

Б.Т. ЯНИН

ОСНОВЫ ТАФОНОМИИ

Б.Т. ЯНИН

ОСНОВЫ ТАФОНОМИИ

4125



МОСКВА "НЕДРА" 1983



Янин Б.Т. Основы тафономии. М.: Недра, 1983. 184 с. ил.

Представляет собой первое в отечественной и зарубежной литературе обобщение по проблемам тафономии и методам тафономических исследований. Рассмотрены основные закономерности образования местонахождений ископаемых организмов; дана методика тафономических, палеоэкологических и актуопалеонтологических исследований; приведены примеры тафономического анализа местонахождений различного генезиса; показаны возможности практического использования данных тафономии и палеоэкологии при решении вопросов экостратиграфии и палеогеографии.

Для стратиграфов, палеонтологов, литологов, палеогеографов и морских геологов, изучающих осадочные формации; может быть использована студентами и преподавателями геологических специальностей вузов.

Табл. 9, ил. 47, список лит. — 51 назв.

Рецензент — д-р биол. наук *В.Н. Шиманский* (ПИН АН СССР)

БОРИС ТИМОФЕЕВИЧ ЯНИН

ОСНОВЫ ТАФОНОМИИ

Редактор издательства *М.Д. Мирзоева*
 Обложка художника *В.У. Полякова*
 Художественный редактор *Е.Л. Юрковская*
 Технический редактор *Л.С. Гладкова*
 Корректор *К.И. Савенкова*
 Оператор *Л.А. Миронова*

ИБ № 4498

Подписано в печать 27.05.83. Т-12910 Формат 60x90 1/16. Бумага офсетная № 1. Набор выполнен на наборно-пишущей машине типа ИБМ "Композер".
 Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,5. Усл. кр.-отт. 11,75. Уч.-изд. л. 14,65.
 Тираж 1155 экз. Заказ 3567 /8547 - 1 Цена 2 р. 30 к.

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра", 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19

Московская типография № 9 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
 Москва Ж-33, Волочаевская, 40.

2002000000 - 395

Я — свод. пл. подписных изд. 1983. © Издательство "Недра",
 043 (01) - 83 1983

ПРЕДИСЛОВИЕ

Тафономия как самостоятельное научное направление палеонтологических исследований создана крупнейшим советским ученым, специалистом по вымершим позвоночным позднего палеозоя И.А. Ефремовым. Этот раздел палеонтологии, основанный на синтезе биологических, палеонтологических и геологических данных, представляет интерес для широкого круга специалистов, занимающихся анализом условий захоронения остатков ископаемых организмов. Тафономический анализ в настоящее время становится необходимым средством комплексного литолого-фациального и формационного изучения осадочных толщ, а также детальной послонной корреляции отложений. Разработка методов экостратиграфии, к которой в настоящее время повысился интерес палеонтологов и геологов, невозможна без более углубленной разработки палеоэкологического и тафономического методов.

К настоящему времени накопился огромный фактический материал как по применению тафономического метода к конкретным геологическим объектам (разрезам, местонахождениям), так и по тафономии большого числа групп ископаемых организмов, а также по терминологии и тафономической классификации, но отсутствие обобщающих работ сильно затрудняет внедрение тафономического метода в практику палеонтологических, стратиграфических и геолого-поисковых исследований.

В предлагаемой книге предпринята попытка обобщения и систематизации данных по теоретическим основам тафономии и методике тафономических исследований, а также дается дальнейшее развитие взглядов И.А. Ефремова на тафономию как самостоятельное научное направление, имеющее свой предмет, задачи и методы исследования. При написании методического раздела автором было заимствовано значительное число из предложенных Р.Ф. Геккером, Е.А. Ивановой и другими советскими палеонтологами приемов полевого и камерального тафономического и палеоэкологического изучения местонахождений.

Автор считает приятным долгом выразить искреннюю благодарность официальному рецензенту В.Н. Шиманскому, сделавшему полезные замечания к рукописи, Р.Ф. Геккеру, В.В. Меннеру, В.В. Друщицу, Д.П. Найдину, В.П. Макридину за доброжелательную помощь, а также И.Е. Лейфману, И.С. Барскову, А.С. Алексееву и С.Н. Голубеву за оказание консультаций.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

БЦ	– биоценоз	ОВ	– органическое вещество
$C_{орг}$	– углерод органического вещества	ОЦ	– ориктоценоз
КГ	– критическая глубина растворения кальцита	ПФ	– планктонные фораминиферы
КЛ	– лизоклин	ПЦ	– палеоценоз
М	– местонахождение	ТК	– таксоценоз
МЦ	– мероценоз	ТН	– танатоценоз
НК	– некроценоз	ТФ	– тафоценоз
		ФЛ	– фораминиферовый лизоклин

ТАФОНОМИЯ И ЕЕ МЕСТО В ПАЛЕОНТОЛОГИИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ТАФОНОМИИ

Тафономия — учение о захоронении остатков организмов — представляет собой самостоятельное направление палеонтологических исследований. И.А. Ефремов, введший в 1940 г. данное название в науку, понимал под тафономией (от греч. *taphos* — захоронять, *nomos* — закон) учение о закономерностях перехода органических остатков из биосферы в литосферу в результате совокупности геологических и биологических процессов. Тафономия включает в себя в качестве подразделений биостратонию Вейгельта и актуопалеонтологию Рихтера. Название *Fossilisationlehre* (учение о фоссилизации), предложенное А. Мюллером [48], автор считает синонимом тафономии.

