CO , Cr/V , Pb/Ga , Cu/Co .

Можно предполагать, и это хорошо подтверждается практически, что рифовые образования по геохимической характеристике в наибольшей степени отличаются от нерифовых, если рифы значительно возвышаются над межрифовыми, относительно глубоководными отложениями. Это вполне естественно, так как в этом случае имеются значительные литологические

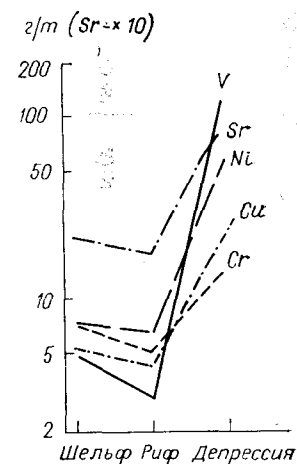


Рис. 65. Распределение средних содержаний элементов по основным типам фаций (В. Г. Кузнецов).

Фация	Показатели	Элементы					Отношения средних значений пар элементов		
		Ni	V	Cr	Sr	Cu	V/Cr	Ni/V	(Sr/Ca) · 1000
Шельфовые	Число анализов Встречаемость, % Пределы колебаний Среднее арифметическое	51	51	51	41	51	—	—	—
		100 <5—21 7,9	100 <3—32 5,3	100 <5—35 7,2	100 <30—700 220	100 2—21 5,6	0,2—6,4 0,74	0,2—15 1,49	0,27—1,84 0,75
Рифовые	Число анализов Встречаемость, % Пределы колебаний Среднее арифметическое	44	44	44	40	44	—	—	—
		98,0 0—26 6,9	95,5 0—25 3,2	95,5 0—10 5,3	100 <30—1000 180	100 2—13 4,5	0,17—4,17 0,6	0,6—14 2,16	0,1—1,84 0,91
Депрессионные	Число анализов Встречаемость, % Пределы колебаний Среднее арифметическое	78	78	78	30	78	—	—	—
		100 <5—100 58,3	100 <3—1200 114	100 <5—50 14,2	100 160—2800 970	100 2—130 23,8	0,16—32,9 8,03	0,1—6,3 0,51	4,5—10,6 7,6
Отношения средних значений содержащий в фациях	Депрессионная/рифовая Шельфовая/рифовая	8,5	35,7	2,7	5,4	5,3	—	—	—
		1,15	1,66	1,36	1,22	1,25	—	—	—

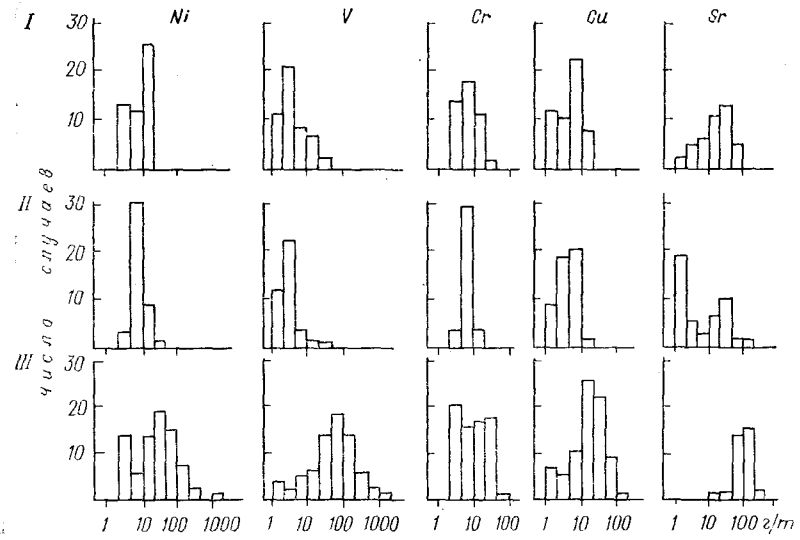


Рис. 66. Гистограмма распределения элементов в различных фациях отложений Оренбургской области (В. Г. Кузнецов).

Фации: I — зарифовые, II — рифовые, III — депрессионные.

различия: рифы, как правило, сложены чистыми карбонатными породами, в то время как окружающие их депрессионные отложения более глинисты, нередко кремнисты и битуминозны. Именно такой случай рассмотрен Р. Честером в Канаде, где получены хорошие результаты. Если первичное возвышение рифов над дном окружающего бассейна невелико, то, как правило, близка и их геохимическая характеристика. В случае асимметричных рифовых систем геохимические отличия рифовых образований от предрифовых относительно глубоководных отложений весьма существенны. Отличия от зарифовых мелководных отложений будут заметны при терригенном или сульфатно-карбонатном составе последних. Если же зарифовые фации представлены морскими карбонатными породами, состав и содержание элементов в них близки рифовым. Именно такой случай отмечен в турне Оренбуржья, где депрессионные фации значительно обогащены изученными элементами по сравнению с рифовыми (от 2,7 раза для хрома, до 37,7 раза для ванадия), в то время как содержания элементов в зарифовых (шельфовых) фациях лишь в 1,15—1,66 раза выше, чем в рифовых (табл. 13).

3. Интерпретация причин различного распределения элементов. После изучения особенностей распределения элементов по фациям следует выяснить их причины. Выяснение условий накопления элементов в осадках тех или иных фаций основывается на знании геохимии этих элементов, геохимических условиях осадконакопления и диагенеза,

на связях их с возможными осадителями (глинистым или органическим веществом, гидроокислами или сульфидами металлов и т. д.). Не останавливаясь подробно на имеющемся фактическом материале и обосновании выводов, отметим, что повышенные содержания ванадия в депрессионных фациях турне определяются генетической связью его с органическим веществом, никеля и меди — с органическим веществом и нерастворимым остатком, хрома — с нерастворимым остатком, стронция — со специфическим составом организмов — концентраторов этого элемента [Кузнецов В. Г., Пийл Н. Б., 1974 г.]. Подобные причины обуславливают обычно повышенные концентрации элементов в депрессионных фациях и в других случаях.

Меньшие концентрации элементов в рифах относительно мелководных зарифовых отложений определяются главным образом выносом их при вторичной перекристаллизации и особенно доломитизации известняков. Дело в том, что в неизмененных или слабо затронутых вторичными процессами известняках рифовых и шельфовых фаций средние содержания элементов практически одинаковы (никеля — 8,6 и 7,9 соответственно, ванадия — 4,9 и 5,2, хрома — 5,4 и 5,3, меди — 4,4 и 5,1 г/т). Концентрации же элементов в доломитизированных известняках и вторичных доломитах рифовых сооружений ниже, чем в аналогичных породах шельфовых фаций. Для никеля эти значения равны соответственно 5,9 и 8,0, ванадия — 2,4 и 5,4, хрома — 4,6 и 6,4, меди — 5,1 и 10,8 г/т. Своеобразно поведение стронция. В рифовых известняках его содержание больше, чем в шельфовых (420 против 270 г/т). В современных рифах его также больше, чем во внерифовых осадках. Во вторично измененных известняках и доломитах соотношения обратные — 76 и 120 г/т. Уменьшение содержания элементов в рифах, вероятно, является следствием того, что первично пористые рифы являются более открытой системой, чем слоистые шельфовые отложения, и легче промываются пластовыми водами. Это ведет, во-первых, к более значительной переработке первичных пород, а во-вторых, к растворению и выносу ряда элементов. Высокая геохимическая подвижность стронция даже приводит к бимодальности гистограммы его распределения.

Приведенные данные показывают, что при попытке выделения рифов по геохимическим данным не всегда достаточно сравнение валовых значений или двух совокупностей, характеризующих рифовые и нерифовые фации в целом. Положительный результат нередко дает сравнение и однотипных пород разных фаций.

4. Критерии разделения рифовых и нерифовых фаций. После установления геохимических особенностей различных отложений следует выявить определенные критерии для последующего разделения фаций. Если для какой-либо фации установлены отличные от других параметры рас-

пределения, то их можно использовать для выделения этой фации. В рассматриваемом случае, например, только в рифах отмечается бимодальное распределение стронция. В более общем случае на основе средних содержаний и модальных значений необходимо установить пороговые или разделительные концентрации. Для выделения депрессионных фаций пороговые концентрации устанавливались, во-первых, с учетом модальных значений, поскольку моды распределения в них, как правило, выше, чем в других фациях, и, во-вторых, на основании высоких концентраций, которые типичны для этих отложений, но практически отсутствуют в других фациях. Разделительными значениями между шельфовыми мелководными и рифовыми фациями обычно выбиралось значение, промежуточное между средними арифметическими содержаниями в соответствующих фациях. Аналогичным образом устанавливались разделительные значения отношений пар элементов.

Таблица 14

Частота встречаемости проб с различными разделительными концентрациями и величинами отношений пар элементов в отложениях различных фаций (В. Г. Кузнецов)

Разделительные значения концентраций элементов, г/т, и отношений пар элементов		Частота встречаемости в фациях (%)		
		зарифовых	рифовых	депрессионных
Ni	≤7	47,0	70,5	19,3
	>25	0	2,3	55,2
V	≤4	64,7	88,7	6,4
	>25	2,0	2,3	73,1
Cr	≤6	74,0	91,0	41,0
Cu	≤5	35,3	63,6	19,3
	>10	13,7	2,3	73,1
	>25	0	0	37,2
Sr	≤100	29,3	52,5	0
	≤200	46,3	67,5	3,3
	≤500	87,8	90,0	6,7
	>1000	0	5,0	50,0
V/Cr	≤1	70,6	90,0	7,7
	>7	0	0	39,0
(Sr/Ca) · 1000	≤2	100	100	0
	Ni/V	≤2	44,7	62,1

Для оценки значимости выделенных пороговых значений подсчитывалось, в скольких процентах образцов каждой фации содержания ниже или выше этого порогового значения (табл. 14). Например, содержания ванадия 4 г/т встречаются в депрессионных фациях в виде исключения (6,4 % образцов), в то время как в рифах они составляют основной фон (88,7 %).

Напротив, высокие концентрации (>25 г/т) практически не встречаются в шельфовых и рифовых породах (2,0—2,3 %), а в депрессионных фациях встречены в 73,1 % случаев. Можно добавить, что концентрации этого элемента свыше 40 г/т встречены только в депрессионных фациях, причем содержатся в более чем 60 % анализированных проб.

Для выделения депрессионных фаций в турнейских отложениях оптимальным оказалось использование ванадия, стронция (при разделительных концентрациях, равных 20 и 500 г/т), V/Cr и Sr/Ca отношений, а также максимальных содержаний Ni и Cu. Как и следовало ожидать, различия между рифовыми и мелководными зарифовыми отложениями менее существенны. Наиболее подходящими для разделения оказались Cu, Ni, в меньшей степени — V, Sr (при разделительных концентрациях 100 и 200 г/т) и Ni/V отношение.

Попытка выделить отдельные фации на основе установленных критериев оказалась достаточно удачной: депрессионные фации определены правильно в 85,7 % случаев, рифовые — в 83,4 %. Сложным оказалось установление зарифовых фаций: правильное однозначное определение отмечено лишь в 28,6 % случаев, столько же определений оказалось неправильными, остальные неопределенными.

Кроме количественных критериев, какими являются значения разделительных концентраций для совокупности в целом, могут быть использованы и некоторые качественные прикидки. В частности, как отмечалось выше, могут сравниваться содержания элементов в однотипных породах разных фаций. Для других случаев, вероятно, могут быть найдены свои особенности.

Приведенные примеры, а также ряд имеющихся в настоящее время работ аналогичного плана показывают принципиальную возможность геохимического разделения рифовых и нерифовых фаций, в том числе и при крупномасштабном геологическом картировании.

6.5. КОРРЕЛЯЦИЯ ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЕК С ВМЕЩАЮЩИМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ ПО ТЕРРИГЕННЫМ МИНЕРАЛАМ

Расчленение массивных известняков, слагающих тела ископаемых построек, и корреляцию их с вмещающими слоистыми отложениями выполнить литологическими и палеонтологическими методами в ряде случаев не представляется возможным. Для этих целей может быть использован минералогический метод, основанный на изучении ассоциаций терригенных минералов из нерастворимых остатков карбонатных пород, который применяется обычно при изучении немых терригенных толщ [Саркисян С. Г., 1958 г.]. Возможности использования

этого метода были показаны специальными исследованиями на примере изучения нижнекембрийских органогенных построек Алтае-Саянской складчатой области [Задорожная Н. М., Новоселова Л. Н., 1975].

6.5.1. ОТБОР И ПОДГОТОВКА ПРОБ К АНАЛИЗУ

Для расчленения толщ массивных известняков и корреляции разнофациальных карбонатных отложений по терригенным минералам в серии разрезов отбираются минералогические пробы через интервалы 20—30, максимум 50 м. Результаты изучения терригенных минералов сопоставляются последовательно от разреза к разрезу с целью выявления сходных минералогических ассоциаций, приуроченных к определенным стратиграфическим уровням.

Методика извлечения и обработки терригенных минералов из карбонатных пород имеет некоторую специфику и включает ряд последовательных операций.

1. Проба дробится до размерности 0,5—1 мм. Эта размерность наиболее удобна, так как большой размер частиц увеличивает время растворения карбонатной составляющей, меньшей — может вызвать передробление терригенной примеси.

Масса пробы зависит от процента нерастворимого остатка и составляет от 100 г при 40 % до 1500 г при 2—3 %.

2. Карбонатная часть пробы растворяется в десятикратном объеме 5 %-ной соляной кислоты без нагревания в течение 18—20 ч. При этой концентрации неустойчивые к кислотам минералы (апатит, монацит, оливин и др.) полностью сохраняются. Время растворения можно сократить до 10—15 мин для чистого известняка и до 3 ч для доломита, если применить электромешалку. Использование электромешалки позволяет также снизить концентрацию соляной кислоты до 2,5 %, что имеет значение для сохранения состава глинистой фракции.

3. После растворения остаток отмывается от кислоты и высушивается.

4. Из остатка отмучивается глинистая фракция, результаты изучения которой могут быть использованы для геохимических и палеогеографических построений.

5. Терригенная часть нерастворимого остатка рассеивается на сите 0,1 мм и каждый размерный класс делится бромформом на легкую и тяжелую фракции. Отсев класса $>0,25$ мм до деления в бромформе практически не требуется,* так как количество крупного материала невелико, кроме того, обломки, встречающиеся в классе — 0,5+0,25 мм, могут быть полезны для реконструкции состава пород в областях питающих провинций.

* Материал класса $>0,25$ мм отсеивается уже после выделения тяжелой фракции.

6. Тяжелая фракция делится на электромагните (или магните Сочнева) на немагнитную, электромагнитную и магнитную фракции.

7. Затем фракции просматриваются с целью выяснения состава и количества в них аутигенных минералов, среди которых могут присутствовать: пирит, лимонит, барит, анатаз, халькопирит, борнит, галенит, аурипигмент, флюорит, гетит, лимонит, диаспор, брукит, окислы марганца, целестин, фосфаты, глаукоцит. В случае значительного преобладания аутигенных минералов необходимо от них избавиться, выполняя это дифференцированно. При преобладании устойчивых к кислотам минералов и при наличии аутигенных пирита и лимонита используется общепринятая методика растворения пирита 10 %-ной азотной кислотой и лимонита 10 %-ной соляной кислотой [Логвиненко Н. В., 1957 г.]. Барит, анатаз удаляются механическим способом. Для выделения пирита и барита может быть использован метод магнитогидростатической (МГС) сепарации [Фролова А. А., 1972 г.].

При количествах аутигенных минералов, сопоставимых с терригенными, их исключают из результатов минералогического анализа путем пересчетов.

8. После удаления аутигенных минералов все выделенные классы и фракции взвешиваются на аналитических весах и подсчитывается их процентное содержание на пробу.

9. Для целей расчленения и корреляции известняков используются тяжелые фракции, изучение которых проводится по методу полного количественного анализа путем подсчета и определения 500 зерен на пробу пропорционально массе размерных классов и фракций [Кухаренко А. А., 1957 г.]. Корреляция проводится по минеральным ассоциациям определенных минералов. Для этих целей нередко приходится проводить более детальные определения разновидностей минеральных групп.

10. Анализ легкой фракции (песчаной и алевритовой) выполняется иммерсионным методом. Полученные результаты служат дополнительным материалом к выводам по тяжелым фракциям, а также помогают восстанавливать состав пород питающих провинций.

11. Для расчленения и корреляции карбонатных отложений может использоваться также изменение по разрезам размерности терригенного материала и выходов тяжелых фракций в граммах на тонну. Анализ подобных графиков нередко выявляет ритмичность в распределении терригенного материала и может способствовать ритмостратиграфическим построениям в монотонных толщах массивных известняков.

12. При систематизации результатов минералогических анализов желательно использовать математическую обработку материалов по методу главных компонент [Харман Г. Г., 1972 г.; Дуденко Л. Н., 1977 г., и др.], которая позволяет наглядно

представить всю совокупность анализов полученных ассоциаций, сделать достоверные выводы относительно распределения минералов внутри массива и их взаимосвязей (см. 6.5.2).

6.5.2. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА

Этот метод был применен при картировании отложений с органогенными постройками в двух разобренных районах Алтае-Саянской области. Изучение комплекса терригенных ассоциаций способствовало решению конкретных геологических задач, однозначный ответ на которые не мог быть получен другими способами.

Батеневский кряж, богградский участок

Находится в центральной части Алтае-Саянской области, в районе пос. Боград. Карбонатные отложения нижнего кембрия слагают здесь крупную синклиналиную структуру, при картировании которой был выявлен маркирующий горизонт пластовых строматолитов. На основании взаимоотношений строматолитовой пачки с подстилающими отложениями был сделан вывод о разнофациальном строении крыльев синклинали и о фациальном замещении биогермных археоциато-водорослевых известняков юго-восточного крыла на слоистые, известково-доломитовые лагунные отложения на северо-западном крыле данной структуры [Задорожная Н. М., Новоселова Л. Н., 1975]. Ранее эти отложения рассматривались как разновозрастные. Для доказательства их одновозрастности были использованы анализы тяжелых фракций из нерастворимых остатков, полученные по разрезам северо-западного и юго-восточного крыла богградской синклинали (рис. 67). Было изучено 70 минералогических проб, в которых обнаружен комплекс терригенных минералов более 60 наименований. Среди них выделена группа ведущих и характерных минералов. Содержание каждого из ведущих минералов больше 10 %, а в сумме они составляют 60—90 % состава пробы (роговая обманка, эденит, титан-авгит, диопсид, альмандин, ильменит, магнетит). Характерные минералы составляют менее 10 %, но они связаны с определенными генетическими комплексами и важны для сопоставлений (циркон, рутил, ставролит, дистен, цоизит, гиперстен, оливин, хромит, эгирин-диопсид, гаслингит, гроссуляр-андрадит, сфен, апатит).

По минеральным ассоциациям в рассмотренных разрезах установлено три маркирующих минералогических горизонта, которые позволяют коррелировать разрезы (рис. 67). I маркирующий горизонт выделен для самых нижних частей разрезов, относимых к верхнему докембрию (пробы 339, 170-1, РТ-1-6, рис. 67). Он характеризуется повышенным содержанием цир-

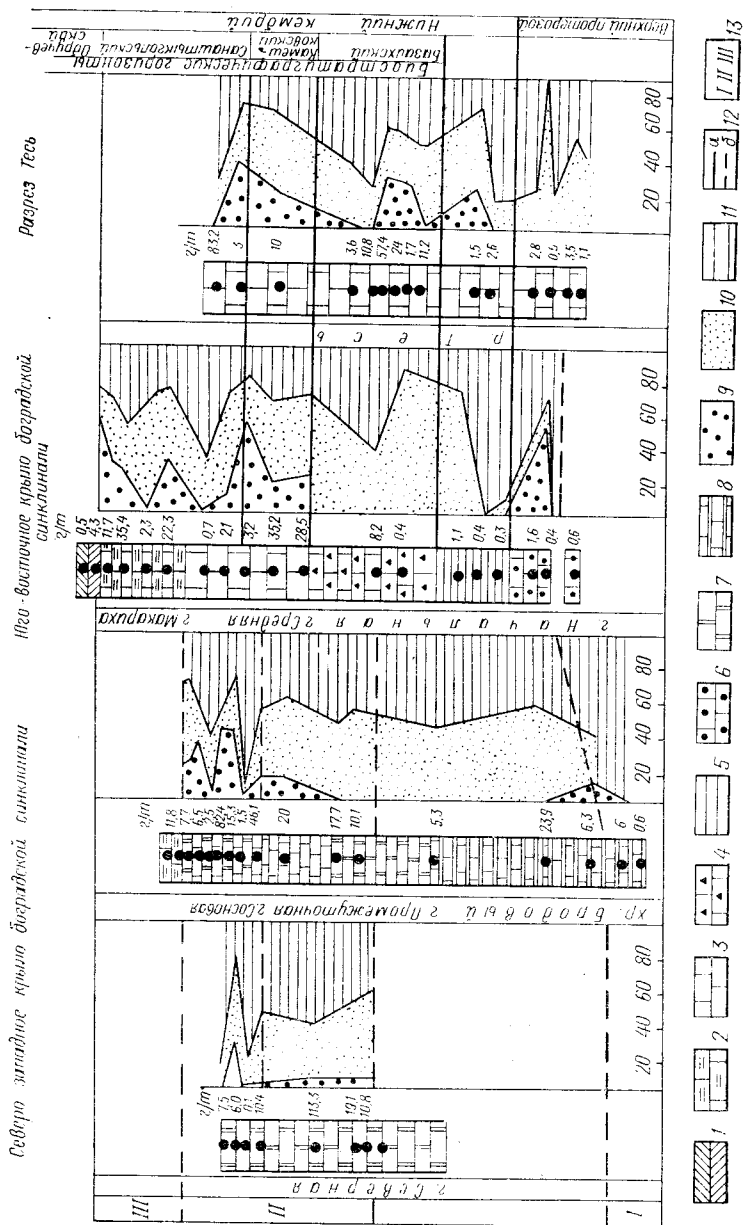


Рис. 67. Схема корреляции разрезов биогермных массивных и слоистых лагунных отложений по терригенным минералам. Нижний кембрий, пос. Боград, Алтае-Саянская область (Н. М. Задорожная, Л. Н. Новоселова).
 1 — черные известняки, доломиты; 2 — пластовые строматолиты, литологический маркирующий горизонт; 3 — белые массивные, биогермные известняки; 4 — черные, брекчиевые известняки, кремнистые сланцы; 5 — светло-серые, плитчатые известняки; 6 — светло-серые, плитчатые известняки с кремнистыми прослоями; 7 — темно-серые плитчатые известняки; 8 — черные, плитчатые известняки с кремнистыми прослоями; 9 — 11 — размерность терригенного материала, мм: 9 — 0,25; 10 — (-0,25 ± 0,1); 11 — (-0,1); 12 — линия сопоставления разрезов; а — по органическим остаткам; б — по терригенным минералам; в — по минералогические маркирующие горизонты.