Как отмечает И.А. Ефремов, в тафономии рассматриваются, с одной стороны, причины массовой гибели организмов, перенос, разрушение и распределение их остатков в осадке, диагенетические изменения остатков в земной коре и т.д., что как правило, лежит вне поля зрения палеонтолога при его обычных морфологических, филогенетических и других исследованиях, а с другой стороны, — процессы формирования и распределения современных осадков, образования и изменения породы и т.д., являющихся предметом изучения седиментолога и литолога. Для тафономии характерен комплексный подход исследований, основанный на палеонтологических, гидробиологических, палеоэкологических, седиментологических, литологических, геохимических и др. данных.

Тафономия, изучая современные процессы накопления, переработки и захоронения остатков организмов в биосфере и восстанавливая процессы, протекавшие в литосфере (разрушение, изменение и фоссилизацию погребенных остатков), занимается тем самым сравнительным изучением процессов захоронения их в геологическом прошлом. Таким образом, тафономический метод, наряду с актуалистическим и палеоэкологическим, является частью сравнительно-исторического метода.

Как следует из самого определения тафономии, главной ее задачей является изучение процессов захоронения остатков организмов в биосфере и восстановление условий образования местонахождений окаменелостей в литосфере. Так как процесс перехода посмертных остатков организмов из биосферы в литосферу происходит в результате взаимодействия биологических и геологических явлений, а превращение захороненных остатков в окаменелости протекает под воздействием геохимического фактора, то можно представить всю сложность главной проблемы тафономии, слагающейся из целого ряда задач: 1) изучения условий и характера посмертного разрушения, переноса, распределения и захоронения остатков современных организмов в различных обстановках, 2) исследования характера изменения и сохранения первичного состава органического и минерального вещества окаменелостей, 3) восстановления характера динамической переработки и сохранения остатков организ-

мов в процессе их фоссилизации в земной коре, 4) изучения условий изменения окаменелостей в зоне поверхностного выветривания, 5) систематизации данных по переотложению окаменелостей, 6) совершенствования как общей, так и частных методик тафономического анализа, 7) разработки тафономической классификации местонахождений, 8) упорядочения терминологии и другие задачи.

РАЗВИТИЕ ТАФНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Тафономия как самостоятельное научное направление оформилось относительно недавно — лишь в середине текущего столетия. Ее развитие во многих отношениях шло параллельно с развитием палеоэкологии [31]. В связи с разработкой методики тафономических исследований и развития тафономии как одного из разделов палеонтологии, можно выделить следующие этапы ее истории.

Зарождение тафономии. Первые наблюдения, которые можно отнести к разряду тафономических, проводились М.В. Ломоносовым, К.Ф. Рулье, В.О. Ковалевским, А.П. Карпинским, М.Э. Ноинским, И. Вейгельтом, В. Декке, Р. Рихтером и др. Их работы явились по существу истоками тафономии. Так, в геологических работах В.О. Ковалевского 1874, 1875 гг. мы видим оригинальный подход к решению как теоретических, так и практических вопросов в изучении разрезов и интерпретации палеонтологических данных. При исследовании меловых отложений Франции В.О. Ковалевский проводит комплексные полевые наблюдения, специально отмечая сохранность, окатанность, характер диагенетических изменений окаменелостей, степень их выветривания, характер взаимоотношения остатков, приводит факты посмертного переноса современных спирул; занимается фаціальным анализом и т.д. Все эти наблюдения и факты были использованы ученым при реконструкции условий захоронения остатков и формирования осадков в определенной зоне бассейна.

Большое внимание изучению условий захоронения остатков организмов уделял А.П. Карпинский. В работе о геликоприоне 1899 г. он впервые в отечественной практике дает анализ вещественного состава ископаемых костных остатков, отмечает случаи их вторичной минерализации и останавливается на вопросе об условиях захоронения зубных спиралей. В 1903 г. в заметке о фольбортеллах А.П. Карпинский отмечает упорядоченную ориентировку их раковин в породе и связывает это явление с динамикой среды; изучает сохранность, в частности, деформацию частей раковин, лишенных внутренних перегородок; делает предположение о первичном конхиолиновом составе раковин фольбортелл и т.д.

М.Э. Ноинский в монографии "Самарская лука" [1913 г.] положил начало фаціальному и тафономическому анализу верхнепалеозойских отложений Поволжья. Данная работа представляет собой первый опыт комплексных палеоэколого-тафономических и литологических исследований палеобассейна. М.Э. Ноинский проводил тщательные полевые наблюдения в том числе и биостратономического характера. Из особенностей

методики его полевой работы перечислим лишь некоторые: впервые в палеонологической практике предлагается шкала относительного количества окаменелостей в породе, отмечается степень и форма сохранности материала, приуроченность остатков к определенной части толщи, частота встречаемости и количественное распределение по разрезу остатков, принадлежащих к различным группам организмов, характер вторичных изменений окаменелостей и т.д.

В. Декке в 1923 г. публикует первую сводку по фоссилизации остатков организмов. В 1927 г. И. Вейгельт выделяет особое направление в палеонтологии — биостратонию, изучающую механические соотношения положения остатков организмов друг к другу и к осадку и специфических состояний и факторов, действовавших во время отложения осадков. Им также составлена сводка по нахождению трупов современных позвоночных в природе, причинам массовой гибели организмов и анализу наблюдений над посмертными изменениями остатков животных.

Р. Рихтер в 1928 г. обосновывает выделение нового направления — актуопалеонтологии — науки об условиях накопления и захоронения остатков современных организмов, которые могут перейти в ископаемое состояние. По инициативе Р. Рихтера на побережье Северного моря в бухте Яде была создана станция морской геологии и биологии (ныне Институт "Зенкенберг"). Сотрудники станции изучали не только образ жизни и условия обитания современных организмов, но и проводили актуопалеонтологические наблюдения над процессами захоронения посмертных остатков организмов в различных фациях на литорали и в мелководной полосе моря. Большое внимание уделялось также следам жизнедеятельности организмов. Одновременно здесь изучались условия осадкообразования с целью использования полученных данных в геологии (актуогеологические наблюдения). Эти работы имели исключительно важное значение для развития актуалистического метода и применения актуалистических данных в различных областях палеонтологии и геологии. Позднее они были продолжены В. Шафером, Г.-Э. Рейнеком и др.

Становление тафономии. Создание тафономии как новой отрасли палеонтологии связано с именем И.А. Ефремова — крупного исследователя позвоночных фанерозоя. В его работах по наземным позвоночным, начиная с 1928 г., прослеживается одна генеральная линия — изучение не только собственно костных остатков, но и геологических условий их залегания в породе, восстановление обстановки захоронения посмертных остатков и в конечном итоге воссоздание фаун прошлых эпох. В работе 1936 г. И.А. Ефремов указал, что наметился особый путь изучения палеозойских четвероногих — учение о захоронении, под которым он понимал консервацию остатков животных в осадках того времени, переходящих в окаменелое состояние вместе с превращением осадка в горную породу. Им были намечены основные закономерности захоронения остатков позвоночных организмов и проведено сравнение условий захоронения морских и наземных фаун. В 1940 г. И.А. Ефремов назвал данное направление тафономией и обосновал точку зрения о ее самостоятельности. Он писал, что "методы тафономических исследований строятся на прин-

ципе исторического анализа процессов захоронения как в прошлое, так и в настоящее время. Поэтому тафономия включает в себя как часть актуопалеонтологию и вместе с ней биостратономию. Палеобиология (палеоэкология) резко ограничивается от тафономии по задачам и методам. Более того тафономия вступает в свои права там, где непосредственное палеоэкологическое изучение невозможно" [14, с. 412]. Наконец, в 1950 г. в специальной монографии "Тафономия и геологическая летопись" И.А. Ефремов дал блестящее теоретическое обоснование нового научного направления, характеристику разработанного им метода и показал большое значение тафономических исследований для стратиграфии, палеогеографии и эволюционного учения [15]. За эту работу автор был в 1952 г. удостоен Государственной премии. Составленные И.А. Ефремовым наставления и руководства для поисков остатков позвоночных в палеозойских континентальных толщах Сибири не потеряли своего значения и в наши дни. Как показал опыт советских палеонтологов, тафономический метод Ефремова применим не только к изучению местонахождений позвоночных животных, но и при исследованиях водных беспозвоночных и наземных растительных организмов.

В начале 30-х годов в Палеонтологическом институте АН СССР под руководством Р.Ф. Геккера развернулись широкие исследования по комплексному палеоэколого-литологическому изучению ископаемых водных бассейнов [31]. В течение 30 и 40-х годов создавалась и апробировалась на различных объектах методика палеоэкологических, литологических и тафономических исследований. Р.Ф. Геккер в 1933 г. создает первую в мире инструкцию для исследований по палеоэкологии, в 1954 г. публикует наставление по палеоэкологии, а в 1957 г. составляет методическое пособие "Введение в палеоэкологию". "Наставление" было переведено во Францию, Польше и Китае, а "Введение" — в США, Франции, Китае и Японии, что свидетельствовало о возросшем интересе палеонтологов различных стран не только к работам палеоэкологического содержания, но и к методам исследований советской школы палеоэкологов.

В этот же период разработкой методики комплексного тафономического и палеоэкологического изучения ископаемых беспозвоночных организмов на примере каменноугольных брахиопод Московской синеклизы занимается Е.А. Иванова [18, 19]. Значительную роль в развитии палеоэкологического, литологического и тафономического методов сыграли также исследования С.В. Максимовой, А.И. Осиповой, Т.Н. Бельской, Р.Л. Мерклина и др. [31].

В этот период в ФРГ выходит работа А. Мюллера по биостратономии [47] — первая большая сводка по условиям захоронения остатков наземных и морских организмов, а в США издается фундаментальный труд по палеоэкологии и тафономии различных организмов, представляющий одну из серий американских "Основ палеонтологии" [51].

Современный этап тафономических исследований. В 60 и 70-е годы происходит дальнейшее развитие и расширение тафономических исследований. В нашей стране этому в значительной степени способствовали выездные палеоэколого-литологические сессии (1962 и 1963 — Эстония, Псков-

ская и Новгородская области; 1965 — Урал; 1966 — Крым и Молдавия; 1968 — Казахстан и Узбекистан). Они проводились под руководством Р.Ф. Геккера и имели большое значение для обмена опытом и популяризации палеоэкологического, тафономического и литологического методов. Публикуются: "Основы палеонтологии", в которых даны разделы по тафономии почти для каждой группы ископаемых организмов. Не только в работах палеоэкологического содержания, но и в обычных палеонтологических исследованиях авторы специально рассматривают вопросы тафономии изучаемых организмов. Ведется дальнейшая разработка методики полевых и камеральных исследований по палеоэкологии и тафономии как наземных, так и морских фаун [7, 9, 12, 16, 20, 24, 27, 28, 30, 35, 38, 39, 42, 43].