кона (12—14 %), а также присутствием шерла и др. II маркирующий горизонт устанавливается по общей альмандин-эденит-титан-авгитовой ассоциации и ряду общих характерных минералов: ставролит, дистен, рутил. Он хорошо прослеживается в разрезах северо-западного и юго-восточного крыльев синклинали и соответствует средней части нижнего кембрия. III маркирующий горизонт совпадает с литологическим маркирующим горизонтом строматолитовых известняков. Характерно для него повышенное содержание титан-авгита, эденита, альмандина и дистена.

По данным минералогическим горизонтам были сопоставлены удаленные на несколько километров разнофациальные разрезы известково-доломитовых лагунных отложений (северо-западное крыло синклинали) и толщи археоциато-водорослевых массивных биогермных известняков (юго-восточное крыло). Для подтверждения проведенной корреляции использовались также изменения по разрезам размерности терригенного материала и выходов тяжелых фракций в граммах на тонну (рис. 67), которые происходят синхронно.

Восточный Саян, базаихский участок

Метод минералогической корреляции был использован также при изучении нижнекембрийских отложений по р. Базаихе, вблизи г. Красноярска. Здесь выделяются следующие литологические комплексы: анастасьинская свита (зеленые песчаники, алевролиты), калтатская свита (зеленовато-серые мергели, доломиты, известняки); торгашинские археоциато-водорослевые массивные известняки, слагающие крупное (12 × 6 км) линзовидное тело; базаихская пачка (красноцветные брекчии, песчаные и брекчиевые известняки). Относительно взаимоотношений указанных свит существуют принципиальные разногласия. Одни считают, что торгашинские известняки с базаихской пачкой залегают с несогласием на отложениях анастасьинской свит [Коптев И. И., 1961 г.; Предтеченский А. А., 1967 г.]; другие — что между ними существуют постепенные переходы [Хоментовский В. В., Семихатов М. А., Репина Л. Н., 1960 г.]. По мнению Н. М. Задорожной, торгашинские известняки вместе с отложениями базаихской пачки и калтатской свиты представляют собой полифациальный рифовый комплекс, в котором известняки замещаются отложениями базаихской пачки и калтатской свиты [Задорожная Н. М., 1974]. Эти выводы, полученные на основании геологических данных, были подтверждены минералогическим методом, выполненным Л. Н. Новоселовой.

По южному склону Торгашинского хребта проведено минералогическое опробование всех названных выше свит. Всего отобрано 114 проб из 15 параллельных разрезов (рис. 68).

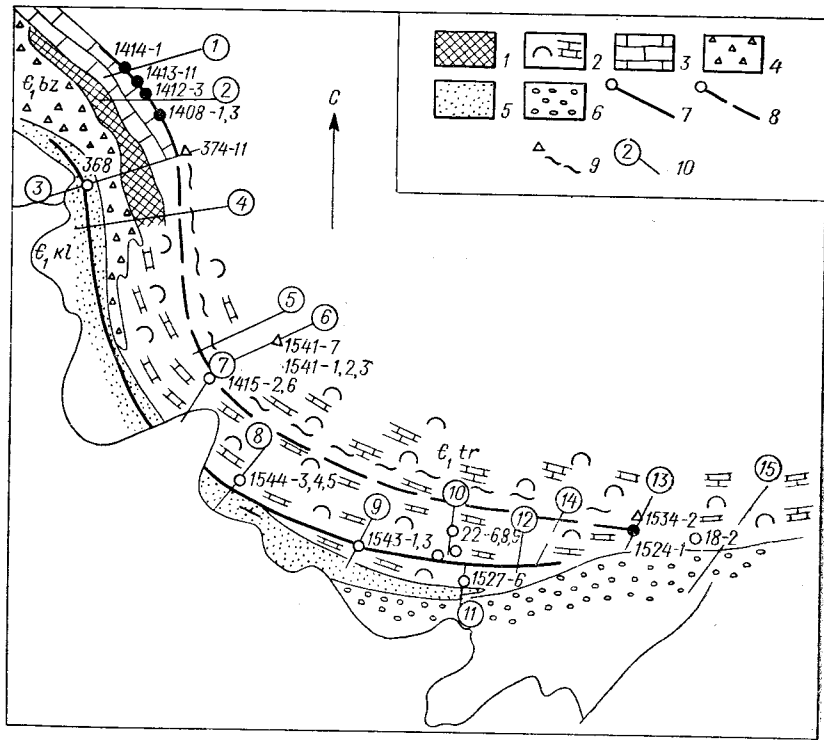


Рис. 68. Схема размещения маркирующих минералогических горизонтов в основании торгашинского рифового массива, Восточный Саян, р. Базайха. Нижний кембрий (Н. М. Задорожная, Л. Н. Новоселова).

1-5 — нижнекембрийские отложения; 1-4 — торгашинская свита: 1 — водорослевые известняки (фаши рифового ядра), 2 — биогермные массивы с карманами плитчатых известняков (фаши подводной отмели и рифового плато), 3 — грубоплитчатые, детритовые известняки (шельфовые фаши), 4 — базайхская пачка (брекчин, гравеляты, отдельные биогермы — фаши прибрежного мелководья); 5 — калатаская свита, известняки, доломиты, брекчин (фаши зарифовой лагуны); 6 — анastasьинская свита (граувакковые песчаники); 7-9 — маркирующие минералогические горизонты и точки взятия минералогических проб: 7 — хромит лейкоксеновый, 8 — роговообманковый, 9 — андалузитовый; 10 — разрезы, по которым отобраны минералогические пробы.

В составе тяжелой фракции выделена группа из 12 минералов (мартит, лейкоксен, хромит, роговая обманка, авгит, альмандин, магнетит, рутил, циркон, турмалин, диопсид и эпидот), суммарное содержание которых составляет от 81 до 98%. Ряд минералов (корунд, оливин, бронзит, хлоритоид) характеризуют определенные стратиграфические уровни и составляют в отдельных пробах от 5 до 20%. Кроме того, обнаружены еще редкие минералы и обломки пород, важные для определения состава пород питающих провинций и корреляции: топаз, монацит, ксенотим, ортит, эгирин, эгирин-диопсид, перовскит, шорломит, дистен, силлиманит, ставролит, андалузит, родонит, антофиллит, куммингтонит-грюнерит, волластонит, пренит, гроссуляр-андрадит, базальтическая роговая

обманка, актинолит, пумпелинит, биотит, сфен, апатит, аксинит, сульфиды, а также обломки кварца, переполненные гематитом, андалузитом и турмалином.

Легкие фракции составляют более 95% от общей массы терригенных комплексов. В них преобладает кварц, присутствуют: К—Na полевой шпат, альбит, средний и основной плагиоклаз, слюда, хлорит, опал, флюорит.

С целью выявления закономерностей распределения основных минералов из нерастворимых остатков карбонатных пород торгашинского рифового комплекса была проведена статистическая обработка результатов минералогического анализа тяжелых фракций по методу главных компонент на ЭВМ «Минск-22».

Данные минералогических анализов по 12 наиболее значимым и общим для всех стратиграфических подразделений минералам были объединены в одну совокупность. Минералогические анализы каждого стратиграфического подразделения наносились на компонентную диаграмму своим знаком с учетом особенностей конкретных свит в координатах главных компонент (рис. 69).

В направлении I компоненты ($\omega=29\%$)* увеличение количества авгита, магнетита, диопсида, эпидота (базитовая ассоциация минералов) сопровождается уменьшением циркона, рутила, турмалина, лейкоксена, хромита. В направлении II компоненты ($\omega=15\%$) рост базитовой составляющей, в меньшей степени рутила, хромита и циркона согласован с уменьшением мартита. III компонента ($\omega=11\%$) отражает главным образом вариации количества альмандина (высокая компонентная нагрузка), увеличение которого (в меньшей степени эпидота и роговой обманки) связано с некоторым уменьшением количества мартита, хромита. IV компонента ($\omega=10\%$) показывает увеличение содержания роговой обманки и уменьшение эпидота, в меньшей мере альмандина и мартита.

Всем пробам присущ общий спектр минералов, но по количественным вариациям каждая свита имеет свои характерные особенности.

В пробах анastasьинской свиты (разрезы 11 и 15) определяется лейкоксен-альмандиновая ассоциация с заметным количеством эпидота (среднее содержание 12%), циркона, турмалина и рутила. Состав легких фракций отличается минимальным средним содержанием кварца и максимальным — альбита, а также присутствием небольших количеств (до 3% в алевролите) хлорита.

Песчаники анastasьинской свиты по содержанию базитовой (рис. 69, а, поле 4) и роговообманковой (рис. 69, в,

* Доля компоненты в суммарной изменчивости совокупности.

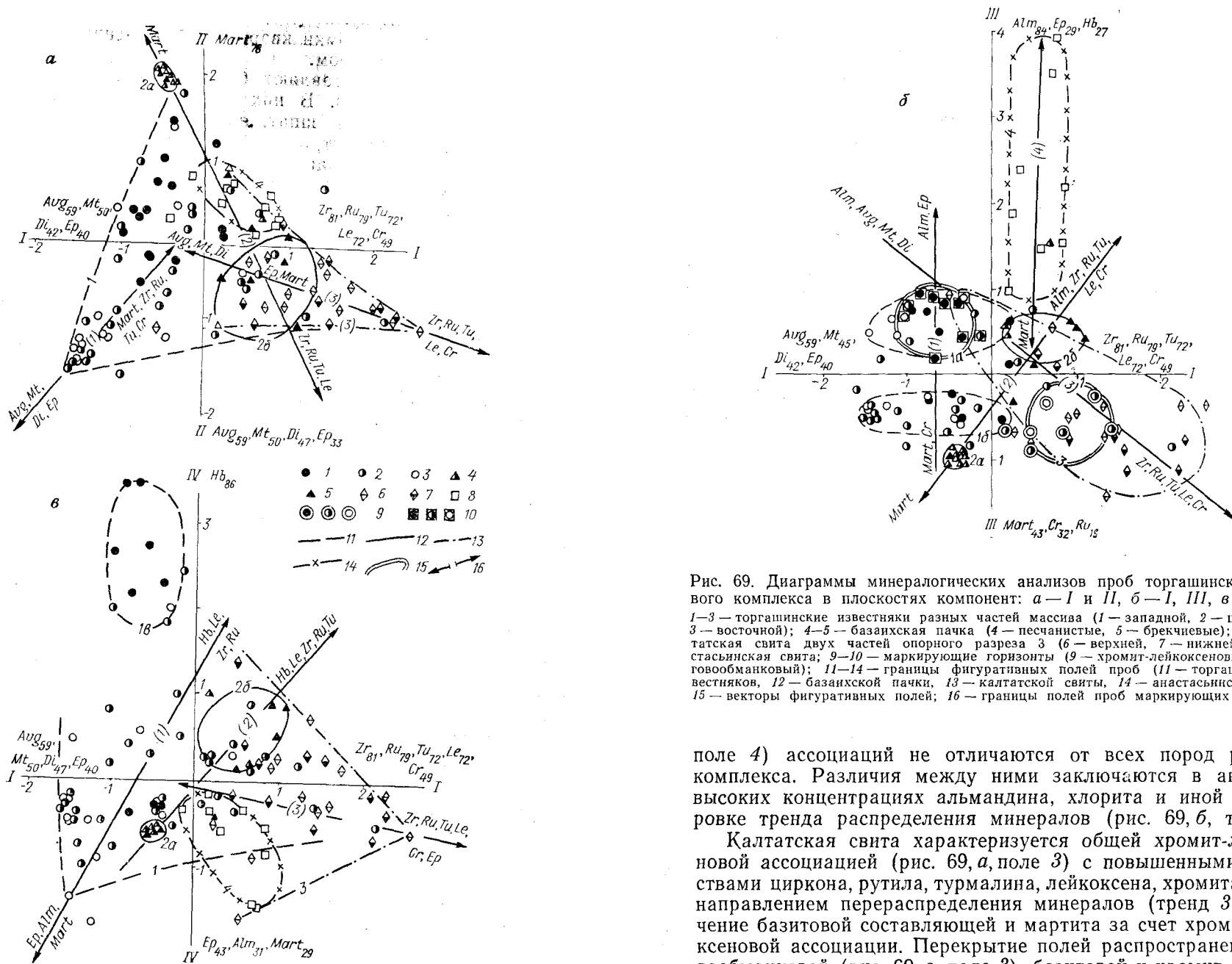


Рис. 69. Диаграммы минералогических анализов проб торгашинского рифового комплекса в плоскостях компонент: а—I и II, б—I, III, в—I и IV. 1—3 — торгашинские известняки разных частей массива (1 — западной, 2 — центральной, 3 — восточной); 4—5 — базальтовая пачка (4 — песчаные, 5 — брекчиевые); 6—7 — калтатская свита двух частей опорного разреза 3 (6 — верхней, 7 — нижней); 8 — анастасьинская свита; 9—10 — маркирующие горизонты (9 — хромит-лейкоксеновый, 10 — роговообманковый); 11—14 — границы фигуративных полей проб (11 — торгашинских известняков, 12 — базальтовой пачки, 13 — калтатской свиты, 14 — анастасьинской свиты); 15 — векторы фигуративных полей; 16 — границы полей проб маркирующих горизонтов.

поле 4) ассоциаций не отличаются от всех пород рифового комплекса. Различия между ними заключаются в аномально высоких концентрациях алмадина, хлорита и иной ориентировке тренда распределения минералов (рис. 69, б, тренд 4).

Калтатская свита характеризуется общей хромит-лейкоксеновой ассоциацией (рис. 69, а, поле 3) с повышенными количествами циркона, рутила, турмалина, лейкоксена, хромита и иным направлением перераспределения минералов (тренд 3): увеличение базитовой составляющей и мартита за счет хромит-лейкоксеновой ассоциации. Перекрытие полей распространения роговообманковой (рис. 69, в, поле 3), базитовой и хромит-лейкоксеновой ассоциаций (рис. 69, а, поле 3), так же как и увеличение изменчивости состава тяжелых фракций верхов калтатской

свиты в направлении, типичном для торгашинской, свидетельствуют о постепенных переходах между ними. Верхняя часть свиты характеризуется более низким содержанием хромита, роговой обманки, альбита и более высоким — лейкоксена, авгита, алмаنديна, магнетита, эпидота, К—Na полевого шпата.

Минеральный состав тяжелых фракций базальской пачки зависит от фациальных особенностей пород. В песчаных известняках (разрезы 3 и 4, рис. 69) фиксируется мартитовая ассоциация при незначительной примеси других минералов. В брекчиевых известняках (разрезы 1—2) определена лейкоксеновая ассоциация с повышенным содержанием циркона и примесью роговой обманки, алмаنديна, авгита, диопсида. В одной пробе брекчиевых известняков (разрез 4) устанавливается смешанная лейкоксен-мартитовая ассоциация. Таким образом, в базальской пачке присутствует две фациально разобщенные ассоциации: мартитовая и лейкоксеновая (рис. 69, а—в, поле 2а, 2б). По легким фракциям выделяется нижняя часть пачки с повышенным содержанием К—Na полевого шпата (аналогичным для верхней части калтатской свиты) и альбита.

Выходы торгашинских известняков протягиваются вдоль р. Базаихи на 10 км. По минеральному составу терригенных комплексов пробы из торгашинских известняков подразделяются на три группы, связанные с их местоположением в массиве (рис. 69): западная (разрезы 1—4), центральная (разрезы 5—10) и восточная части массива (разрезы 11—15). В связи со смещением литологической границы торгашинских известняков снизу вверх по разрезу (с востока на запад) в более западных выходах вскрываются последовательно стратиграфически более высокие горизонты [Задорожная Н. М., Журавлева И. Т., Репина Л. Н., 1972]. В опорном разрезе 3 (западная часть массива) снизу вверх отмечается следующая смена минералогических ассоциаций: лейкоксен-мартитовая с заметным количеством турмалина (6%), лейкоксен-роговообманково-пироксеновая, андалузитовая. Легкие фракции характеризуются высокими содержаниями К—Na полевого шпата, слюды и низкими — альбита и среднего плагиоклаза.

С запада на восток в торгашинских известняках наблюдается смена мартитовой, лейкоксеновой и роговообманковой ассоциаций на базальскую (авгит, магнетит, диопсид, эпидот, иногда хромит, хлорит, оливин, ромбический пироксен, ильменит). В 10 пробах центральной и восточной частей массива обнаружена хромит-лейкоксеновая ассоциация, типичная для отложений калтатской свиты (рис. 69). Для восточной и центральной частей массива распределение минералов ориентировано в направлении тренда 1 (рис. 69, а, поле 1): увеличение мартита, циркона, рутила, турмалина, лейкоксена, хромита за счет авгита, магнетита, диопсида, эпидота. Для западных частей, кроме указанного распределения, проявляются вариации в направлении

увеличения лейкоксена, циркона, рутила, турмалина, хромита за счет мартита (рис. 69, тренд 2). Перекрывание полей распространения типичных минеральных ассоциаций: хромит-лейкоксеновой, мартитовой и базальской с постепенными переходами между ними (рис. 69, а—в, поля 1, 3) — свидетельствует об общности ассоциаций минералов терригенного комплекса калтатской свиты и торгашинских известняков.

Проследивая выявленные ассоциации от разреза к разрезу по всему массиву, удалось выявить снизу вверх 3 минералогических маркирующих горизонта: первый — с хромит-лейкоксеновой ассоциацией, свойственной калтатской свите, который прослеживается в центральной и восточной частях торгашинских известняков в разрезах 8 (пр. 1544-3, 4), 9 (пр. 1543-1, 3), 10 (пр. 22-6, 8), 11 (пр. 1527-6). Второй — с роговообманковой ассоциацией (среднее содержание роговой обманки 43%) отмечается в разрезах: 1 (пр. 1414-1, 1412-3, 1413-11), 2 (пр. 1408-1, 3), 7 (пр. 1415-2, 6), 13 (пр. 1534-1). Третий горизонт — андалузитовый (количество обломков кварца с андалузитом в пробах варьирует от 11 до 40%) представлен в разрезах 6 (пр. 1541-7) и 13 (пр. 1534-2). Второй и третий горизонты проходят только в торгашинских известняках. Изометричность и локальность распространения проб первого и второго маркирующих горизонтов на компонентных диаграммах (рис. 69, б) свидетельствует об устойчивости выделенных ассоциаций вне зависимости от дисперсности системы.

Таким образом, общий для калтатской свиты и торгашинских известняков хромит-лейкоксеновый маркирующий горизонт подтвердил выводы о фациальном замещении лагунных фаций калтатской свиты торгашинскими рифовыми известняками. В целом анализ приведенного материала позволил объединить калтатскую свиту, базальскую пачку и торгашинские известняки в единый генетический комплекс. Обособленность анастасьинской свиты подтверждается дискретностью проб по алмадину и хлориту, а также отсутствием проб переходного состава между лейкоксен-алмандиновой (с хлоритом) и базальской ассоциациями.

НЕКОТОРЫЕ ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЕК В РАЗНОТИПНЫХ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ БАСЕЙНАХ

Для успешной реконструкции среды образования картируемых органогенных построек и прогнозирования месторождений полезных ископаемых, приуроченных к ним, необходимо выявлять закономерности их распространения и приуроченность к определенным фаціальным комплексам. Органогенные постройки связаны главным образом с карбонатными формациями, сочетание которых с отложениями других типов может быть многовариантным. Они известны практически во всех рядах морских формаций аридных и гумидных тропических обстановок в платформенных и геосинклинальных областях с крайне широкой амплитудой возможных условий среды их развития [Крашенинников Г. Ф., 1975]. Результатом этого является большое фаціальное, экологическое и морфологическое разнообразие построек и их более сложных сооружений [Ископаемые рифы..., 1968; Ископаемые органогенные постройки..., 1975; Литология..., 1975; Кузнецов В. Г., 1978; Журавлева И. Т., Мягкова Е. И., 1979, и др.].

Как уже упоминалось выше (см. разд. 1.2.1, 1.2.2.4), для обозначения любых типов построек традиционно нередко используется термин «риф» независимо от размеров, сложности строения и приуроченности к формационным типам отложений. В этой ситуации особенно полезно знать, в каких же типах палеобассейнов могли формироваться крупные рифовые сооружения, в каких палеофаціальных обстановках возможно ожидать появления истинных рифов и других типов органогенных построек.

Известно (см. разд. 1.5, 1.13), что при общих благоприятных климатических и палеогеографических условиях для развития мощных полифаціальных рифовых комплексов необходим длительно существующий режим стабильных прогибаний фундамента, значительно приподнятые положительные структуры дна бассейна, обеспечивающие перепад глубин и подток глубинных, обогащенных питательными веществами вод, необходимых для процветания разнообразных биоценозов прикрепленных, каркасных организмов, занимающих обширные площади. Поэтому, естественно, далеко не во всех фаціальных зонах, где могли

обитать каркасные организмы, развивались крупные рифовые сооружения. В зависимости от типа палеобассейнов (платформенных, геосинклинальных, переходных) проявляются различные закономерности в пространственном размещении построек и в приуроченности их к определенным фаціальным обстановкам.

7.1. ПЛАТФОРМЕННЫЕ БАСЕЙНЫ

Для определения структурно-фаціального положения органогенных построек в пределах платформенных бассейнов целесообразно обособить две крупные области: внутреннюю часть континентального шельфа, которая располагается от суши до начала шельфового перегиба, и внешнюю, краевую часть шельфа, которая находится в зоне перехода пологого шельфа в континентальный склон (рис. 70). При наличии перикратонных опусканий краевой части платформы континентальный склон может располагаться на значительном удалении (до 1000 км) от края платформы.

7.1.1. ВНУТРЕННЯЯ ЧАСТЬ ШЕЛЬФА

Платформенные шельфовые моря характеризуются мелководностью, незначительным уклоном дна, растянутостью и значительной шириной фаціальных зон. В зависимости от климатических условий, состояния окружающей суши и сообщения с океаном в них формировались разнотипные терригенные, карбонатные, эвапоритовые и другие формации при опресненном, нормальном и осолоненном солевом режиме. Волноприбойная зона (вместе с соответствующими фациями баровой отмели) располагается далеко от берега и отгораживает тиховодную лагунную зону, часто с нарушенной соленостью. При наличии благоприятных факторов (небольшой привнос терригенного материала, небольшие глубины, относительно твердый грунт и т. д.) здесь существовали благоприятные обстановки для развития каркасных групп сессильного бентоса. Поэтому органогенные постройки имели достаточно широкое распространение в древних шельфовых морях. Они развивались главным образом в зонах отмельных барьеров, а также в пределах широкого открытого или отгороженного шельфа.

Отмельные седиментационные барьеры возникают в волноприбойной зоне гидродинамического максимума в прибрежно-мелководной обстановке. В пределах этой зоны развиты хорошо промытые обломочные, биоморфные и сгустковые известковые отложения с незначительным содержанием терригенной примеси. Характерны текстуры турбулентных обстановок: косоволнистая слоистость, знаки ряби, сглаженные поверхности перерыва [Силур Эстонии, 1970 г.]. Среди известняков на разных

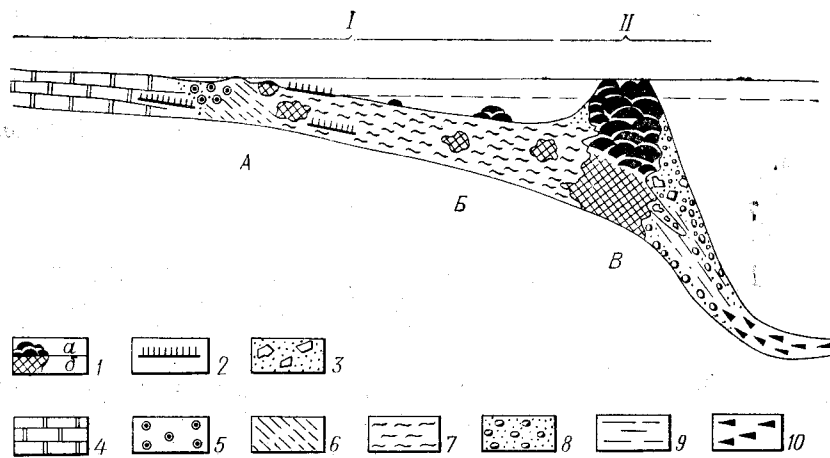
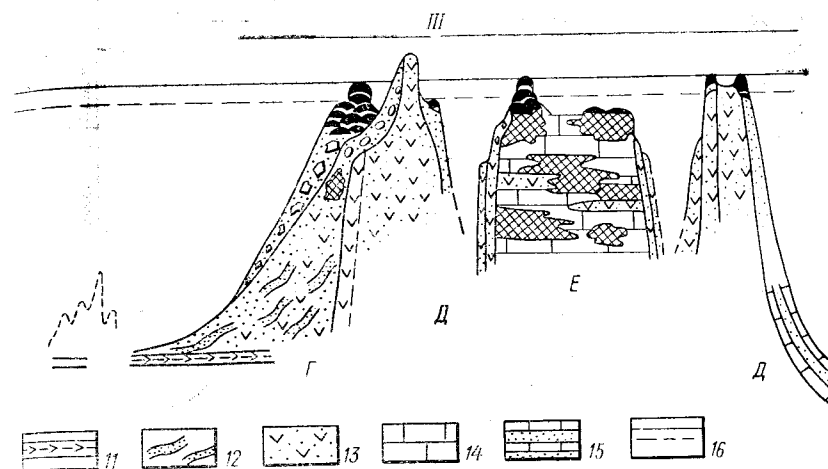


Рис. 70. Схематический батиметрический профиль фациального положения

Типы палеобассейнов: I — платформенные (континентальный шельф); II — переходные шельфовые поднятия, отмели и др.); III — органогенные постройки, выступающие в рельефе органогенно-обломочные шлейфы. Фациальные типы отложений: 1 — первичные доломиты, 2 — гравелиты, песчаники, 3 — глинистые сланцы, иногда известковистые, 4 — битуминенные, терригенно-вулканогенные, 5 — массивные и грубослоистые известняки, 6 — карбо-А — береговые (биостромы, биогермы); Б — удаленно-отмельные (биостромы, калиптры, био-массивы, рифонды, рифы); Г, Д — внутриконтинентальные; Г — береговые, краевые (биогерм-ные, калиптровые массивы, рифонды); Е — в зонах относительных поднятий: субшельфовые рифы).

стратиграфических уровнях располагаются мелкие тела (высота до 3—5, редко до 10 м, ширина до первых десятков метров) биогермов, биостромов, органогенных банок, реже небольших биогермных массивов. Отмельная зона отделяет прибрежно-тиховодные лагунные обстановки с первично доломитовыми, илесто-известковыми отложениями от умеренно-мелководных обстановок с илесто-детритовыми, глинисто-известковыми отложениями. При незначительной ширине (до 10 км) они могут протягиваться на многие сотни километров. Иллюстрацией этому служат отмельные барьеры силура Прибалтики и Волыно-Подолья, которые прослеживаются на 1500 км (рис. 71). Большая протяженность седиментационного барьера, присутствие среди детритовых отложений органогенных построек создают внешнее сходство этой зоны с рифовыми барьерами, за которые их нередко и принимают [Грачевский М. М., 1973 г., 1974 г., Юшкевич В. И., Котык В. А., 1977 г. и др.]. Однако детальное изучение этих зон, а также соотношения их с окружающими фациями показывают, что генетически истинными рифами они не являются. Отмельно-баровые зоны в отличие от рифовых барьеров располагаются внутри стабильного шельфового бассейна с незначительным уклоном морского дна. Органогенные постройки (биогермы, биостромы) имеют здесь небольшие размеры и размещаются изолированно на многих стратиграфических уровнях. В сторону открытого моря образования



органогенных построек в палеобассейнах (Н. М. Задорожная, Р. Э. Эйнасто).

(внешний край шельфа, материковый склон), III — геосинклинальные (островные дуги, суб-дна (а — прижизненная высота, б — погребенная часть); 2 — биостромы; 3 — предрифовые; 4 — оолитовые, онколито-обломочные, 5 — детритовые, 6 — илесто-детритовые, карбонатные сланцы доманикового типа, 7 — кремнистые сланцы, 8 — турбидиты; 9 — вулкановатный флиш; 10 — приливо-отливная зона; Типы построек; А, Б — шельфовые внутренние гермы, биогермные, калиптровые массивы, рифонды; В — шельфовые краевые (биогермные массивы, рифонды, рифы); Д — приостровные, береговые (биогермы, калиптры, биостром-ные массивы, биогермные массивы, рифонды).

зоны переходят в биоморфно-детритовые и комковатые известняки. Грубообломочные шлейфы каркасных известняков здесь отсутствуют.

Отмельные барьеры в результате трансгрессивно-регрессивных изменений глубины бассейна мигрировали на шельфе в широких пределах (от 30 км в Волини до 150 км в Северной Прибалтике). Оптимальные условия для развития органогенных построек существовали в регрессивные фазы развития бассейна (рис. 72). Распределение кораллово-строматопоровых биогермов в разрезе фиксируют четко выраженную седиментационную цикличность, связанную с повторяющимися изменениями глубины бассейна. Биогермные комплексы соседних циклитов разделены отложениями смежных фациальных зон: они закономерно подстилаются глинистыми комковатыми известняками открытого шельфа и покрываются лагунными седиментационными доломитами (рис. 72). В целом отмельно-баровые барьеры отличаются от рифовых кратковременным существованием, небольшими размерами органогенных построек, слабо выраженной внутренней зональностью, отсутствием обломочных шлейфов.

Отмельные барьеры могут располагаться в центральных частях платформенных бассейнов и быть связаны с системой глубинных разломов фундамента, которые фиксируются в виде конседиментационных, приподнятых отмельных зон. Подобные

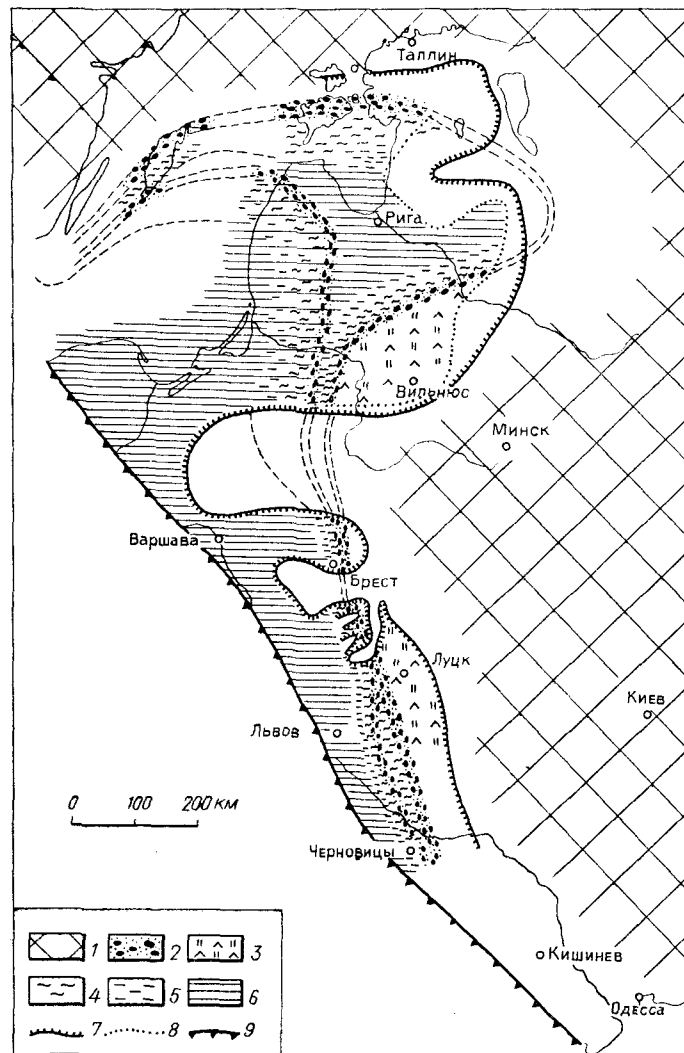


Рис. 71. Палеогеографическая схема силура запада Восточно-Европейской платформы. Полосы биогермов позднего венлока и позднего лудлова. 1 — пенеленизированный континент с выходами осадочных и кристаллических пород; 2 — баровая отмельная зона с биогермами, служившими волноломами; 3 — лагунные гипсоносные отложения; 4 — открыто-шельфовая зона, глинисто-карбонатные отложения; 5 — склоновая зона, мергели; 6 — депрессионная зона, граптолитовые аргиллиты; 7 — границы распространения силурийских отложений; 8 — граница полных мощностей венлокских отложений; 9 — край платформы (линия Тэрквиста).

зоны имеют линейный характер и устойчивое местоположение. Например, нижнекембрийский седиментационный барьер на Сибирской платформе протягивается на 2000 км и разделяет соленодную и нормально-морскую части бассейна [Писарчик Я. К.,

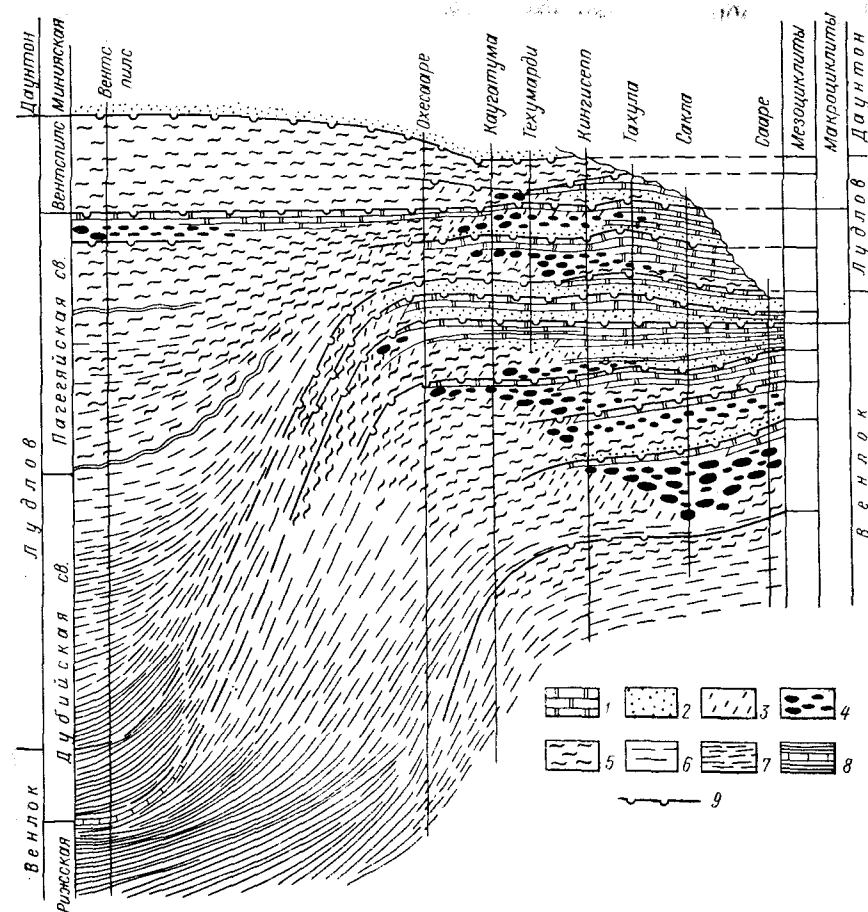


Рис. 72. Фациальный профиль венлокских и лудловских отложений Северной Прибалтики через карбонатный шельф с органогенными постройками прибрежно-отмельной зоны и депрессионную перикратонную впадину Палеотетиса (Р. Э. Эйнасто).

1 — лагунная зона, седиментационные доломиты микрослойчатые, глинистые и массивные, узорчатые; 2—5 — отмельная зона (2 — зернистые известняки сустрокные и мелкообломочные, 3 — детритовые известняки, 4 — биогермы и межбиогермные битуминозные глинистые известняки, 5 — открыто-шельфовая зона — илесто-детритовые комковатые известняки); 6—7 — склоновая зона (6 — детритовые известковистые мергели с комками известняка вблизи бровки шельфа, 7 — глинистые мергели); 8 — депрессионная зона, битуминозные, глинистые мергели, граптолитовые аргиллиты; 9 — перерывы на границах мезо- и макроциклов.

Минаева М. А., Русецкая Г. А., 1967 г., 1975 г.; Журавлева И. Т., 1966, 1972, 1979; Савицкий В. Е., Асташкин В. А., 1975 г., 1978, 1979 г. и др.]

При изменениях тектонического режима отмельные барьеры могут переходить в краевые, если смежные с барьером участки внешнего шельфа вовлекаются в область интенсивных проги-

баний с образованием глубоководных впадин с некомпенсированным осадконакоплением. Например, нижнекембрийский седиментационный барьер в первой половине раннего кембрия на Сибирской платформе представлял собой типичную отмельную зону на границе лагунных и открыто шельфовых фаций. В составе этой зоны, названной И. Т. Журавлевой «сахайской органогенной полосой», преобладают органогенно-обломочные, оолитовые и глинистые известняки, среди которых на разных стратиграфических уровнях располагаются биогермы, биостромы, небольшие биогермные и рифоидные массивы, не достигавшие в своем развитии стадии зрелого рифа [Журавлева И. Т., 1979]. Во второй половине раннего и в начале среднего кембрия вдоль барьера со стороны открытого моря возникло глубоководное плато с отложениями доманикового типа резко сокращенной мощности (50 м против 1000 м карбонатных отложений в пределах отмельной зоны на краю шельфа). Разница в мощностях, а также присутствие оползневых образований свидетельствуют о перепаде глубин и достаточно крутом склоне бортовой части депрессионной впадины [Савицкий В. Е., Асташкин В. А., 1979 г.]. Для отмельной зоны этого времени характерны более четко выраженной литолого-фациальная дифференциация отложений, большой набор обломочно-оолитовых карбонатных пород и разнообразных типов органогенных построек. Наряду с простыми постройками (биогермы и биостромы) присутствуют и более сложные, биогермные и, возможно, рифовые массивы, особенно в зонах поперечных разрывных нарушений. Относительно генетической интерпретации комплекса кембрийских органогенных построек Сибирской платформы существуют разные точки зрения: одни считают их «барьерной рифовой системой» [Савицкий В. Е., Асташкин В. А., 1975 г., 1979 г.], другие — органогенной полосой, в пределах которой настоящие рифовые постройки отсутствовали [Журавлева И. Т., 1979]. По-видимому, кембрийский седиментационный барьер Сибирской платформы на разных стадиях развития мог существовать в качестве отмельной зоны (первая половина раннего кембрия) и рифового барьера (конец раннего и начало среднего кембрия).

Другая фациальная зона, где могли развиваться органогенные постройки, приурочена к внутренним участкам шельфа, между его внешним краем и отмельной полосой. Обычно это широкая фациальная зона, где накапливаются преимущественно плохо отсортированные илесто-детритовые и иловые комковатые известняки в условиях глубин от нескольких десятков до первой сотни метров. Воды в этой части бассейна имеют достаточную подвижность, нормальную соленость и насыщенность кислородом. При сочетании благоприятных условий здесь могли возникать органогенные постройки. Как правило, они приурочены к локальным конседиментационным структурам (вершины купольных поднятий, валов, брахиантиклинальных скла-

док). Постройки образуют небольшие, изолированные тела, достигающие в поперечнике метров и первых десятков метров. Среди них преобладают биостромы, биогермы, небольшие биогермные массивы. Если они достигали базиса волнений или разрушались под воздействием периодических штормов, то образовывались рифоиды. В современных морях к ним относятся так называемые пятнистые рифы (patch reef). Подобные постройки расположены, например, на шельфе за Большим барьерным рифом Австралии. Форма их в зависимости от силы и направления течений, постоянных ветров может быть разнообразной: от округлой до прихотливо изрезанной [Maxwell W. G., 1968; см. рис. 12]. Примером ископаемых шельфовых построек могут служить силурийские биогермы в низах малиновецкого горизонта Подолии, располагающиеся внутри толщи комковатых известняков открытого шельфа [Елтышева Р. С., Предтеченский Н. Н., Сытова В. А., 1968 г.], а также девонские биостромы и биогермы центральной части Восточно-Европейской платформы [Антропов М. А., 1968 г.].

В целом для построек этой зоны характерны небольшие размеры (первые метры, до первых десятков метров в поперечнике), незначительные превышения над одновозрастными осадками, слабая эколого-литологическая дифференциация.