За рубежом выходит серия крупных сводок, учебников и основополагающих статей по различным вопросам тафономии [34, 48 и др.].

В последнее время в связи с изучением закономерностей изменения (палеизации) структуры и химического состава органических остатков в процессе захоронения и фоссилизации определились новые направления исследований: палеобиохимическая тафономия, микроструктурная тафономия и др. [4, 10, 21], что обусловлено применением методов химического и электронно-микроскопического анализа. Расширение работ по Мировому океану вызвало заметное усиление актуопалеонтологических исследований, направленных на изучение современных процессов захоронения и ранних стадий фоссилизации остатков планктонных и нектонных организмов [6, 10, 13, 20, 23, 29, 30, 36, 37, 40].

Проводятся также специальные актуопалеонтологические наблюдения в литоральных и мелководных зонах Белого, Охотского, Японского и других морей [1, 2, 29, 34, 41]. Некоторые авторы разбирают вопросы тафономической и палеоэкологической терминологии [11, 13, 26, 44] и разрабатывают тафономические классификации местонахождений [5, 7, 32, 33, 46, 49, 50].

Проведенная в 1974 г. в Ленинграде XX сессия ВПО показала возросший интерес к тафономическим исследованиям и использованию данных тафономического характера в геологической и палеонтологической практике. Она призвала палеонтологов обратить внимание, в первую очередь, на необходимость дальнейшего совершенствования методики тафономических исследований, упорядочения терминологии и разработки тафономической классификации местонахождений морского и наземного происхождения.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ ТАФОНОМИЧЕСКОГО И ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ

Вначале при палеоэкологическом анализе ископаемых организмов применялся экологический (биоценотический) термин "биоценоз", введенный К. Мебиусом в 1877 г. для обозначения сообщества устричных банок Северного моря, но позднее стало очевидным, что к комплексу ископаемых остатков организмов, обнаруженных в местонахождении, нельзя применять этот термин, так как: в породе не сохраняется значи-

тельная часть остатков организмов, при жизни связанных друг с другом, т.е. нарушаются прижизненные связи и искажаются количественные и качественные отношения, которые установились в биоценозе, и все или значительная часть остатков испытывают перемещение и захороняются, как правило, не на том месте, где жили сами организмы. Возникла потребность обозначения таких скоплений остатков специальными терминами, чтобы подчеркнуть неадекватность комплексов ископаемых организмов, восстановленных по их остаткам, и сообществ живых организмов, некогда составлявших биоценоз. Считая, что на палеонтологическом материале невозможно восстановить какие-либо прижизненные, так называемые биоценотические связи, ряд исследователей предлагает отказаться от терминов, включающих понятие ценоз, и заменить их другими, не меняя при этом их содержания [38].

В палеонтологии значительная часть терминов заимствована из биологии и экологии и используется в том же самом, т.е. биологическом и экологическом значении (например, биоценоз, биотоп, экологическая ниша, сукцессия и др.). Некоторые же термины биологического содержания применяются в палеонтологии в несколько ином смысле (мероценоз, биокомплекс). Очень много терминов, используемых в палеонтологии, образованы путем приставки нового слова к корню "ценоз", который является основой биологического термина "биоценоз" (например, танатоценоз, тафоценоз, палеоценоз, аллоценоз и пр.).

В термине биоценоз, происходящим от греческих слов *bios* — жизнь и *koinos* — общий, и обозначающим совокупность организмов, населяющих участок суши или водоема и характеризующимся определенными отношениями как между собой, так и с абиотическими факторами, "ценоз", таким образом, означает "прижизненное сообщество" или просто "сообщество". В таком понимании "ценоз" используется и для обозначения части восстановленного сообщества, обитавшего на том или ином участке древнего бассейна (в случае палеоценоза или палеобиоценоза). Но при рассмотрении посмертных остатков, находящихся на разных стадиях перехода в ископаемое состояние (по линии танатоценоз — тафоценоз — ориктоценоз) или при восстановлении условий формирования танатоценозов и подобных им комплексов, "ценоз" понимается уже не как "сообщество", а как "общность", общий комплекс. В этом случае *koinos* переводится дословно, т.е. как "общий". Очень хорошее разъяснение по этому поводу было дано Л.Ш. Давиташвили при обсуждении термина "танатоценоз": "... по точному переводу с греческого *thanatos* значит смерть, и, следовательно, термин "танатоценоз" должен был бы означать "сообщество смерти", "ценоз смерти" или "общность смерти". Ясно, что слово сообщество понимается тут в совершенно своеобразном смысле, очень далеком от исходного значения" [11, с. 9].

Термины "танатоценоз", "тафоценоз", "некроценоз" и другие применяются также Р.Ф. Геккером с известной оговоркой, что здесь "словом "сообщество" обозначаются различные группировки исключительно мертвых организмов или смешанные группировки из остатков мертвых организмов и отпавших частей живых организмов" [8, с. 22]. Все это приво-

дит к убеждению, что термины, содержащие понятие "ценоз", могут широко применяться при тафономических, палеоэкологических и палеогеографических исследованиях. А так как они широко вошли в палеонтологическую практику, то нет необходимости заменять их новыми терминами, как предлагает, например, В.А. Собоцкий [38]: "танатомасса" вместо танатоценоза и "ориктомасса" вместо ориктоценоза.

Термины тафономического содержания применяются при изучении скоплений остатков современных организмов (актуопалеонтологические наблюдения) и при восстановлении условий накопления посмертных остатков ископаемых организмов на дне древнего бассейна (тафономический анализ).