7.1.2. КРАЕВАЯ ЧАСТЬ ШЕЛЬФА

Краевая часть шельфа относится к области перехода от типично платформенных к океаническим бассейнам. Краевые бассейны отличаются от внутришельфовых большим уклоном дна, наличием материкового склона со значительным перепадом глубины при переходе от типичного шельфа в сторону океана. Фациальная зональность в краевых бассейнах четко выражена. Здесь встречаются отложения от мелководья до океанических абиссальных равнин. Эта зона сочленения платформы и геосинклинали охватывает внешнюю часть стабильного шельфа, где может происходить опускание краевой части платформы в батиналь до океанических глубин. Опущенная, относительно глубоководная краевая часть является, с одной стороны, еще платформенной (с континентальным типом коры), с другой — частью палеоокеана. Естественную палеогеографическую границу внутриплатформенных бассейнов от переходных представляет внешний край шельфа. Эта краевая зона шельфа является одновременно и областью наиболее широкого развития истинных рифов и рифовых систем. Край шельфа определяется правилом, системой глубинных разломов фундамента, отражающихся в бассейне осадконакопления в форме флексурного, топографически приподнятого уступа. Окраины шельфа разделяют фациально различные типы бассейнов: шельфовые с умерен-

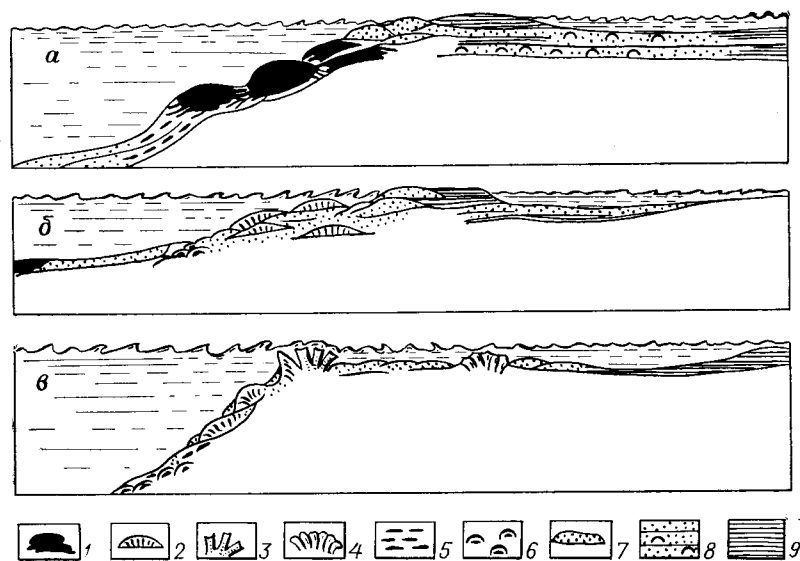


Рис. 73. Три типа карбонатных окраин шельфа [по Уилсону Дж. Л., 1980].
 а — с образованием иловых холмов в нижней части склона (2—25°), глубина до 100—200 м. Спокойное море; б — образование биогермов на пологом склоне (до 15°), ниже базиса действия волн. Море спокойное до умеренно-бурного; в — на крутом (до 45, 90°) склоне окраины шельфа развивается пояс рифовых построек, поднимающихся до уровня моря. Море бурное.
 1 — иловые холмы; 2 — биогермы; 3 — рифы краевые, барьерные; 4 — лоскутные рифы; 5 — передовой подсклоновый шельф; 6 — глыбы и блоки склоновой осыпи; 7 — пески ваттовой зоны, песчаные бары; 8 — лагунные циклические осадки; 9 — осадки приливо-отливного побережья.

ными погружениями дна бассейна, с преимущественно карбонатной и глинисто-карбонатной седиментацией, и интенсивно прогибающиеся глубоководные впадины с некомпенсированным осадконакоплением глинисто-углеродистых отложений доманикового типа. На приподнятых отмелях вдоль окраин и склонов платформ, в зоне значительного перепада глубин и восходящих течений, существовали наиболее оптимальные экологические условия для развития каркасных организмов и формирования мощных органогенных построек.

В зависимости от режима тектонических движений, которые формируют рельеф склона, силы и направления течений, биологической продуктивности и т. д. на краю шельфа могут развиваться все типы построек — от биостромов и изолированных биогермов до крупных рифовых систем. Дж. Л. Уилсон [1980] выделил три основных типа профилей окраины шельфа (рис. 73). Первый тип — с аккумуляцией известкового ила, т. е. с илистыми куполами на склоне. Купола караваяобразной формы располагаются ниже базиса волн. На них поселяются рассеян-

ные организмы, способные удерживать карбонатно-илистый осадок. В верхней части склона накапливаются пески в форме пляжей, дюн, островов.

Второй тип состоит из поясов биогермов («рифов-бугров» по Дж. Уилсону), располагающихся на пологих склонах внешней окраины шельфа, в условиях умеренного тектонического погружения. Каркасные организмы растут до базиса действия волн, на глубине нескольких десятков метров. Большое количество детритового материала накапливается в промежутках между биогермами, которые препятствуют его вымыванию. В зоне волнений отлагаются биокластические пески и илы.

Третий тип — рифовый. Это линейный пояс рифовых построек, поднимающихся до уровня моря и развивающихся в турбулентной зоне. Позади рифа образуются подводные бары и осыпи, сложенные известковым песком. Склон, обращенный в сторону открытого моря, обычно крутой (от 45 до 90°), покрыт подводно-склоновым обломочным материалом (рифовые шлейфы).

Между всеми рассмотренными типами склонов и развитых на них органогенных построек существуют пространственно-временные переходные формы.

К органогенным постройкам, характерным для перикратонных бассейнов, относятся мощные системы верхнесилурийских — нижнеэфельских рифов на Западном склоне Урала и нижнепермских рифов Предуралья, которые развивались на Урале в главные эпохи палеозойского рифообразования [Наливкин Д. В., 1956; Наливкин В. Д., 1962; Королюк И. К., 1975, и др.].

Верхнесилурийско-нижнеэфельские рифовые толщи Урала, известные в литературе как «герцинские» известняки, прерывистой цепочкой прослеживаются в меридиональном направлении от южной Башкирии до о. Вайгач на протяжении 2000 км. Суммарная мощность известняков достигает 1800—2000 м [Шуйский В. П., 1973]. В палеогеографическом отношении «герцинские» известняки формировались в краевой зоне континентального шельфа Восточно-Европейской платформы, на границе с внешним краем миогеосинклинального прогиба. Развитие их связано с конечными этапами начальной стадии Уральской геосинклинали. С запада на восток, в сторону от континента происходила последовательная смена фациальных зон от платформенных до геосинклинальных (рис. 74). Внутришельфовые (платформенные) фации представлены глинисто-известковыми, глинисто-доломитовыми и песчано-известково-доломитовыми отложениями. В мелководной зоне внешней части шельфа происходило формирование органогенных построек и сопутствующих им биокластических осадков (известковистые пески, брекчии). В следующей к западу батимальной зоне миогеосинклинального прогиба накапливались кремнистые и глинистые глубоководные илы, сме-

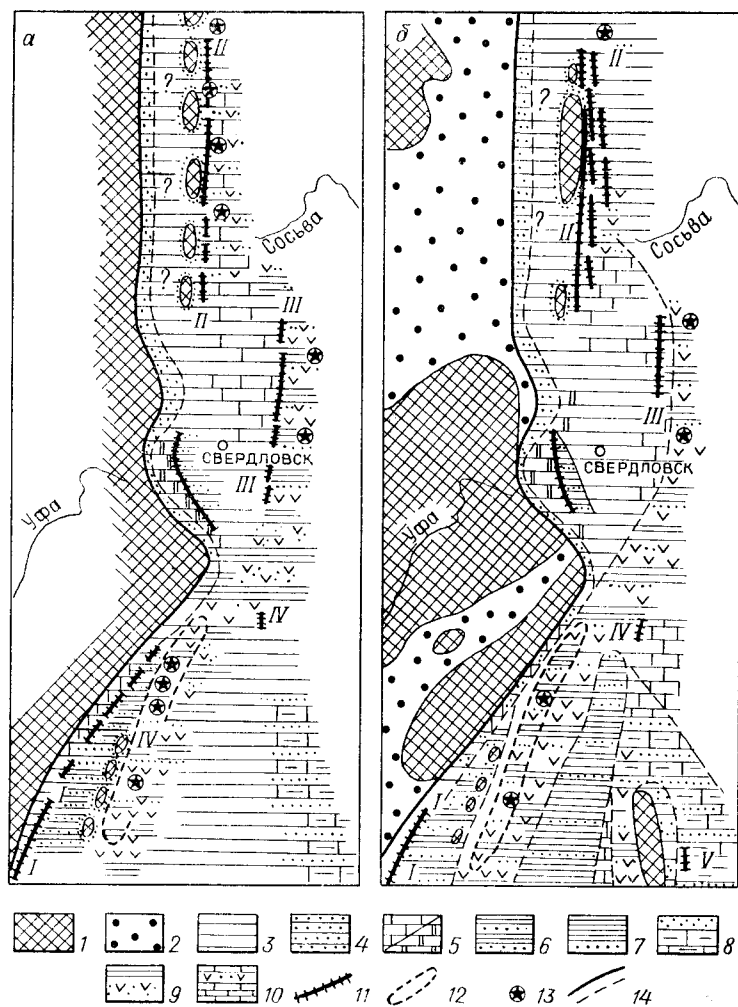


Рис. 74. Схематические литолого-палеогеографические карты Урала [Шуйский В. П., Мухина В. П., 1968].

a — нижний девон; *b* — нижний эйфель; рифовые комплексы: I — Сергинско-Бельско-Икский; II — Петропавловский, III — Сняччихинско-Режевский, IV — восточный склон Южного Урала, V — Притоболье; 1—2 — суша (1 — области размыва, 2 — аллювиальные песчаники); 3 — зона морских фаций; 4 — песчаники прибрежно-морские; 5 — известняки, доломиты; 6 — песчано-глинисто-кремнистые отложения; 7 — кремни и фтаниты; 8 — песчаники полимиктовые и мергели; 9 — вулканогенные породы, яшмы, известняки; 10 — вулканогенные породы и известняки; 11 — рифы; 12 — зона распространения мелких органогенных построек (биогермов); 13 — вулканы; 14 — границы палеогеографических областей.

няющиеся вулканогенно-осадочными отложениями во внутренних зонах геосинклинального бассейна (восточный склон Урала и Зауралье).

Полоса рифогенных образований Западного Урала имеет сложное строение. В зависимости от обстановок седиментации и режима тектонических прогибаний фундамента в разных частях бассейна формировались разные типы органогенных построек, изменялась продолжительность их существования.

На западном склоне Среднего и Южного Урала выделяется Сергинско-Бельско-Икский нижнедевонский рифовый комплекс, разобщенные выходы которого располагаются в пределах Уфимского амфитеатра и западного борта Зилаирского синклиория [Шуйский В. П., Мухина В. П., 1968]. В. П. Шуйский [1970 г., 1973] относит этот комплекс к барьерным рифам, разделяющим мелководные шельфовые, местами лагунные, и глубоководные батинальные участки бассейна. Однообразная по внешнему облику полоса рифовых пород мощностью в несколько сотен метров состоит из детритовых, крупнообломочных и различных биоморфных, в том числе и каркасных известняков гидроидно-водорослевого состава. Разновидности пород располагаются внутри рифовых массивов в виде своеобразных шлировых «линз» и «слоек», которые не разделяются плоскостями отдельности, имеют мощность 0,1—2 м и первичный наклон на восток под углом до 20° к палеогоризонту. Линзовидно-косослойчатое строение особенно характерно для фронтальной зоны рифового плато. Каркасный компонент рифовой толщи представлен неотчетливо обособленными линзовидными телами, которые располагаются внутри детритовых и грубообломочных серий или на границе этих серий. В данном случае тела каркасных известняков явно подчинены аккумулятивному биокластическому накоплению, что связано не с угнетенностью рифообразующих организмов, а с напряженной гидродинамической обстановкой во фронтальной зоне (рис. 75). В телах биокластических известняков широко распространены организмы-цементаторы, среди которых первое место принадлежит сине-зеленым водорослям. В подветренных или тыловых зонах рифового плато диагональная слоистость выражена слабее в связи с почти полным отсутствием грубообломочных известняков и широким распространением биоморфных [Шуйский В. П., 1973].

Другой тип верхнесилурийско-нижнедевонских построек на северном продолжении полосы герцинских известняков находится в районе Новой Земли, Вайгача, Пай-Хоя. Д. К. Патруновым [1975 г.] установлены здесь литоральные биостромы, биогермы «узкого» мелководного шельфа, биостромный массив океанического края шельфа и субрифовый комплекс неглубокого моря. Наиболее крупный биостромный массив площадью 500 км² и мощностью 1000 м складывается последовательно наложенными водорослевыми биостромами, разделенными стратиграфичес-

восточная часть (восточный) вид

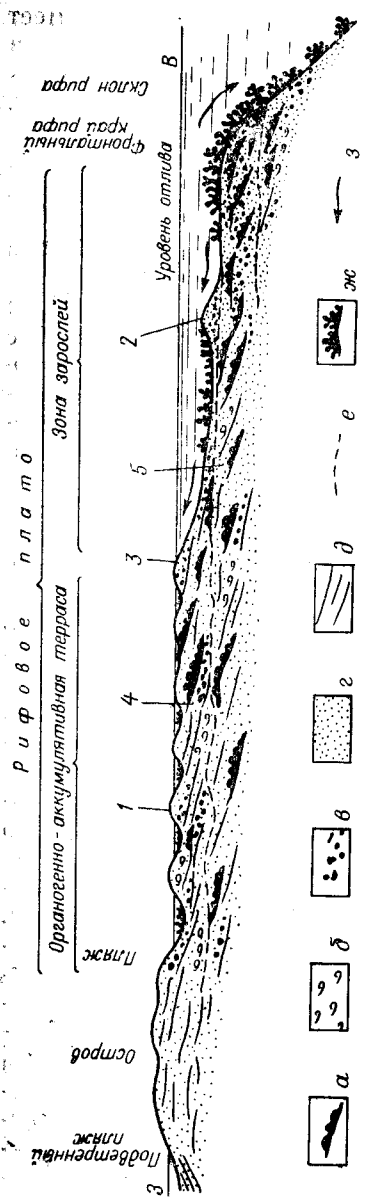


Рис. 75. Палеогеографический профиль нижнедевонского барьерного рифа. Западный Урал [Шуйский В. П., 1973].

а — известняки; б — биогермные и геминтогермные; в — линзовидная слоистость; г — известняки с органическими включениями; д — известняки с органическими включениями; е — известняки с органическими включениями; ж — известняки с органическими включениями; з — известняки с органическими включениями; и — известняки с органическими включениями; к — известняки с органическими включениями.

кими перерывами. Водорослевые известняки на внешней, мористой, стороне переходят в карбонатные песчаники.

Нижнепермская рифовая система в виде цепочки рифовых и биогермных массивов протягивается вдоль восточного края Восточно - Европейской платформы на протяжении 1500 км [Шаповалов Д. Ф., Камалетдинов М. А., 1968 г.; Наливкин В. Д., 1969 г.; Королюк И. К., 1975, и др.]. Интенсивное рифообразование связано здесь с формированием Предуральского прогиба в конечные этапы развития Уральской геосинклинали (рис. 76). В ассельском веке к западу от Уральских горных цепей располагался сравнительно глубоководный желоб Предуральского прогиба, переходящий в обширный эпиконтинентальный бассейн восточной окраины Восточно - Европейской платформы. В зоне перехода глубоководной и мелководной частей бассейна, в западном борту Предуральского краевого прогиба, развивались крупные органогенные постройки. Полоса нижнепермских рифов относительно выходов девонской

рифовой системы располагается значительно западнее вследствие вовлечения края платформы в зону прогибания.

Нижнепермские биогермные и рифовые постройки по размерам, форме, внутреннему строению крайне разнообразны. Среди них наблюдаются массивы усеченно-конусовидной, округлой, вытянутой, разветвленной формы. Диаметр их основания достигает нескольких, редко 10 км. Мощность измеряется 500—800 м. Слагаются массивы каркасными и органогенно-обломочными известняками, находящимися в разных пропорциях. Основными каркасными организмами были мшанки, гидроактиноиды, кораллы, криноидеи, водоросли. У подножия рифовых массивов распространены шлейфы известняковых конгломератов и брекчий. Типичным примером построек этого времени является биогермно-рифовый массив Шахтау, изученный детально И. К. Королюком (см. разд. 3.15). Большинство погребенных нижнепермских массивов Предуралья содержат промышленные залежи нефти и газа [Яруллин К. С., Якунов И. А., 1968 г.].

7.1.3. НАЛОЖЕННЫЕ ГЛУБОКОВОДНЫЕ ПРОГИБЫ И ВПАДИНЫ

Особую категорию платформенных структур, с которыми может быть связано формирование крупных органогенных построек, представляют собой наложенные глубоководные прогибы и впадины. Ограниченные глубинными разломами, с интенсивными прогибаниями фундамента и некомпенсированным осадконакоплением в центральных частях, эти отрицательные структуры по палеогеографическим и палеотектоническим усло-

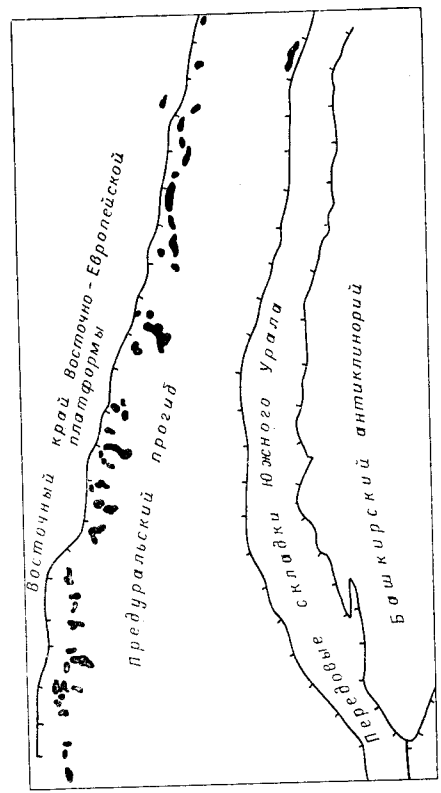


Рис. 76. Положение нижнепермских рифов в Южном Предуралье [по Яруллину К. С. и Якунову И. А., 1968 г., упрощенно].

виям близки к краевым переходным бассейнам. Особенно это относится к краевым впадинам, которые расположены обычно по периферии платформ и составляют один из элементов склонов последних, обращенных к смежным геосинклиналям [Хаин В. Е., 1973 г.]. Форма впадин обычно округлая, с поперечником до 1000 км. В бортовых зонах таких прогибов могли развиваться различные типы построек: от биогермов до рифов. Характерными представителями подобных структур являются Прикаспийская впадина и Камско-Кинельская система прогибов в Волго-Уральской области. С рифогенными образованиями этих впадин связаны месторождения нефти и газа.

Большинство прогибов Камско-Кинельской системы представляют собой пологие недокомпенсированные депрессии, оформившиеся в позднем девоне. Органогенные постройки приурочены к краевым частям региональных аккумулятивных склонов, сопряженных с глубоководными центральными частями бассейнов, где происходит некомпенсированное осадконакопление доманикового типа. В зависимости от особенностей тектонического развития разных частей бортовых и прибортовых зон прогибов возникали различные типы построек. На одних участках развиты рифы барьерного типа, простирающиеся на десятки километров, на других — небольшие одиночные, слабо выраженные биогермы, биостромы или банки [Мирчинк М. Ф., Мкртчян О. М., Митрейкин Ю. Б., Трохова А. А., 1970 г.].

Прикаспийская впадина, по мнению одних исследователей [Грачевский М. М., 1961 г.; Кузнецов В. Г., Хенвин Т. И., 1969 г.; Грачевский М. М., 1976 г., и др.], испытала интенсивное прогибание, с позднедевонского до кунгурского времени. В бортовых частях впадины развивались непрерывные рифовые барьеры, окружающие внутренние зоны. По мнению других, развитие рифогенных фаций происходило только в раннепермскую эпоху. Здесь развивались преимущественно органогенные постройки типа биостромных массивов, вблизи которых отсутствовали обломочные шлейфы. В пределах бортового уступа эти тела не имеют сплошного развития. Между ними отмечаются участки, где платформенные фации замещаются непосредственно депрессионными [Иванов Ю. А., Эвентов Я. С., 1976 г.].

Органогенные постройки известны также в бортовых частях линейных авлакогенов, представляющих собой узкие (десятки километров) прогибы, протягивающиеся на 1000 км и более. Примером может служить Днепровско-Донецкий авлакоген Восточно-Европейской платформы. В позднем девоне для этой структуры были характерны высокие темпы прогибания, расчлененный эрозионно-тектонический рельеф, связанный с вулканическими постройками. На склонах локальных структур предполагается развитие нескольких зон органогенных известняков биогермного, банкового и, возможно, рифового типа [Лукин А. Е., Ларченков А. Я., 1976 г.].

Таким образом, в пределах платформенных бассейнов могли развиваться разнообразные генетические типы построек: от изолированных мелких биогермов до протяженных рифовых систем. Но формирование каждого типа построек тесно связано с развитием определенных структурно-фациальных зон. Поэтому установление типов построек необходимо сопровождать комплексом литолого-фациальных исследований, позволяющих восстанавливать палеогеографические и палеоструктурные обстановки в древних бассейнах.

7.2. ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫЕ БАСЕЙНЫ

Отличаются разнообразием обстановок осадконакопления, изменяющихся от прибрежных до глубоководных, большой пестротой и узостью фациальных зон, резкими переходами между ними, контрастностью тектонических режимов [Хаин В. Е., 1973 г.]. Эти условия часто создают благоприятные предпосылки для развития органогенных построек, которые являются одним из характерных элементов геосинклинальных отложений тропических областей [Маслов В. П., 1947 г., 1948 г.; Шуйский В. П., Мухина В. П., 1968; Шуйский В. П., 1973; Камалетдинов М. А., Камалетдинов Р. А., 1968 г.; Михайлова М. В., 1968; Королук И. К., 1975; Бендукидзе Н. С., 1978; Задорожная Н. М., 1974, 1975 и др.]. Общие вопросы связи рифов с тектоникой, в том числе и в геосинклинальных областях, разрабатывались В. П. Масловым [1950], Д. В. Наливкиным [1956], В. Д. Наливкиным [1962], А. И. Равинович [1960], В. Е. Хаиным [1962], С. П. Максимовым, Г. А. Каледой, Б. М. Гейман, Ю. Г. Такаевым [1976 г.] и др. Закономерности же приуроченности конкретных типов органогенных построек к фациальным зонам и стадиям развития древних геосинклинальных бассейнов в настоящее время выявлены недостаточно.

Общий характер размещения органогенных построек в геосинклинальных бассейнах определяется конфигурацией последних. Например, в Уральской геосинклинали основные зоны пространства нижнедевонских органогенных построек протягиваются меридионально в соответствии с простираем фациальных зон и глубинных разломов. Полоса Петропавловского рифового комплекса (см. рис. 74, а, II) приурочена к узкому шельфу цепочки островов и прослеживается с севера на юг на протяжении 250 км при ширине выходов до 20—30 км. На восточном склоне Синчихинско-Режевский рифовый комплекс протягивается на 150 км и имеет ширину выходов всего около 1 км [Шуйский В. П., Мухина В. П., 1968].

При изометрично-мозаичном рисунке нижнекембрийских фациальных зон Алтае-Саянской области полосы максимального развития органогенных построек имеют разнонаправленную ори-

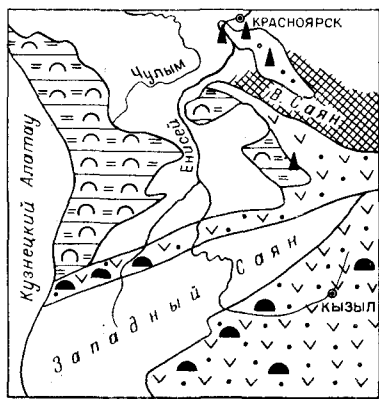


Рис. 77. Схема размещения органогенных построек в различных фациальных зонах Алтае-Саянской геосинклинали в раннекембрийскую эпоху (Н. М. Задорожная). 1 — выходы докембрийского фундамента; 2 — внешний миогеосинклиналиальный прогиб с терригенно-карбонатной седиментацией; 3 — геоантиклинальные поднятия с карбонатной седиментацией; 4 — эвгеосинклиналиальные прогибы с карбонатно-терригенно-вулканогенной седиментацией; 5—7 — типы органогенных построек (5 — обособленные рифовые и биогермные массивы, 6 — изолированные биогермные калитровые, биостромные массивы и биогермы, 7 — мощные органогенно-аккумулятивные толщи и биогермные массивы).

обстановок в смежных зонах. Возникающие мелководные отмельные зоны в геосинклиналиальных бассейнах оказываются благоприятными для поселения каркасных организмов.

В зависимости от особенностей палеогеографических обстановок и режима конседиментационных тектонических движений в разных фациальных зонах геосинклиналиального бассейна развиваются различные генетические и морфологические типы органогенных построек, изменяются формы пространственного размещения и длительность их существования. Иллюстрацией этому могут служить закономерности строения и пространственного размещения нижнекембрийских органогенных построек Алтае-Саянской складчатой области [Задорожная Н. М., 1974, 1975].

В данном регионе максимальное развитие органогенные постройки получили в завершающие периоды первой стадии геосинклиналиального цикла. Отдельные изолированные постройки известны в отложениях других стадий, но нигде они не приобрели столь широкого развития, как в раннем кембрии. Нижнекембрийские постройки встречаются в отложениях почти всех геосинклиналиальных зон и залегают на разных стратиграфических уровнях в пределах всего объема раннего кембрия. Они отличаются чрезвычайным морфологическим разнообразием при

этировку в соответствии с простираем фациальных зон и глубинных разломов, определяющих их контуры (рис. 77).

Органогенные постройки известны в отложениях геосинклиналиальных бассейнов разных стадий развития. Но максимальное их количество приурочено, как правило, к концу ранней (прединверсионной) и ко второй (предорогенной) стадиям геосинклиналиального цикла. Эти стадии знаменуются проявлением наиболее дифференцированных блоковых движений, возникновением архипелагов островов, разделенных глубокими впадинами и проливами, что находит отражение в контрастности фациальных

широком спектре генетических типов: от биостромов и биогермов до биогермных и рифовых массивов. При внешнем сходстве массивных известняков, слагающих постройки, при одинаковых каркасных организмах (водоросли, археоциаты) постройки, расположенные в разных фациальных зонах, имеют существенно различное строение.

В миогеосинклиналиальной зоне (Манский прогиб) они образуют крупные (несколько километров в поперечнике) изолированные штокообразные биогермные и рифовые массивы, которые залегают среди слоистых отложений. Значительно удаленные один от другого массивы располагались цепочкой вдоль края древней суши. Пространственно они приурочены к поперечным к простираению прогиба мобильным конседиментационным структурам, которые разделяли различные фациальные зоны.

Неравномерные блоковые перемещения фундамента приводили к расчлененности морского дна. На фоне общего интенсивного прогибания в подвижных зонах возникали отмели, благоприятные для роста органогенных построек. Перепады глубин способствовали усиленной циркуляции водных масс, обогащенных питательными веществами и растворенными карбонатами. В целом для органогенных построек данной зоны характерна удлиненная дилофоидная форма, которая свидетельствует, что скорость прогибания фундамента несколько превышала скорость нарастания каркасных организмов. Водоросли (*Epiphyton* Vogt и др.), сохраняя наиболее благоприятный экологический уровень, преобладающим вертикальным нарастанием компенсировали прогибание дна бассейна.

Органогенные постройки, расположенные в области геоантиклинального поднятия (Батеневский кряж) развивались в иной палеогеографической обстановке, в области обширного мелководного плато банкового типа, ограниченного по периферии геосинклиналиальными трогами. Постройки росли на приподнятых широких отмелях неправильной конфигурации, разделяющих полуизолированные участки бассейна с известково-доломитовыми осадками. Формирование построек происходило в условиях сравнительно спокойного и стабильного тектонического режима, с замедленным погружением фундамента. Скорость прогибаний была, вероятно, равной и временами несколько меньшей скорости роста известковых водорослевых колоний, что способствовало расселению их по латерали. Поэтому здесь преобладают биогермы уплощенной, линзовидной формы с ровным основанием. В периоды наиболее замедленных погружений, когда скорость нарастания водорослей превышала скорость опускания фундамента, происходило перекомпенсированное накопление известкового материала, выделяемого организмами. Постройки при этом размывались, вблизи них в значительных количествах накапливались детритовые образования. На отдельных участках постройки достигали уровня моря и

подвергались более интенсивному разрушению, о чем свидетельствуют прослои крупнообломочных брекчий. В целом спокойный тектонический режим, стабильный для широкой площади, способствовал образованию биогермных массивов, а также протяженных (до 10—20 км) и мощных (500—1000 м) органогенно-аккумулятивных толщ массивных известняков пластообразной формы, которые состоят из тесно перемежающихся биогермных (каркасных), субкаркасных и детритовых известняков. Преобладающая форма биогермов в данном регионе линзовидно-уплощенная, с ровным основанием (монолофонидный тип).

В эвгеосинклинальных зонах (Тувинский прогиб) постройки развивались в бассейнах, в которых обильные острова и вулканические гряды разделяли акваторию на ряд полузамкнутых котловин, где накапливались пестрые по составу терригенно-эффузивные и терригенно-карбонатные отложения. В целом для этих зон был характерен подвижный, неравномерно-пульсационный режим колебательных движений, дифференцированность локальных подвижек. На общем фоне преобладающего опускания происходили местные поднятия, сопровождавшиеся разнонаправленными блоковыми перемещениями фундамента. Неустойчивость тектонического режима с частыми сменами знака колебательных движений и обусловленная этим пестрота и неустойчивость фациальных обстановок препятствовали развитию крупных органогенных сооружений. Поэтому здесь преобладают сравнительно небольшие линзовидные тела массивных известняков, представляющие собой отдельные биогермы, биогермные и биостромные массивы. Линзовидно-вытянутая форма тел органогенных построек свидетельствует о приуроченности водорослевых поселений к линейным выступам в рельефе морского дна, например к отмельным зонам, протягивающимся вдоль береговых линий.

Таким образом, особенности формы и строения геологических тел, образованных органогенными постройками, длительность их существования определяются в основном направленностью и темпом вертикальных движений, которые были различными в пределах разных участков геосинклинального бассейна.

Наряду с существенными различиями органогенных построек из разных фациальных зон в строении разрезов с органогенными постройками выявляются общие закономерности, присущие всем зонам. По преобладанию определенных типов органогенных построек в разрезах устанавливается цикличность, состоящая из трех этапов и соответствующая по времени почти всей эпохе раннего кембрия. Наиболее крупные и сложные органогенные постройки (биогермные массивы и рифы) приурочены к нижней и верхней частям разрезов. В средней части преобладают простые постройки: биогермы, биостромы и небольшие биогермные массивы. Цикличность в строении нижнекембрийских разрезов обуславливается чередованием во времени более

интенсивных и спокойных тектонических режимов, проявляющихся сопряженно во всех зонах. Развитие крупных органогенных сооружений связано с активизацией тектонических процессов, проявившихся в усилении темпа колебательных движений, в блоковых перемещениях фундамента, в интенсивном росте конседиментационных структур. Крупные органогенные сооружения сопровождаются пестротой состава и сложностью фаций во вмещающих толщах. Широкое развитие приобретают карбонатные брекчии, грубообломочные терригенные породы, локальные проявления вулканизма. Эти периоды соответствуют регрессивным тенденциям в развитии геосинклинального бассейна. Средняя часть цикла соответствует времени уменьшения тектонической напряженности, что нашло отражение в формировании более простых органогенных построек, в преобладающем карбонатонакоплении, выравнивании фациальных обстановок. Это время соответствует максимальному проявлению трансгрессии в раннекембрийскую эпоху.

В целом при анализе строения геосинклинальных органогенных построек Алтае-Саянской области выявилось, что в раннем кембрии здесь преобладали биогермы, биогермные и калиптровые массивы, банковые фации, которые могли слагать толщи массивных известняков, достигающие более 1000 м. Рифовые постройки имели ограниченное распространение. Отдельные рифовые массивы были приурочены к структурам глубинных разломов, разделявших фациальные зоны в миогеосинклинальном прогибе, а также к краевым частям банковых поднятий (геоантиклинальные структуры), окруженных глубоководными троговыми прогибами.

Комплексы крупных и сложных органогенных построек в геосинклинальных областях часто приурочены к флишевым прогибам второй стадии геосинклинального цикла [Хаин Е. Б., 1973 г.]. Интенсивный темп прогибания узких прогибов приводит к некомпенсированному осадконакоплению и значительным глубинам в осевых зонах этих бассейнов. На склонах и бортах прогибов, ограниченных конседиментационными глубинными разломами фундамента, могут возникать системы рифовых и биогермных массивов (рис. 78). Например, развитие рифовых и биогермных массивов вдоль бортов флишевых прогибов характерно для верхнеюрских отложений Кавказа и Горного Крыма [Хаин В. Е., 1962, 1973 г.; Михайлова М. В., 1968; Бендукидзе Н. С., 1978]. В Горном Крыму группа крупных биогермных массивов располагается в пределах Судакской синклинали и восточного погружения Туакского антиклинория. Изолированное или тесно сближенные биогермные массивы располагаются протяженными цепочками среди тонкослоистых черных глинистых алевролитов с прослоями известняков и песчаников. Массивы в поперечнике достигают нескольких километров (1—3 км) при мощности 300—500 м. Вблизи рифовых массивов (например,

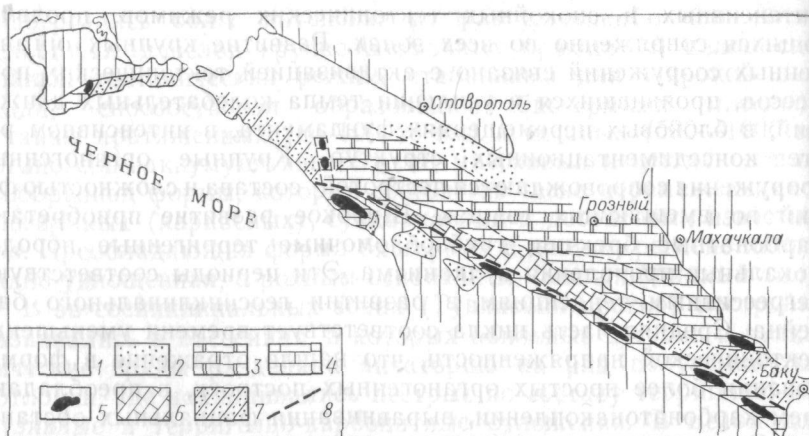
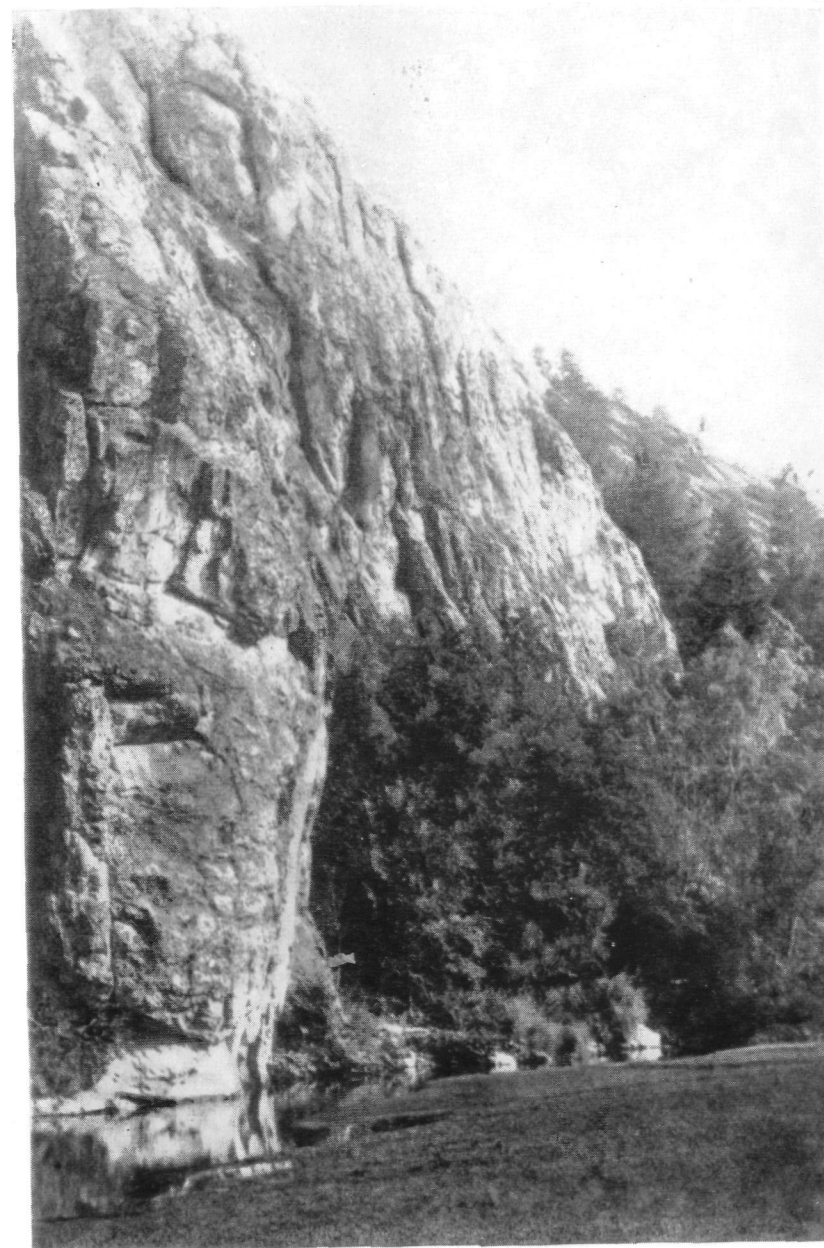


Рис. 78. Приуроченность верхнеюрских рифовых и биогермных массивов к склонам «флишевых» прогибов в геосинклинальной области Горного Крыма и Большого Кавказа [Хаин В. Е., 1962].

1 — суша; 2 — пестроцветные лагунные осадки; 3 — лагунные и перитовые морские осадки с преобладанием доломитов и развитием гипсов; 4 — неритовые известняки; 5 — рифовые и биогермные массивы; 6 — карбонатный флиш; 7 — терригенный флиш; 8 — глубинные разломы.

горы Фишта-Пшеха-Су на Северном Кавказе) широким развитием пользуются шлейфы детритовых, брекчиевых известняков, конгломератов, внутрилагунных фаций [Михайлова М. В., 1968].

Рассмотренные примеры пространственного размещения генетических типов органогенных построек в различных бассейнах (платформенных, геосинклинальных и переходных) позволяют еще раз подчеркнуть, что простые и мелкие органогенные постройки при благоприятных палеогеографических условиях могут развиваться в самых разнообразных фациальных обстановках. Для развития же рифов и тем более рифовых систем необходимы специфические структурно-фациальные условия, определяемые темпом и общей направленностью тектонического режима в бассейнах седиментации. Рифы возникают на границе шельфовых и глубоководных частей бассейна, которые различаются режимом прогибания фундамента и фиксируются глубинными разломами. Они развиваются в длительно существующей «шарнирной» полосе сопряжения умеренного и интенсивного погружения дна бассейна [Хаин В. Е., 1962; Наливкин В. Д., 1962]. Наиболее благоприятные условия для развития рифов находятся в бассейнах переходного типа, в зонах сочленения платформ и геосинклиналей. В платформенных бассейнах они могут формироваться в бортовых частях тектоно-седиментационных прогибов, в геосинклинальных бассейнах — в основном в зонах долгоживущих разломов, разделяющих фациальные зоны с различным режимом вертикальных движений.



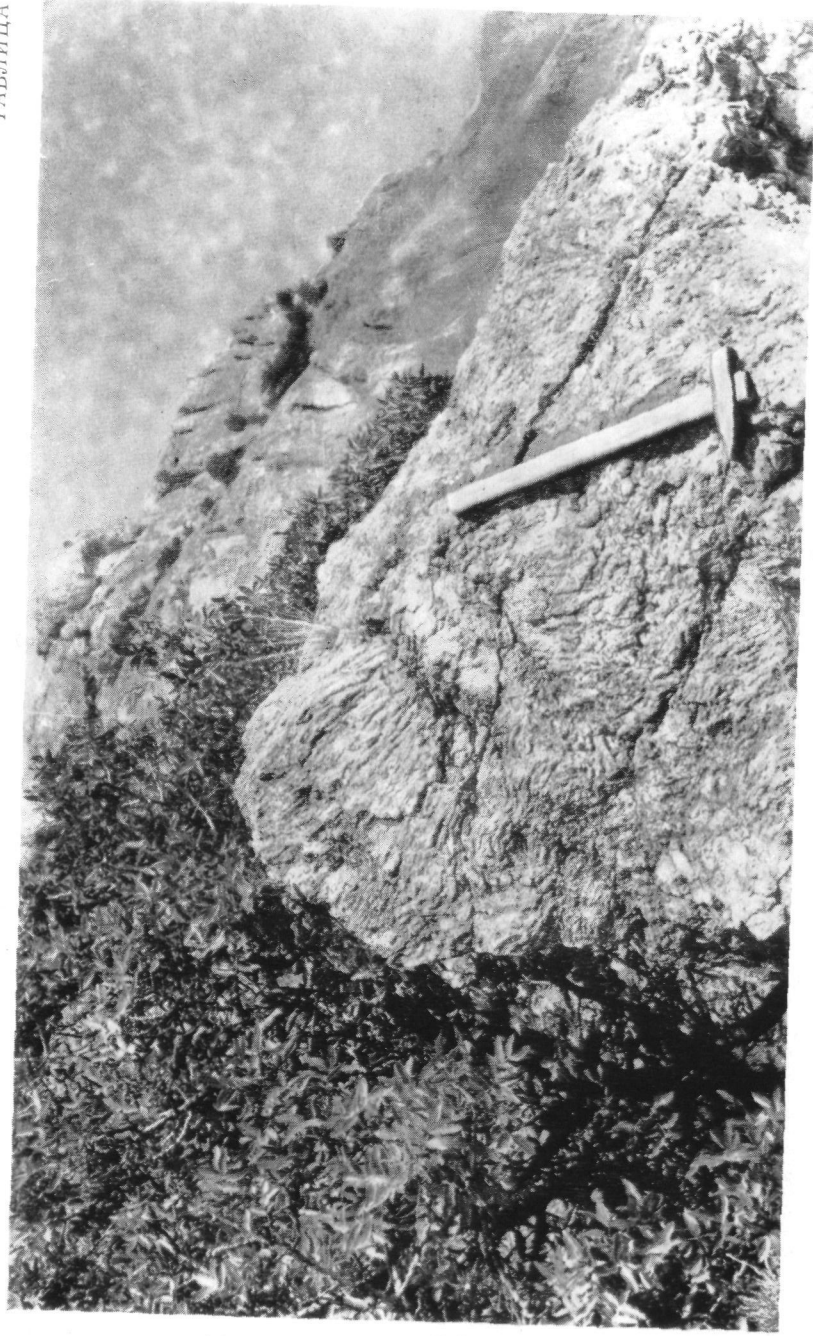
Скальные обнажения нижедевонских рифовых известняков. Р. Б. Ик, Урал. Фото Д. В. Осадчей.