Танатоценоз — термин введен Э. Васмундом в 1926 г. для обозначения скоплений мертвых тел организмов (нем. Totengesellschaft или Todesgemeinschaft) на каком-то участке до их захоронения под осадком (в отличие от совокупности живых организмов — биоценоза). Все неорганические факторы среды, которые способствуют образованию танатоценоза (ТН) и проявляются в определенном месте, названы танатотопом (в отличие от биотопа). Более подробно на характеристике ТН Э. Васмунд остановился в работе 1929 г. Его представления о ТН сводятся к следующим положениям: 1) ТН представляет собой скопления остатков организмов, содержащие автохтонные и аллохтонные элементы или состоящие только из одних или других; 2) ТН настолько же мало являются ископаемыми биоценозами, насколько мало танатотопы являются ископаемыми биотопами; 3) между ТН и биоценозами существует взаимосвязь, поскольку вещественный состав первых является сохранившимся в той или иной степени продуктом вторых и в пространственном отношении они могут совпадать; в образовании одного ТН могут принимать участие продукты нескольких прежних биоценозов; 4) к ТН относятся не только скопления остатков современных организмов, но и ископаемые остатки. Э. Васмунд выделил два типа ТН: 1) некроценозный, в случае совпадения места гибели организмов (танатотопа) с местом их жизни (биотопом) и 2) тафоценозный, когда танатотоп не совпадает с биотопом.

Последующие авторы также выделяли разновидности ТН, основанные на генезисе посмертных остатков. А. Мюллер [47] различает три категории ТН: 1) ТН, в которых место жизни организмов совпадает с местом их смерти; 2) ТН, сформировавшиеся из остатков организмов, испытывавших значительный перенос от места их смерти и 3) ТН, образовавшиеся из остатков организмов на месте их смерти, но после того, как сами организмы были перенесены в живом состоянии от места жизни в чуждую им среду, вызвавшую их гибель. Первую категорию ТН А. Мюллер называет автохтонной, вторую и третью — аллохтонными. В.В. Друщиц [13] выделяет три типа ТН и для каждого дает название: 1) некроценоз — автохтонный ТН (соответствует некроценозному ТН Васмунда и первой категории ТН Мюллера), 2) аллоценоз — аллохтонный ТН (соответствует второй и третьей категории ТН Мюллера), 3) миксоценоз — смешанный ТН.

В настоящее время ТН одними авторами применяется в слишком узком, а другими — в слишком широком смысле. В первом случае ТН обозначается посмертное скопление таких остатков организмов, которые погибли одновременно и от какой-то общей причины [11, 13]. Во втором случае под ТН понимается скопление любых посмертных остатков организмов безотносительно времени, причин и места гибели особей [6, 30].

Термин ТН в широком его толковании может быть использован не только при изучении посмертного скопления организмов и их остатков в современных условиях, но и при реконструкции аналогичного образования (ископаемого ТН), сформировавшегося на дне древнего бассейна. В этом случае необходимо иметь в виду, что в восстановленном ТН практически невозможно распознать некоторые категории остатков (например, отличить неполный панцирь трилобита, захороненного с мягким телом, от панциря, сброшенного той или иной особью во время линьки). Поэтому в состав ископаемого ТН приходится включать остатки организмов, накопившиеся на дне бассейна в конкретный момент, которые в аналогичном современном ТН могли бы быть отнесены к различным категориям. Это: целые мертвые тела организмов, разрозненные части этих тел, скелетные образования, лишенные мягкого тела (кости, обломки раковин и пр.), отдельные части тел, обособившиеся от живых организмов еще до момента их смерти (покровы членистоногих, споры и пыльца растений, перья птиц и пр.), вымытые из осадка и вторично попавшие на поверхность уже однажды погребенные остатки. При расшифровке данного комплекса остатков современных организмов можно различить, в свою очередь, группы остатков, представляющих некроценоз и мероценоз. На ископаемом материале провести подобный анализ практически невозможно.

Некроценоз — термин предложен Г. Гамсом в 1927 г. для обозначения ассоциации отмерших современных организмов болот. В том же году Ф. Штейнкекк применил данный термин в отношении скоплений организмов ископаемых торфяников [44]. Впоследствии Э. Васмунд использовал термин "некроценоз" (НК) лишь для обозначения автохтонных ТН. В таком узком понимании принимают его и некоторые современные палеонтологи [13, 44]. Большинство авторов, исходя из самого названия термина как "сообщества мертвых", используют его очень широко для обозначения любого скопления мертвых тел современных организмов (животных и растений) безотносительно к способу и месту его образования [11]. Однако, не из любого НК может образоваться ТН. Например, НК из трупов животных и мертвых растений, погибших по тем или иным причинам где-нибудь на водораздельном участке земной поверхности, скорее всего на месте скопления остатков не перейдет в ТН, так как последний может сформироваться только в благоприятных для сохранения остатков условиях, а для этого данное скопление должно попасть по крайней мере на дно осадочного бассейна.

Тафоценоз — термин введен в 1927 г. В Квенштедтом для обозначения

ния посмертных остатков организмов, погребенных в осадке (нем. Grabgemeinschaft — "сообщество погребания").

Липтоценоз — термин предложен Л.Ш. Давиташвили в 1945 г. для обозначения скопления любых остатков (тел, их частей, скелетов) и следов жизнедеятельности погибших и живущих современных организмов безотносительно места их накопления. По качественному состоянию входящие в липтоценоз остатки Л.Ш. Давиташвили [11] разделяет на некроценоз (см. выше), мероценоз и ихноценоз.