ТАБЛИЦА II



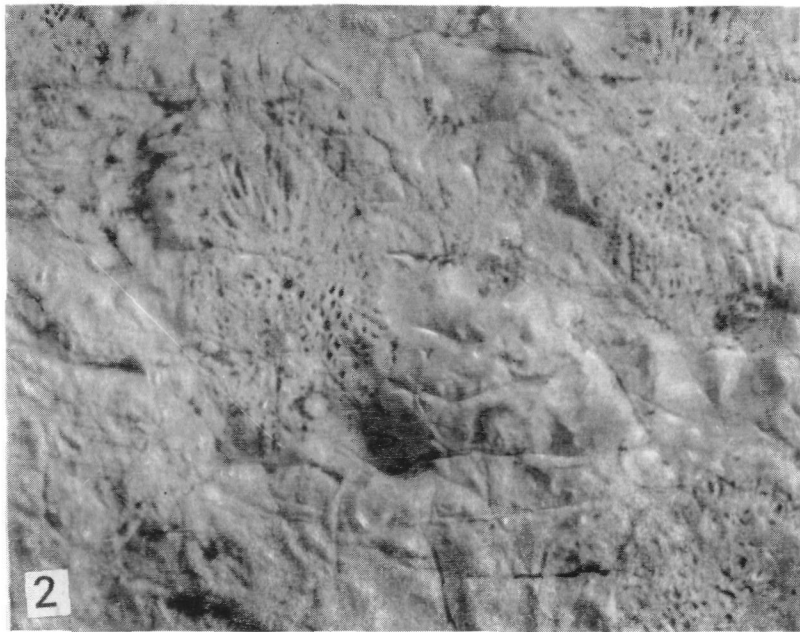
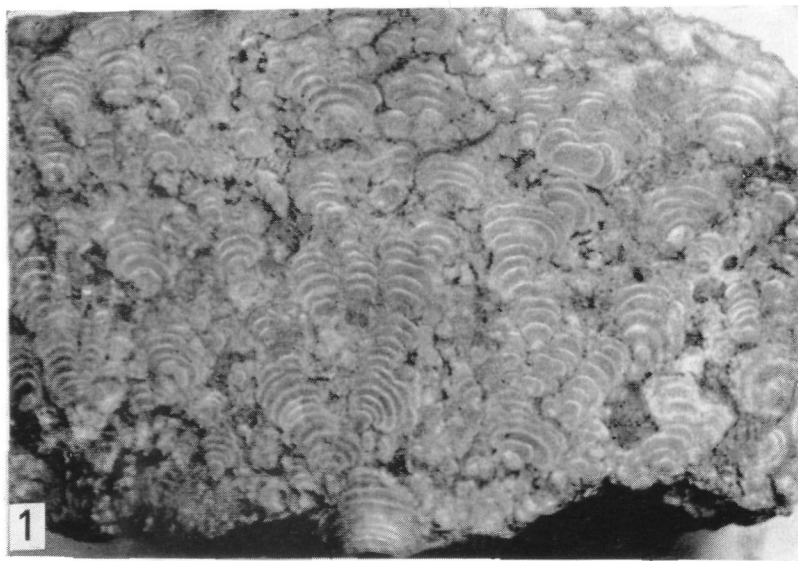
Изолированный нижнепермский рифовый массив. Шихан Куштау, Приуралье. Фото Д. В. Осадчей.

ТАБЛИЦА III



Коралловые каркасные известняки, слагающие биогерм. Верхняя юра, Крым. Фото Д. В. Осадчей.

ТАБЛИЦА IV



Ветвистый тип органогенного каркаса. Верхняя юра, гора Гаурдак, Юго-Западный Гиссар. Natur. вел.
1 — багряные водоросли рода *Solenopora*; 2 — коралловый известняк с первичной пористостью между скелетными элементами кораллитов. Фото Н. К. Фортунатовой.

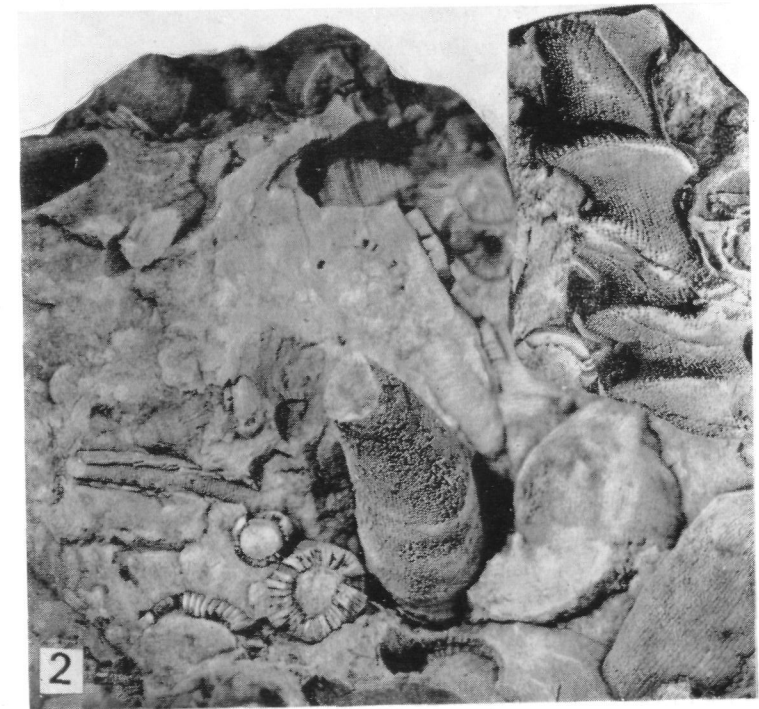
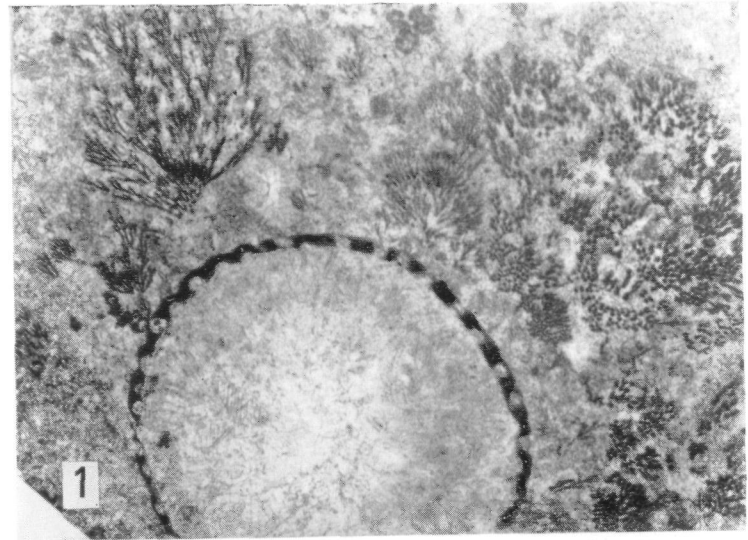
ТАБЛИЦА V



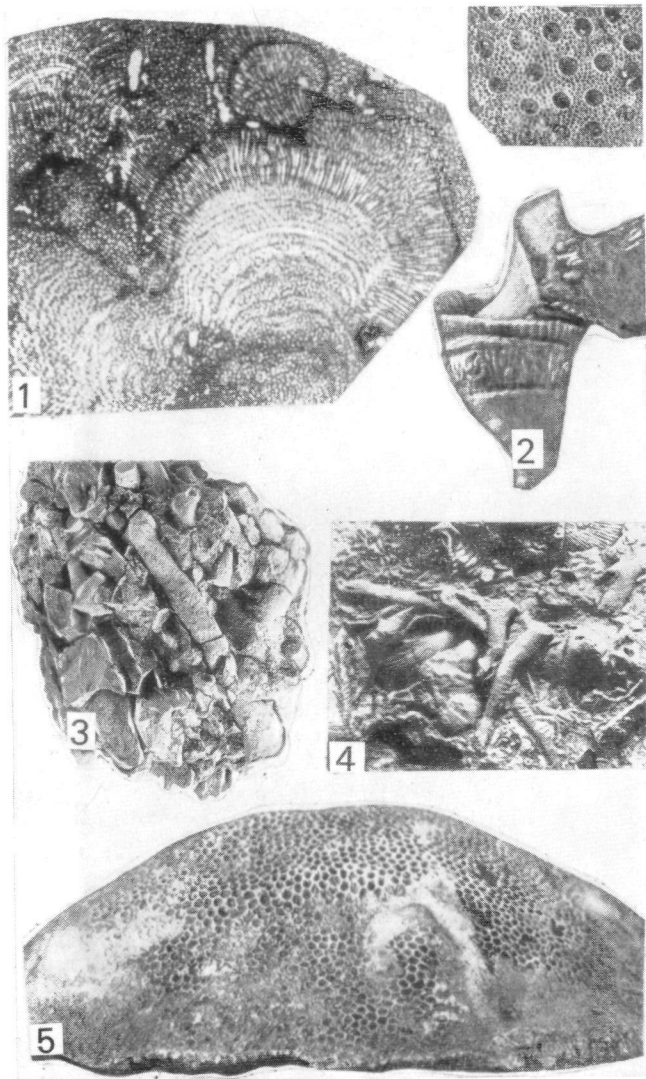
Мшанковые блогермные массивы; видна первичная пористость между колониями мшанок. Неоген, п-ов Казантип, Крым. Фото Д. В. Осадчей.



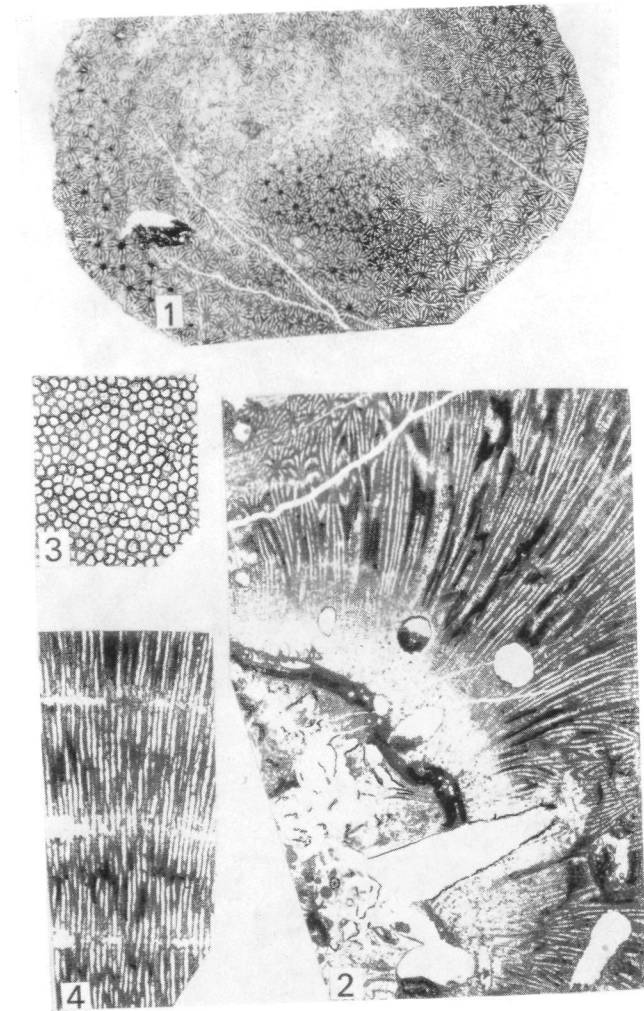
Кавернозность массивных известняков, органогенных построек.
1 — неправильной формы поры и каверны с битуминозными пленками на поверхности стенок. Рифовый массив, нижняя пермь, гора Шахтау, Башкирия; 2 — полые каверны, стенки которых выстланы инкрустационными кальцитовыми корками. Биогерм, средний кембрий, р. Амга, Сибирская платформа. Фото Н. М. Задорожной.



Нарастание каркасных водорослей эпифитон на опрокинутый археоциатовый кубок в биогермных известняках, шлиф, ув. 10 (1). Нижний кембрий, Восточный Саян, р. Базанха. Материалы Н. М. Задорожной; 2 — отпрепарированные кубки археоциат в тафогермах. Ув. 0,5 (2). Нижний кембрий, Тува, р. Шивелиг-хем. Материалы Д. В. Осадчей.



6

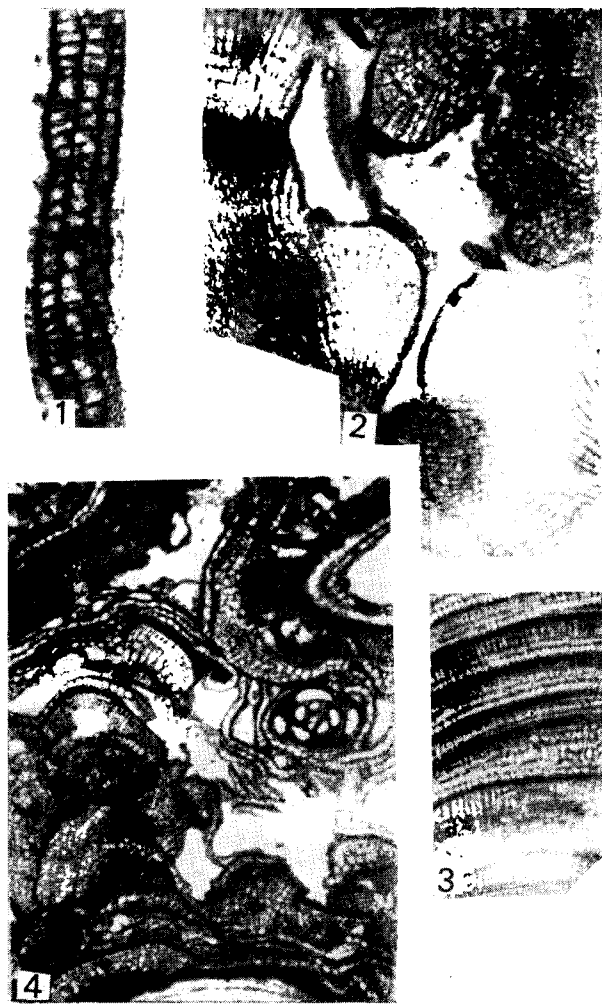


Каркасостроящие колониальные кораллы и хететиды. Верхняя юра, Крым, материалы Д. В. Осадчей.

1 — поперечное сечение шаровидной колонии кораллов (Astrocoeniidae), обр. 1623-1-2, шлиф, ув. 1,5; 2 — продольное сечение той же колонии, шлиф, ув. 2 $\frac{1}{4}$. Видны ходы сверляльщиков, частично выполненные илистым материалом; 3, 4 — хететиды (Chaetetiidae), обр. 1623-И (3 — шлиф, поперечное сечение, ув. 6, 4 — шлиф, продольное сечение, ув. 3).

Каркасостроящие организмы ордовика, силура, девона, карбона.

1 — породообразующие багряные водоросли *Parachaetetes johnsoni* Masl., шлиф, продольное сечение, ув. 12. Карбон, Кемеровская область [Маслов В. П., 1962 г., табл. XXXV, фиг. 1]; 2 — кораллы (ругозы) *Contrilla minima* Bulv. $\frac{1}{5}$ натур. вел. Силур, Подолия, материалы О. И. Никифоровой; 3, 4 — мшанки (*Loeclema* sp.), $\frac{1}{5}$ натур. вел. Девон, Подолия материалы Т. Г. Астровой; 5, 6 — ордовикско-силурийские каркасостроящие кораллы (табуляты). Подолия, материалы О. И. Никифоровой (5 — *Favosites goilandicus* Lam. var. nov. $\frac{1}{5}$ натур. вел., 6 — *Heliolites desipiens* McCoy, ув. 2,5).

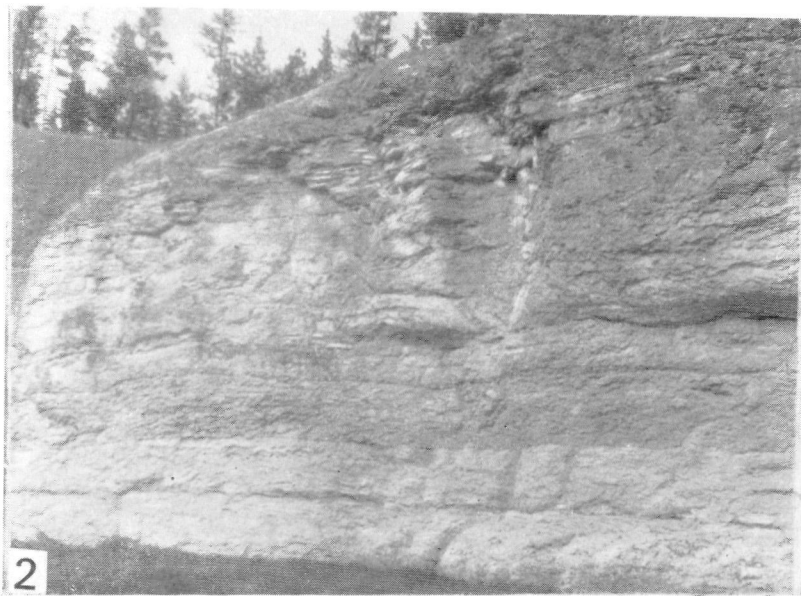


Каркасообразящие багряные водоросли. Кайнозой [Маслов В. П., 1962 г.].

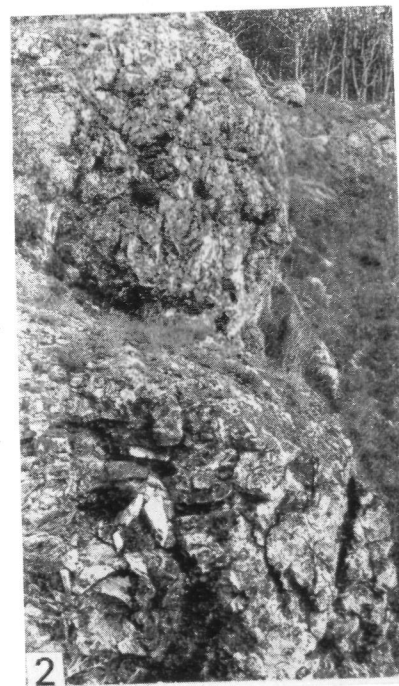
1 — *Melobesia karpatica* Masl., шлиф, ув. 84 (табл. XXIV, фиг. 3). Палеоген, Карпаты;
 2 — *Lithophyllum albanense* Lem., шлиф, ув. 84 (табл. XVII, фиг. 3). Неоген, Зап. Украина;
 3 — *Lithothamnium* sp., шлиф, ув. 84 (табл. XVI, фиг. 2). Палеоген, Карпаты;
 4 — каркасный известняк, ассоциации *Melobesia paracitica* Masl., *Lithophyllum nataliae* Masl., червей и фораминифер, шлиф, ув. 41 (табл. XXVII, фиг. 1). Неоген, Крым.



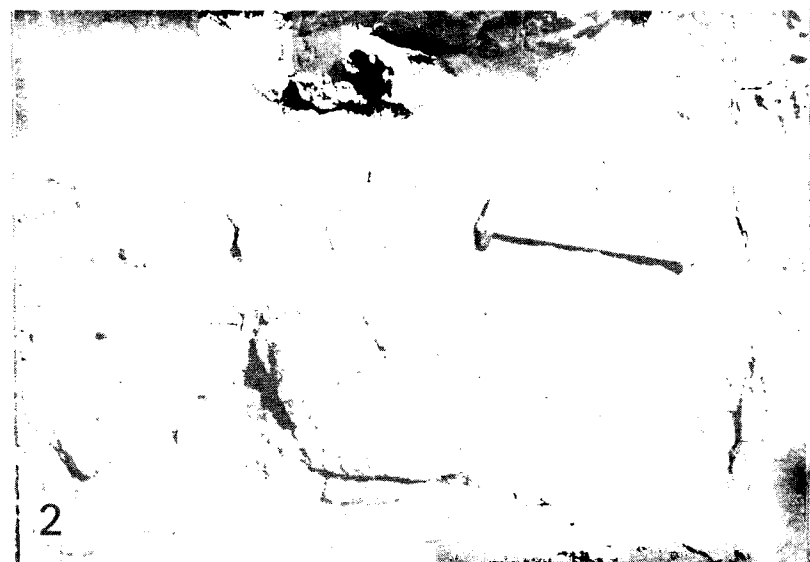
Водорослевые калиптры караваяобразной формы в калиптровом массиве (1). В промежутках между калиптрами гнезда слоистых известняков. Средний кембрий, р. Амга, Сибирская платформа. Фото Н. М. Задорожной. Деталь строения калиптрового массива (2—3). Округлые водорослевые калиптры с поверхности выветривания похожи на выходы известняковых конгломератов. Нижний кембрий, Тува, р. Баян-кол. Фото Н. М. Задорожной.



Биостромный пласт (1, a) в основании биогермных массивов (1, б). Средний кембрий, р. Амга, Сибирская платформа. Тот же биостромный пласт крупным планом (2). Фото Н. М. Задорожной.



Дилофонидные нижнекембрийские водорослевые биогермы. 1 — лог Извилистый, Тува. Фото В. А. Лучининой; 2—3 — р. Базанха, Восточный Саян. Фото Н. М. Задорожной.



Дилофондные биогермы.

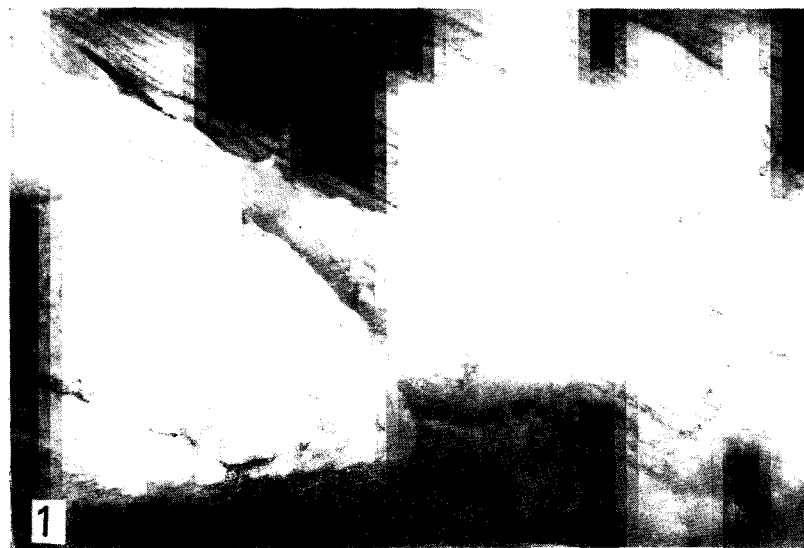
1 — мшанковый биогерм (онкоид). Контакты с вмещающими отложениями впритык, с перекрывающими — облекания. Неоген, полуостров Казантип. Фото Н. М. Задорожной; 2 — археоциано-водорослевый биогерм неправильной формы; с вмещающими отложениями контакт впритык. Нижний кембрий, гора Утук-хая, Тува. Фото В. А. Лучининой.



Водорослево-кораллово-губковые биогермы. Контакты с перекрывающими отложениями типа облекания. Верхняя юра, Крым. Фото Н. М. Задорожной.



Монолофоидный водорослевый биогерм с комплексными контактами: с перекрывающими отложениями — облекания, с вмещающими — впритык. Средний кембрий, р. Амга, Сибирская платформа. Фото Н. М. Задорожной.

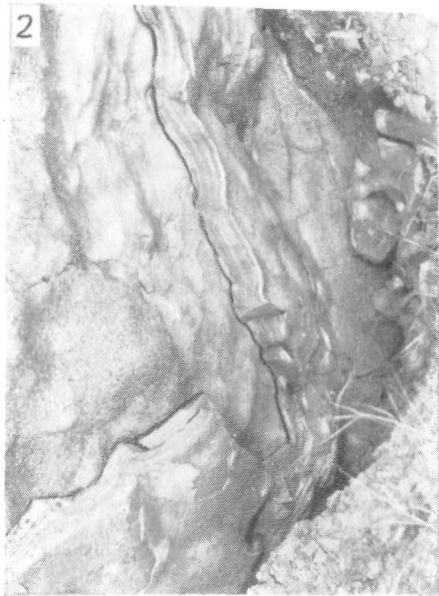


Деталь комплексного контакта монолофоидного водорослевого биогерма (см. табл. XVI) с вмещающими глинистыми известняками.

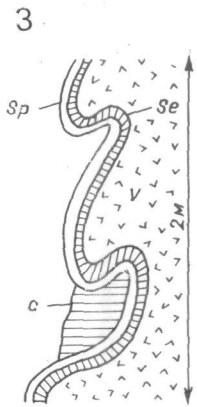
1 — перекрывающие слои облекают биогерм; 2 — на окончании биогерма наблюдается контакт впритык. Средний кембрий, р. Амга, Сибирская платформа. Фото Н. М. Задорожной.



1

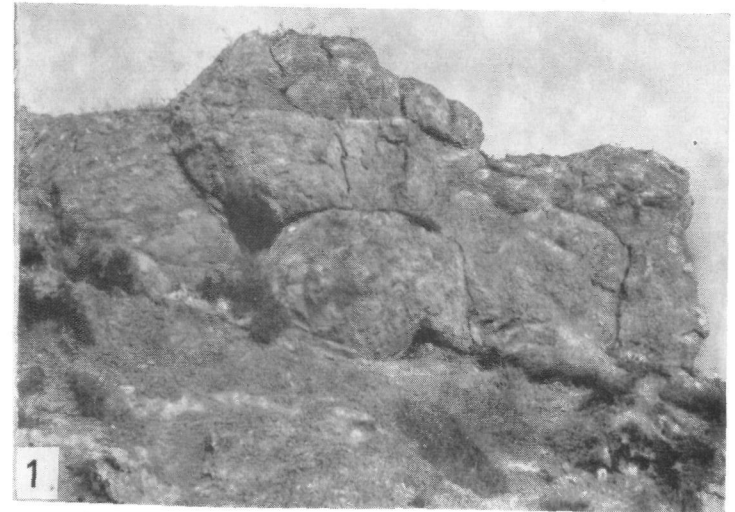


2

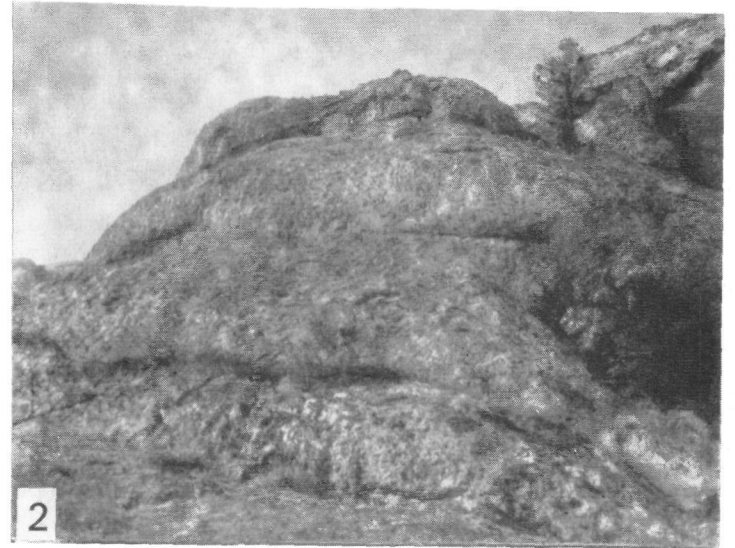


3

Биоморфная слоистость в мшанковых биогермах, повторяющая контуры постройки (1). Неоген, полуостров Казантип, Крым. Фото Н. М. Задорожной; мшанковый биогерм, покрытый с поверхности вторичными инкрустационными коробками (2). Неоген, полуостров Казантип, Крым. Фото Н. М. Задорожной; поверхность среднесарматского мшанкового биогерма (V), покрытая вторичными серпуловой (Se) и спирорбисовой (Sp) корками (3). В углублении поверхности биогерма находятся породы верхнего сармата (c) [Андрусов Н. И., 1961, фиг. 69].



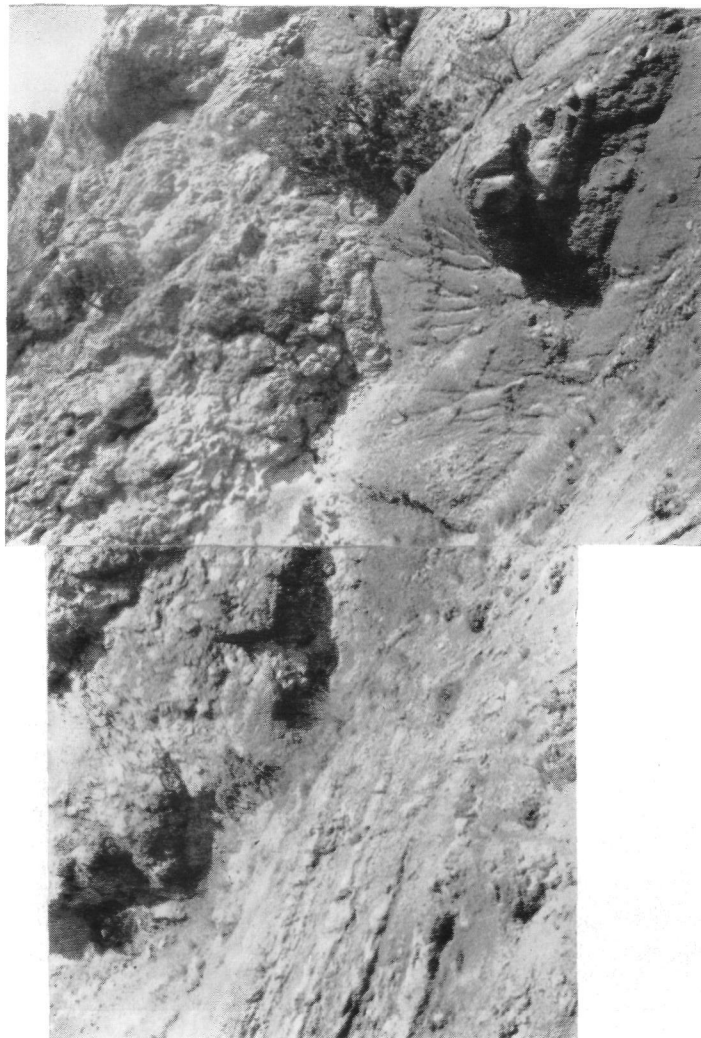
1



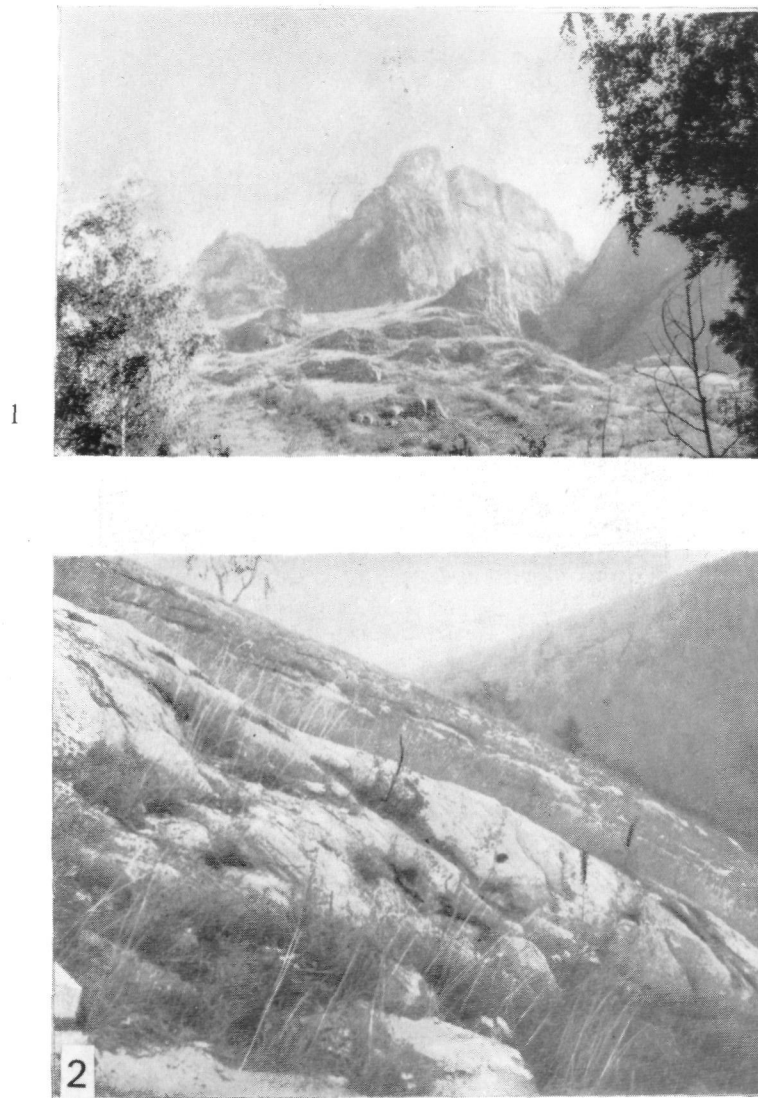
2

Биогермные массивы с полибиогермным строением. Фото Н. М. Задорожной.

1 — мшанковый биогермный массив, состоящий из трапециевидных обособленных биогермов. Неоген, полуостров Казантип, Крым; 2 — водорослево-кораллово-губковый биогермный массив, состоящий из караваевидных биогермов. Верхняя юра, Крым.



Неровный контакт биогермного массива с подстилающими, терригенными отложениями. Верхняя юра, горы Лысая, Крым. Фото Н. М. Задорожной.



Крупнокальные выходы массивных рифовых известняков, в которых не обособляются отдельные биогермы (1). Нижний кембрий, р. Базаиха, Восточный Саян. Фото Н. М. Задорожной; плоскостлаженные выходы биогермных массивов, состоящих из неотчетливо обособленных монолофидных биогермов (2). Нижний кембрий, Алтае-Саянская область, Батеневский кряж. Фото Н. М. Задорожной.



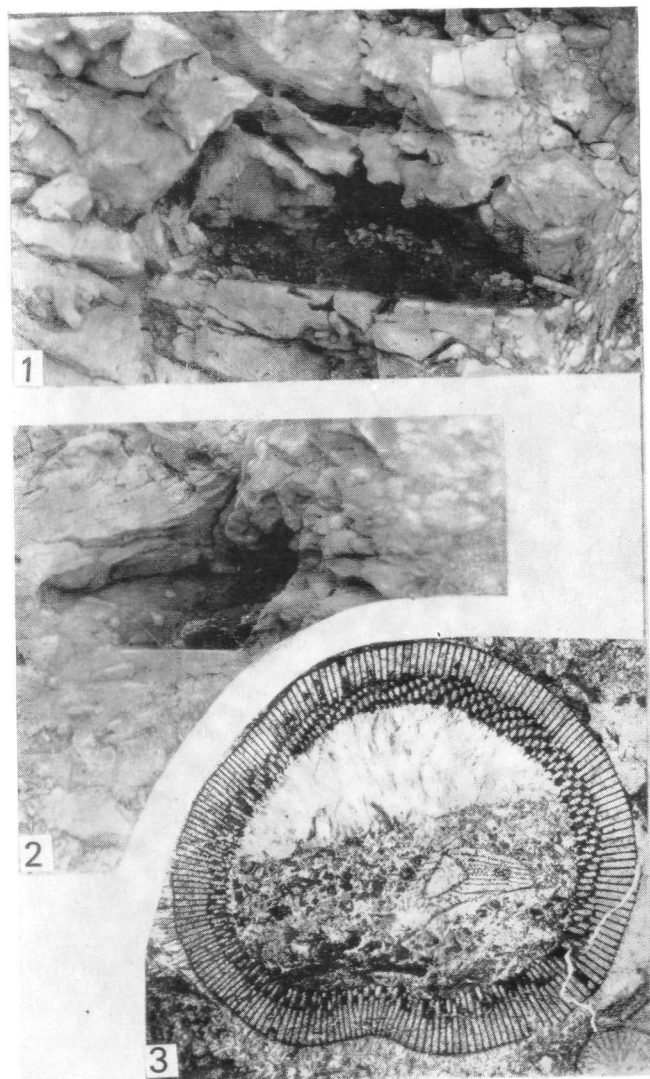
Форма выходов рифовых известняков. Нижний кембрий, Восточный Саян, р. Базаиха. Фото Н. М. Задорожной.

1: а — крупнокальные обнажения массивных археоциато-водорослевых известняков, фации рифового ядра, б — террасовидные выходы грубоплитчатых детритовых известняков; 2—3 — изолированные скальные обнажения, представляющие собой останцы доломитизированных биогермов (2 — общий вид, 3 — ближний план).



Биоморфная плитчатость и тектоническая отдельность в биогермных археоциато-водорослевых известняках. Нижний кембрий, Батеневский край, Алтай-Саянская область. Фото Н. М. Задорожной.

1—2 — полого-ступенчатая форма выходов, обусловленная биоморфной отдельностью; 3 — тектоническая отдельность.



Полости-ватерпасы, выполненные частично пелитоморфным известняком (1—2). Нижняя пермь, шихан Юрактау, Приуралье. Фото Н. М. Задорожной; раковина-ватерпас — археоциатовый кубок, заполненный частично детритовым материалом и выше поверхности, отвечающей уровню палеогоризонта, — кальцитом (3). Материалы Д. В. Осадчей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андеркенская биогермная гряда и история ее образования/Никитин И. Ф., Гниловская М. Б., Журавлева И. Т. и др.— В кн.: Среда и жизнь в геологическом прошлом. Новосибирск, Наука, 1974, с. 122—159.
- Андрюсов Н. И. Ископаемые мшанковые рифы Керченского и Таманского полуостровов. Т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1961. 712 с. (Избр. труды).
- Бендукидзе Н. С. К геологической истории позднеюрской рифовой формации Сванетии, Рачи и юга Осетии.— В кн.: Проблемы геологии Грузии. Тбилиси, Мецниереба, 1978, с. 160—169. (Труды ГИН ГрузССР, нов. сер., вып. 59).
- Биссал Г. Д., Чилингар Д. В. Классификация осадочных карбонатных пород.— В кн.: Карбонатные породы. Т. 1. М., Мир, 1970, с. 87—164.
- Водорезов Г. И. О некоторых ископаемых рифогенных образованиях и возрасте окружающих их отложений.— В кн.: Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Урала. Вып. 2. М., Госгеолтехиздат, 1969, 20—30.
- Воронова Л. Г. Морфология водорослевых построек из нижнекембрийских отложений низовьев р. Лены.— В кн.: Проблемы палеонтологии и биостратиграфии нижнего кембрия Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, Наука, 1973, с. 80—84.
- Геология и нефтегазоносность рифовых комплексов/Под ред. чл.-кор. АН СССР К. Р. Чепикова. М., Мир., 1968, с. 5—292.
- Геология рифовых систем кембрия Западной Якутии/Под ред. В. Е. Савицкого. Новосибирск, 1979, с. 3—152. (Труды СНИИГГИМС, вып. 210).
- Дарвин Ч. Строение и распределение коралловых рифов. Т. 2/Под ред. Л. С. Берга, Н. И. Вавилова и др. М.—Л., Гос. изд-во биол. и мед. лит., 1936, с. 285—450.
- Елтышева Р. С., Предтеченский Н. Н., Сытова В. А. Органогенные постройки в силурийских отложениях Подолии.— В кн.: Граница силура и девона и биостратиграфия силура. Л., Наука, 1971, с. 88—94.
- Журавлева И. Т. Раннекембрийские органогенные постройки на территории Сибирской платформы.— В кн.: Организм и среда в геологическом прошлом. М., Наука, 1966, с. 61—84.
- Журавлева И. Т. Раннекембрийские фациальные комплексы археоциата (р. Лена, среднее течение).— В кн.: Проблемы биостратиграфии и палеонтологии нижнего кембрия Сибири. М., Наука, 1972, с. 31—109.
- Журавлева И. Т. Сахайская органогенная полоса. В кн.: Среда и жизнь в геологическом прошлом. Вопросы экостратиграфии. Новосибирск, Наука, 1979, с. 128—154.
- Журавлева И. Т., Мягкова Е. И. Морфология ископаемых элементарных органогенных построек.— В кн.: Среда и жизнь в геологическом прошлом. Новосибирск, Наука, 1977, с. 125—134.
- Журавлева И. Т., Мягкова Е. И. О классификации современных и ископаемых органогенных построек.— В кн.: Среда и жизнь в геологическом прошлом. Вопросы экостратиграфии. Новосибирск, Наука, 1979, с. 117—128.

Журавлева И. Т., Равикович А. И. Морфология и эволюция органогенных построек.— В кн.: Среда и жизнь в геологическом прошлом (поздний докембрий и палеозой Сибири). Новосибирск, Наука, 1973, с. 48—53.