Мероценоз — термин биологический, использован Л.Ш. Давиташвили в 1945 г. для обозначения скоплений остатков, представляющих отделившиеся от живых особей части в результате циклически повторяющихся жизненных процессов. К мероценозу (МЦ) относятся, например, сбрасываемые при линьке покровы членистоногих, выпавшие волосы и молочные зубы млекопитающих, сброшенные рога оленей, теряемые по тем или иным причинам перья птиц, опадающие листья деревьев, созревшие и отделившиеся от растения плоды, шишки, споры, пыльца и т.д. Шведский палеонтолог А. Мартинсон в 1955 г. предложил назвать скопления органических остатков, частично или полностью состоящих из таких продуктов, псевдоценозами. Последний термин автором рассматривается в качестве синонима МЦ. В.В. Друшиц [13] ввел термины для обозначения принадлежности остатков, входящих в МЦ, к определенной группе современных организмов: палиоценоз — скопление спор и пыльцы, плантеценоз — скопление листьев и веток, карпоценоз — скопление плодов растений, диатомоценоз — скопление створок диатомей, артроподоценоз — скопление покровов членистоногих.

Ихноценоз — термин введен Л.Ш. Давиташвили¹ в 1945 г. для обозначения разнообразных следов жизнедеятельности современных и ископаемых организмов (следов движения, хождения, ползания, зарывания, сверления и пр., а также свидетельств функциональной деятельности — пищеварения, болезни и т.д.) и применяется очень широко при палеоэкологическом и палеогеографическом анализе [11, 13, 44]. В.В. Друшиц [13] окаменелости, представляющие следы жизнедеятельности организмов, называет ихнофоссилиями.

Ориктоценоз — термин введен Л.Ш. Давиташвили в 1945 г. по рекомендации И.А. Ефремова для обозначения комплекса всех ископаемых остатков животных и растений (окаменелостей), встречаемых в породе [11]. И.А. Ефремов [15, с. 118] ориктоценозом называет "совокупность уже фоссилизированных остатков, находимых в местонахождениях". Можно привести некоторые другие определения данного термина, не изменяющие по существу его первоначальный смысл. Например, Х. Бегер [44, с. 266] отмечает, что "ориктоценозом называется то, что действительно сохранилось и присутствует в виде ископаемого танатоценоза". В.В. Дру-

¹ Х. Бегер [44] ошибочно считает автором данного термина французского палеонтолога И. Лессертисера.

щиц [13, с. 70] считает ориктоценозом "комплекс биофоссилий в породе".

Термины палеоэкологического содержания применяются при проведении палеосинэкологических исследований в случаях, когда по сохранившимся в породе остаткам удается восстановить или предположить прижизненные (биоценотические) связи между организмами, некогда жившими на том или ином месте бассейна (палеобиотопе) или реконструировать часть населения, составлявшего древний биоценоз. К таким широко известным терминам относятся, например, палеобиоценоз, палеоценоз и др. Данные и подобные им термины введены для того, чтобы подчеркнуть, что "применение понятия "биоценоз" в палеоэкологии может привести лишь к недоразумениям, так как для большинства случаев невозможно установить с достаточной точностью биологические связи между членами ископаемого сообщества" [25, с. 33].

Исходным для образования некоторых палеоэкологических понятий явился термин "биоценоз", который мы принимаем в определении, данном в "Палеонтологическом словаре" (1965 г., с. 47): "Биоценоз — комплекс организмов, населяющих тот или иной биотоп и находящихся в определенных взаимоотношениях между собой и с абиотической средой". В отечественной палеоэкологии термин "биоценоз" был впервые использован Р.Ф. Геккером (1938, 1957). В настоящее время при восстановлении прижизненных группировок вымерших организмов, широко применяются также термины "палеобиоценоз" и "палеоценоз".

Палеобиоценоз — термин введен С.В. Максимовой в 1941 г. для обозначения прижизненного сообщества форм, захоронившихся на месте их обитания, за исключением животных, не имевших твердого скелета и потому не сохранившихся.

Палеоценоз — термин предложен Р.Л. Мерклиным в 1949 г. вместо термина "палеобиоценоз", который он считал не очень удачным, поскольку речь по-прежнему шла о биоценозе, т.е. о группировке, обусловленной взаимосвязями. Р.Л. Мерклин дает следующее определение нового термина: "Палеоценозом называется группировка ископаемых организмов, связанная единым комплексом факторов внешней среды (биотопом) и составляющая часть донного биоценоза, сохранившуюся в ископаемом состоянии [25, с. 34]. В таком понимании и в применении только к донным ископаемым организмам палеоценоз используется большинством исследователей, но ряд авторов совершенно неправильно обозначают данным термином комплексы планктонных организмов [30]. Некоторые исследователи "палеоценоз" рассматривают как младший синоним термина "палеобиоценоз" и считают его излишним [8, 11].