Задорожная Н. М. Раннекембрийские органогенные постройки восточной части Алтае-Саянской складчатой области.— В кн.: Среда и жизнь в геологическом прошлом. Палеоэкологические проблемы. Новосибирск, Наука, 1974, с. 159—186.

Задорожная Н. М. Закономерности строения и размещения нижнекембрийских органогенных построек Алтае-Саянской складчатой области.— Сов. геология, 1975, № 3, с. 87—98.

Задорожная Н. М., Журавлева И. Т., Репина Л. Н. Базанхский горизонт нижнего кембрия в стратотипе и новые данные о торгашинской свите.— Геология и геофизика, 1972, № 3, с. 13—27.

Задорожная Н. М., Новоселова Л. Н. Корреляция биогермных тел и слоистых известняков по терригенным минералам (нижний кембрий Алтае-Саянской складчатой области).— В кн.: Литология и палеогеография биогермных массивов. М., Наука, 1975, с. 57—72.

Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ масштаба 1 : 50 000 и 1 : 25 000/Под ред. Д. В. Вознесенского. М., Госгеолтехиздат, 1956. 374 с.

Инструкция по составлению и подготовке к изданию геологической карты масштаба 1 : 50 000. М., Госгеолтехиздат, 1962. 41 с.

Ископаемые органогенные постройки, рифы, методы их изучения и нефтегазоносность/Королюк И. К., Михайлова М. В., Равикович А. И. и др. М., Наука, 1975. 235 с.

Ископаемые рифы и методика их изучения. Свердловск, Изд-во Уральск. филиала АН СССР, 1968. 251 с.

Королюк И. К. Подольские толтры и условия их образования. М., 1952. 138 с. (Труды ГИН АН СССР, сер. геол., вып. 110, № 56).

Королюк И. К. Биогермные образования Западного Прибайкалья.— В кн.: Ископаемые рифы и методы их изучения. Свердловск, 1968, с. 55—71.

Королюк И. К. Классификация и диагностика карбонатных пород рифогенных толщ палеозоя.— В кн.: Фации и геохимия карбонатных отложений. Тезисы докладов. Л.—Таллин, 1973, с. 8—10.

Королюк И. К. Органогенные постройки и рифовые формации палеозоя западного склона Южного Урала и Приуралья.— В кн.: Литология и палеогеография биогермных массивов. М., Наука, 1975, с. 45—56.

Королюк И. К. Карбонатные формации и органогенные постройки зон сочленения платформ и складчатых областей и их нефтегазоносность (на примере Прибайкалья и Приуралья). Реф. лис. М., 1978. 48 с.

Королюк И. К., Михайлова М. В. Сравнительная характеристика биогермных образований.— В кн.: Состояние и задачи советской литологии. М., Наука, 1970, с. 229—235.

Королюк И. К., Михайлова М. В. Терминология, критерии выделения, классификация и методы изучения рифогенных отложений.— Литология и полезные ископаемые, 1977, № 2, с. 24—35.

Краснов Е. В. К изучению рифовых фаций мальма СССР.— В кн.: Ископаемые рифы и методы их изучения. Свердловск, 1968, с. 169—183. (Труды III палеоэкол.-литол. сессии).

Крашенинников Г. Ф. Тектоническое положение биогенных рифов.— Там же, с. 27—34.

Крашенинников Г. Ф. Карбонатная рифовая формация.— В кн.: Литология и палеогеография биогермных массивов. М., Наука, 1975, с. 5—20.

Кузнецов В. Г. О развитии рифов при изменениях уровня моря (к теории трансгрессивных и регрессивных рифов).— Изв. АН СССР, сер. геол., 1971, № 11, с. 124—132.

Кузнецов В. Г. Геология рифов и их нефтегазоносность. М., Недра, 1978. 304 с.

Кузьминская К. С., Хаин В. Е. Развитие рифов в истории Земли.— В кн.: Жизнь Земли. М., Изд-во Моск. ун-та, 1964, № 2, с. 31—43.

Кушлин Б. К. Реконструкция первичных склонов ископаемых рифов.— В кн.: Ископаемые рифы и методы их изучения. Свердловск, 1968, с. 40—45.

Лисицын А. П., Петелин В. П. Коралловые рифы и связанные с ними осадки.— В кн.: Тихий океан. Т. 2. Осадкообразование в Тихом океане. М., Наука, 1970, с. 69—106.

Литология и палеогеография биогермных массивов (ископаемых и современных). М., Наука, 1975. 199 с.

Лучинина В. А. Экология водорослей и микроструктура водорослевых биостромов нижнего кембрия среднего течения р. Лены.— В кн.: Среда и жизнь в геологическом прошлом (докембрий и палеозой Сибири). Новосибирск, Наука, 1973, с. 69—71.

Максимова С. В. Заполярные коралловые рифы и их значение для палеогеографии.— Геология и разведка, 1971, № 1, с. 13—19.

Маслов В. П. Геолого-литологическое исследование рифовых фаций Уфимского плато.— Труды ГИН АН СССР, сер. геол., 1950, вып. 118, № 2. 69 с.

Маслов В. П. Карбонатные проблематики округлой формы (оолиты, онколиты, капролиты, сгустки и т. п. микрообразования). М., 1955, с. 150—163. (Труды ГИН АН СССР, сер. геол., вып. 155, № 66).

Маслов В. П. Известковые водоросли как указатели условий образования осадка.— Сов. геология, 1959, № 12, с. 126—128.

Маслов В. П. Биогермы и водоросли как указатели фаций.— Геол. сб. Львов. геол. о-ва, 1961а, № 7—8, с. 441—449.

Маслов В. П. Водоросли и карбонатоосаждение.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1961б, № 12, с. 81—85.

Маслов В. П. Биогермные желваковые известняки и их значение при классификации карбонатных пород.— Литология и полезные ископаемые, 1966, № 2, с. 130—135.

Международный стратиграфический справочник/Под ред. Х. Хеллберга. М., Мир, 1978. 226 с.

Методические указания по геологической съемке масштаба 1 : 50 000/Гл. ред. А. С. Кумпан. Вып. 1—13. Л., Недра, 1969—1973.

Методическое руководство по геологической съемке и поискам/Под ред. А. С. Музылева. М., Госгеолтехиздат, 1954. 507 с.

Методическое руководство по геологической съемке масштаба 1 : 50 000/Под ред. А. С. Кумпана. 2-е изд. Л., Недра, 1978, ч. 1, с. 3—502; ч. 2, с. 3—286.

Михайлова М. В. Строение и условия образования оксфордских биогермов в районе г. Судака.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1959, № 5, с. 52—60.

Михайлова М. В. Петрографические особенности карбонатных пород верхней юры Северного Кавказа и Предкавказья и выделение среди них типов коллекторов.— Литология и полезные ископаемые, 1965, № 5, с. 18—30.

Михайлова М. В. Биогермные массивы в верхнеюрских отложениях Горного Крыма и Северного Кавказа.— В кн.: Ископаемые рифы и методика их изучения. Свердловск, 1968, с. 196—209. (Труды III палеоэкол.-литол. сессии).

Мяньиль Р. И., Эйнасто Р. Э. Распространение рифогенных образований ордовика и силура в Балтийском бассейне.— Там же, с. 72—78.

Наливкин Д. В. Учение о фациях. Т. I. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1956. 534 с.

Наливкин В. Л. Связь рифовых массивов Урала с тектоническими структурами.— В кн.: Вопросы взаимосвязи палеонтологии и тектоники. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 154—161.

Нижнепермский биогермный массив Шахтау (Башкирия)/Королюк И. К., Кириллова И. А., Меламуд Е. Л., Раузер-Черноусова Д. М.— Бюл. МОИП, отд. геол., 1970, т. 45, № 4, с. 46—59.

Осадчая Д. В., Краснов Е. В. Эволюция рифообразующих организмов.— В кн.: Среда и жизнь в геологическом прошлом (фации и организмы). Новосибирск, Наука, 1977, с. 113—124.

Основные положения организации и производства геологосъемочных работ масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000). М., Недра, 1968. 56 с.

- Писарчик Я. К., Минаева М. А., Русецкая Г. А. Палеогеография Сибирской платформы в кембрии. Л., Недра, 1975. 195 с. (Труды ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 215).
- Преображенский Б. В. Морфология и палеоэкология табулярных кораллов. Реф. дис. Владивосток, 1980. 42 с.
- Равикович А. И. Современные и ископаемые рифы. М., Изд-во АН СССР, 1954. 172 с.
- Равикович А. И. Рифы и роль тектонических движений в их образовании.— Бюл. МОИП, 1960, № 1, с. 47—68.
- Равикович А. И., Журавлева И. Т. Эволюция органогенных построек в истории Земли.— В кн.: Древние *Chidaria*. Т. II. Новосибирск, Наука, 1975, с. 11—18.
- Раннекембрийские органогенные постройки на территории Тувы (Саяно-Алтайская складчатая область)/Задорожная Н. М., Осадчая Д. В., Журавлева И. Т., Лучинина В. А.— В кн.: Среда и жизнь в геологическом прошлом (поздний докембрий и палеозой Сибири). Новосибирск, 1973, с. 53—65.
- Рейман В. М. Органогенные фации рифовых областей.— В кн.: Проблемы геологии Таджикистана. Душанбе, 1964, с. 113—125.
- Решения III палеозолого-литологической сессии.— В кн.: Ископаемые рифы и методика их изучения. Свердловск, 1968, с. 248—251.
- Решения IV палеозолого-литологической сессии, проходившей в Крыму и в Молдавии в сентябре 1966 г.— Палеонтолог. журн., 1968, № 4.
- Савицкий В. Е., Асташкин В. А. Рифовые системы кембрия Западной Якутии.— Сов. геология, 1978, № 6, с. 27—37.
- Саянов В. С. Состав, строение и происхождение среднесарматских биогермов Молдавской ССР.— В кн.: Ископаемые органогенные постройки и методика их изучения. Свердловск, 1968, с. 210—225.
- Смирнов Г. А. О литологическом изучении биогермов.— В кн.: Ископаемые рифы и методы их изучения. Свердловск, 1968, с. 35—39.
- Стратиграфический кодекс СССР. Л., 1977. 79 с.
- Строение рифогенных отложений в нижнем палеозое Северного Казахстана/Львова Т. Н., Деметьев П. К., Иванов Д. В., Кисляков Я. М.— В кн.: Материалы по региональной тектонике СССР. Л., Недра, 1964, с. 44—54.
- Тектонические закономерности распространения рифов, их нефтегазонасность и методика поисков/Максимов С. П., Каледя Г. А., Гейман Б. М., Такаев Ю. Г.— В кн.: Рифогенные образования нефтеносных областей Русской платформы. М., 1976, с. 5—20. (Труды ВНИГНИ, вып. 194).
- Уилсон Дж. Л. Карбонатные фации в геологической истории. М., Недра, 1980. 463 с.
- Фортунатова Н. К., Григорьева И. Г. Опыт изучения каркаса органогенных построек на примере верхнеюрских биогермов Юго-Западного Гиссара.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 10, с. 28—32.
- Фортунатова Н. К., Михеев И. Г. Строение верхнеюрских рифовых комплексов юго-западного Гиссара.— В кн.: Литология и палеогеография биогермных массивов. М., Наука, 1975, с. 156—161.
- Хаин В. Е. Рифы и тектоника.— В кн.: Значение биосферы в геологических процессах. Вопросы взаимосвязи палеонтологии и тектоники. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 162—170.
- Шамов Д. Ф., Геккер Р. Ф. Окаменелости-ватерпасы и полости-ватерпасы.— В кн.: Организм и среда в геологическом прошлом. М., Наука, 1966, с. 255—262.
- Штеренберг Л. Е., Гречин В. И., Соловьев А. Л., Шурина Г. Н. К методике окрашивания карбонатных пород.— Литология и полезные ископаемые, 1972, № 5, с. 127—132.
- Шуйский В. П. Известняковые рифообразующие водоросли нижнего девона Урала. М., Наука, 1973. 156 с.
- Шуйский В. П., Мухина В. П. Палеогеографическое положение и некоторые данные о литологии нижнедевонских и нижнеэфельских рифов Урала.— В кн.: Ископаемые рифы и методика их изучения. Свердловск, 1968, с. 89—115.
- Язмир М. М. К вопросу о морфолого-генетической классификации биогермов. Улан-Удэ, 1961, с. 52—59. (Материалы по геологии и полезным ископаемым Бурятской АССР, вып. 6).
- Classification of carbonate rocks. A symposium Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 1, 1962, p. 224—252.
- Cloud P. E. Facies relationships of organic reefs.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1962, v. 38, p. 2125—2149.
- Cummings E. R. Reefs or bioherms.— Bull., Geol. Soc. Amer., 1932, v. 43, N 1, p. 331—352.
- Daly R. A. The glacial control of coral reefs.— Amer. Acad. Arts Sci. Proc., 1915, v. 51, N 4, 251 p.
- Heckel P. H. Carbonate buildups in the Geologic Record: a review.— Reefs in time and space. Soc. Econ. Paleont. and Mineral. Spec. Publ. Tulsa, Oklahoma, 1974, N 18, p. 90—154.
- Henson F. R. Cretaceous and tertiary reef formations and associated sediments in Middle East.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1950, v. 34, N 2, p. 215—238.
- Land H. S., Washington D. C. Recent reefs.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1950, v. 34, N 2, p. 203—214.
- Link T. A. Theory of transgressive and regressive reef (bioherm) development and origin of oil.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1950, v. 34, N 2, p. 263—294.
- Mac Neil F. S. Organic reefs and banks and associated detrital sediments.— Amer. Journ. Sci., 1954, v. 252, N 7, p. 385—401.
- Maxwell W. G. Atlas of the Great Barrier Reef. Amsterdam—London, Elsevier Publ., 1968, 258 p.
- Nelson H. P., Brown G. W., Brineman J. H. Skeletal limestone classification. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Mem. 1, 1962, p. 224—252.
- Newell N. D. The evolution of reefs.— Scientific American., N 6, June 1972, p. 54—65.
- Reefs in time and space. Soc. Econ. Paleont. and Mineral. Spec. Publ. Tulsa, Oklahoma, 1974, N 18. 256 p.
- Stanton R. J. Factors controlling shape and internal facies distribution of organic carbonate buildups.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1967, v. 51, N 12, p. 2462—2467.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3	3.6. Литологическое изучение пород органогенных построек (Н. К. Фортунатова)	129
Глава 1. Общие сведения об ископаемых органогенных постройках	6	3.6.1. Литологические признаки каркасных известняков	135
1.1. Признаки ископаемых органогенных построек (Н. М. Задорожная)	—	3.6.2. Литологические признаки сопутствующих пород	—
1.2. Терминология и классификация ископаемых органогенных построек (Н. М. Задорожная)	15	3.6.3. Полевое изучение карбонатных пород органогенных построек	140
1.2.1. Принципы классификации	—	3.6.4. Изучение карбонатных пород шлейфовых отложений	140
1.2.2. Типы построек	18	3.7. Отбор образцов при литологическом изучении органогенных построек (Н. К. Фортунатова, В. П. Шуйский)	142
1.2.3. Сложные тела и толщи, образованные пространственной группировкой различных типов построек	42	3.8. Литологическое изучение карбонатных отложений, вмещающих органогенные постройки (И. Г. Михеев)	143
1.3. Карбонатные тела, морфологически сходные с ископаемыми постройками (Н. М. Задорожная)	47	3.8.1. Расположение разрезов	144
1.4. Основные этапы развития каркасных организмов (Д. В. Осадчая, Е. В. Краснов)	54	3.8.2. Описание разрезов	145
1.5. Факторы, контролирующие развитие органогенных построек (Н. М. Задорожная)	60	3.8.3. Приемы графического изображения	148
1.5.1. Биотические факторы	61	3.9. Методы определения элементов залегания при картировании массивных известняков (В. П. Шуйский, Н. М. Задорожная)	157
1.5.2. Абиотические факторы	64	3.9.1. Использование биостратиграфических данных	158
1.5.3. Общие критерии систематизации ископаемых построек	71	3.9.2. Использование палеоэкологических признаков	159
Глава 2. Предполевая подготовка	75	3.9.3. Использование литологических признаков	162
2.1. Общие вопросы (Д. В. Осадчая)	—	3.10. Маркирующие горизонты при картировании отложений с органогенными постройками (Н. М. Задорожная)	170
2.2. Краткий обзор основной литературы по органогенным постройкам (Д. К. Патрунов)	77	3.11. Биостратиграфический метод расчленения и корреляции разрезов (Д. В. Осадчая, Е. В. Краснов)	174
Глава 3. Методы полевого изучения и картирования ископаемых органогенных построек	83	3.11.1. Стратиграфическая последовательность в слоистых толщах, включающих мелкие органогенные постройки	—
3.1. Основные задачи при геологической съемке отложений с органогенными постройками (Н. М. Задорожная)	—	3.11.2. Стратиграфическая последовательность в массивных известняках, слагающих крупные органогенные постройки	175
3.2. Размещение маршрутов (Н. М. Задорожная)	84	3.11.3. Корреляция разрезов	180
3.3. Общая схема изучения формы, контактов и внутреннего строения (Н. М. Задорожная)	87	3.12. Тафономические и палеоэкологические исследования (Е. В. Краснов, Д. В. Осадчая)	183
3.3.1. Элементарные и простые постройки	88	3.13. Метод актуализма в познании ископаемых органогенных построек (Б. В. Преображенский)	195
3.3.2. Сложные и сложно-дифференцированные постройки	98	3.13.1. Современные рифы	197
3.4. Геоморфологические признаки ископаемых построек (Н. М. Задорожная)	121	3.13.2. Понятие о рифе	202
3.5. Состав карбонатных пород в органогенных постройках и во вмещающих отложениях (М. А. Минаева, Н. К. Фортунатова, И. Г. Михеев)	123	3.13.3. О классификации современных рифов	204
3.5.1. Доломиты в органогенных постройках и во вмещающих отложениях (Д. К. Патрунов)	124	3.14. Типичные ошибки, возникающие при картировании ископаемых построек (Н. М. Задорожная)	209
3.5.2. Методы полевой диагностики доломитов (М. А. Минаева, Д. К. Патрунов)	126	3.15. Крупномасштабное картирование ископаемых построек (Н. М. Задорожная)	215
		Глава 4. Геофизические методы изучения отложений с органогенными постройками (В. Г. Кузнецов, Ф. И. Хатьянов)	222
		4.1. Методы полевой геофизики	—
		4.2. Геофизические исследования в скважинах	232
		Глава 5. Некоторые рекомендации по поискам полезных ископаемых, связанных с органогенными постройками (В. Г. Кузнецов)	234
		5.1. Изучение вскрытых ископаемых рифов для прогноза возможной нефтегазоносности погребенных рифовых массивов	—
		5.2. Поиски рудных полезных ископаемых	238
		5.2.1. Бокситы	241
		5.2.2. Марганцевые руды	243
		5.2.3. Полиметаллические руды	244
		5.3. Поиски нерудных полезных ископаемых и подземных вод	244

5.3.1. Фосфориты	244
5.3.2. Прочие твердые полезные ископаемые	246
5.3.3. Подземные воды	247
Глава 6. Систематизация и камеральная обработка материалов геологической съемки	248
6.1. Классификация и номенклатура карбонатных пород (В. П. Шуйский)	—
6.2. Изучение карбонатных пород в шлифах (В. П. Шуйский)	253
6.3. Основные аналитические работы (В. П. Шуйский)	255
6.4. Геохимическое изучение рифовых комплексов (В. Г. Кузнецов)	257
6.5. Корреляция органогенных построек с вмещающими отложениями по терригенным минералам (Л. Н. Новоселова, Н. М. Задорожная)	264
6.5.1. Отбор и подготовка проб к анализу	265
6.5.2. Примеры использования минералогического метода	267
Глава 7. Некоторые основные закономерности распространения органогенных построек в разнотипных седиментационных бассейнах (Н. М. Задорожная, Р. Э. Эйнасто)	276
7.1. Платформенные бассейны	277
7.1.1. Внутренняя часть шельфа	—
7.1.2. Краевая часть шельфа	283
7.1.3. Наложённые глубоководные прогибы и впадины	289
7.2. Геосинклинальные бассейны	291
Список литературы	321

Методическое пособие
по геологической съемке масштаба 1 : 50 000

Выпуск 2

**ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА В РАЙОНАХ РАЗВИТИЯ
ОТЛОЖЕНИЙ С ОРГАНОГЕННЫМИ ПОСТРОЙКАМИ**

Редактор издательства Л. А. Рейхерт
Переплет художника С. И. Зиначева
Технический редактор И. Г. Сидорова
Корректоры Н. Д. Баримова, В. Н. Малахова

ИБ № 3881

Сдано в набор 25.09.81. Подписано в печать 04.02.82. М-24328. Формат 60×90^{1/16}. Бумага тип. № 14-мелованная. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 20,5. Усл. кр.-отт. 20,5. Уч.-изд. л. 21,95. Тираж 3200 экз. Заказ № 1883/1294. Цена 1 р. 60 к.

Издательство «Недра», Ленинградское отделение, 193171, Ленинград, С-171,
ул. Фарфоровская, 12.

Ленинградская типография № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.