Изопалеоценоз — термин введен Р.Л. Мерклиным в 1968 г. для обозначения "параллельных сообществ в применении к древним донным организмам, основанных на соотношениях и сочетаниях типов жизненных форм, характерных для определенных типов обобщенных биотопов" [26, с. 22]. Данный термин — аналогия биологического термина "изобиоценоз", под которым понимаются сообщества (биоценозы) современных донных организмов, сходные по биотопам и соотношению жизненных

форм. Характерной чертой такого изобиоценоза или параллельного сообщества является то, что на различных участках дна одного бассейна или разных бассейнов на сходных типах биотопов сообщества, их населяющие, состоят из более или менее однотипного набора родов, но представленных в каждом случае обычно разными видами. Например, доминирующий в составе биотопа "мидиевая банка" род *Mytilus* представлен в морях Арктического бассейна видом *edulis*, Средиземноморского — *galloprovincialis* и Тихоокеанского *grayana*, т.е. такими видами, которые принадлежат к одной жизненной форме (видами-двойниками). В отличие от палеоценозов, которым название дается по доминирующему роду, изопалеоценозы называются по тому типу биотопа, который они представляют, и могут быть разновозрастными и разновозрастными. Например, донные "изопалеоценозы птероподового ила" раннеолигоценового и среднемиоценового морей Северного Кавказа [26].

Таксоценоз — термин введен Х.М. Саидовой в 1966 г. для обозначения совокупности организмов, относящихся к определенной систематической группе и играющих доминирующую роль в биоценозе. В биоценозах современных бентосных фораминифер по относительному (%) преобладанию представителей определенного таксона Х.М. Саидовой выделено три разновидности таксоценоза: ордероценоз для отряда, фамилеценоз для семейства и геноценоз для рода [37]. Название для каждого из них дается по доминирующим одному—двум или нескольким родам, например, "эпонидово-аномалинидовый фамилеценоз", который разделяется на пять геноценозов: "геноценоз *Alabaminella* — *Bradynella*" и др., или "кассидулинидовый ордероценоз", слагающийся из 9 геноценозов: "геноценоз *Cassidulina*", "геноценоз *Smirnella* — *Cassidulina*" и др. Выделенные таксоценозы имеют глобальное океаническое распространение. З.И. Булатова и др. [30] применили данный термин к ископаемым фораминиферным сообществам, восстановленным для берриасского морского бассейна Западной Сибири.

ОБЩАЯ СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ

Благодаря природному биогеохимическому круговороту веществ каждый химический элемент циркулирует в биосфере из внешней среды в живые организмы, а после их гибели обратно во внешнюю среду. Одни элементы высвобождаются сразу же после отмирания организмов, не выходя за пределы биосферы (значительная часть органического вещества разлагается, минеральные скелеты растворяются). Другие же вещества, сконцентрированные в посмертных остатках организмов, попадая на дно осадочного бассейна, а конечном счете становятся частью литосферы и таким образом как бы выпадают из общего круговорота. Такое выпадение представляет собой только кажущееся явление и не приводит к нарушению равновесия системы в целом. Данные вещества лишь перестают участвовать в том конкретном круговороте — скажем А, в начале которого они вошли в состав живых организмов, но вместо этого накаплива-

ются в земной коре, чтобы вернуться в круговорот веществ много позднее (в круговорот Б, В и т.д.). В момент же выпадения данных элементов из круговорота А, вместо них в систему вступают те элементы, которые накопились в литосфере в прежние эпохи развития Земли. Так как накопление биогенных элементов в земной коре происходит за счет захоронения тех или иных посмертных остатков организмов, то последние можно рассматривать как составные части общего круговорота веществ.

Остатки организмов и, естественно, заключенные в них биогенные элементы могут находиться в земной коре в стадии консервации в течение различного времени. Одни остатки, захороненные в литосфере в прежние эпохи развития Земли, в результате действия определенных процессов уже были введены в зону выветривания, разрушились и содержащиеся в них химические элементы вернулись в биогеохимический круговорот, другие — активно участвуют в том круговороте, который действует сегодня и мы являемся свидетелями процесса разрушения окаменелостей. Третьи остатки продолжают находиться в толще пород в стадии консервации, "ожидая" своей очереди миллионы лет.

Огромное большинство окаменелостей, выведенных в зону выветривания, заканчивает свое существование полным разрушением. Некоторые же окаменелости, вновь попадая на дно бассейна, включаются во второй или очередной круговорот веществ. Окаменелости таким образом являются продуктом сложного взаимодействия различных факторов, действующих как в биосфере, так и в литосфере. Палеонтолог имеет дело с конечным продуктом этих сложных процессов, но с таким продуктом, который продолжает изменяться и разрушаться.

Весь сложный путь остатков от момента гибели организмов в биосфере, их захоронение и фоссилизацию в литосфере и до момента разрушения вновь в биосфере можно назвать тафономическим циклом (рис. 1). В цикле выделяется четыре главных этапа, причем три первых являются основными в едином процессе образования местонахождений (рис. 2). На каждом этапе остатки организмов подвергаются воздействию определенных процессов, причем большинство из них действует не только в течение одного этапа, но начинает оказывать влияние в предшествующем или продолжает свою работу на последующем, что обусловлено взаимосвязанностью всех протекающих процессов.

Тафономический цикл — образование, сохранение и разрушение местонахождения — может быть полностью завершен только при определенных условиях.

1. Этапы должны последовательно сменять друг друга (особенно важна последовательность первых трех этапов), выпадение хотя бы одного из них ведет к нарушению всего цикла.

Смена трех первых этапов должна быть быстрой, геологически одновременной. Если скопления остатков организмов, сформировавшиеся в биосфере (I этап), не будут быстро захоронены, т.е. покрыты осадком в подводных условиях (II этап), то они неминуемо подвергнутся полному разрушению химическим, биохимическим и механическим путем. Если погребенные остатки не будут быстро фоссилизированы (III этап),



Рис. 1. Тафономический цикл и его главные этапы:

I – первичное накопление исходных остатков организмов, II – перераспределение исходных остатков, их аккумуляция и захоронение в осадочном бассейне, для остатков водных организмов начало второго этапа обычно сливается с концом первого, III – фоссилизация остатков в литосфере, IV – разрушение местонахождений и перетолжение окаменелостей в зоне выветривания



Рис. 2. Основные этапы образования местонахождения (по И.А. Ефремову, 1950)

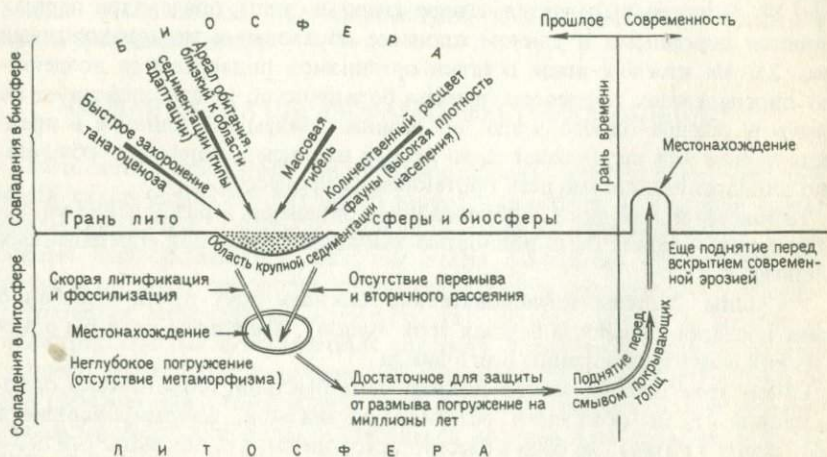


Рис. 3. Схема общего цикла образования местонахождений (по И.А. Ефремову, 1950)

то химические и физические процессы приведут их также к полному уничтожению.

3. Остатки должны находиться в земной коре длительное время. Промежуток времени между III и IV этапами должен быть как можно большим, чтобы остатки в толще породы, подверглись полной фоссилизации, т.е. превратились в окаменелости.

4. На IV этапе местонахождение должно быть выведено на дневную поверхность в результате горообразования и размыва покрывающих толщ.

5. На каждом этапе образования местонахождений в природе должны иметь место благоприятные стечения обстоятельств, или совпадения как в биосфере, так и в литосфере, обусловленные первичными или вторичными факторами (рис. 3).

Основной закономерностью процесса захоронения остатков организмов является постепенное и устойчивое сокращение общей исходной массы остатков, сопровождающееся искажением количественных и качественных соотношений первичного ценоза и изменением их химического и минерального состава.

4125
Большое значение для понимания как всего хода формирования местонахождений, так и процессов, действующих на определенных этапах тафономического цикла, имеет разработанное И.А. Ефремовым положение о выборочности захоронения (рис. 4). Оно основано на том, что каждый этап общего цикла образования местонахождения обладает своими решетками, пропускающими одни остатки и уничтожающими другие" [15, с. 103]. Под решетками понимается комплекс факторов внешней среды, действующих на остатки организмов или благоприятно (сохраняя и пропуская их на следующую ступень) или неблагоприятно (уничтожая их на каком-либо из этапов). На каждом этапе доминирующую роль играет определенный комплекс факторов.

На первом этапе — подготовке исходного материала в биосфере — решающими являются биологические факторы, в первую очередь, состав, количество, динамика, распределение и плотность населения, массовая гибель и отмирание организмов, первичная концентрация посмертных остатков, характер химического и минерального состава организмов. Существенную роль в уничтожении скоплений посмертных остатков организмов на данном этапе играют также биохимический (разложение органики) и химический факторы (растворение минеральных скелетов), которые идут под контролем климатического фактора.

Второй этап — перераспределение исходного комплекса остатков, его аккумуляция и захоронение в осадке — характеризуется наиболее сложным спектром разнообразных факторов. Доминирующую роль начинают играть физические, особенно механические факторы, обуславливающие перенос и переработку исходных остатков. Продолжают действовать биохимический и химический факторы. Вступают в цикл также и геологические факторы (тип бассейна, скорость и характер осадконакопления, состав и структура отложений и т.д.).

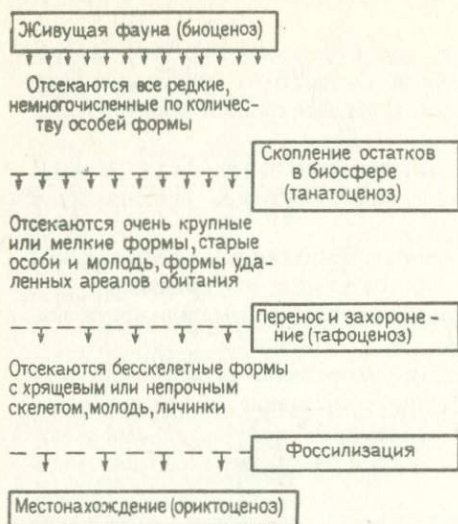


Рис. 4. Главные решетки выборочности захоронения остатков организмов (по И.А. Ефремову, 1950)

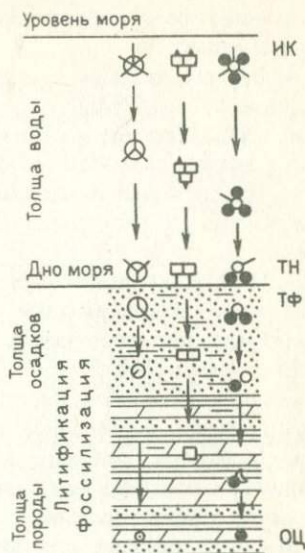


Рис. 5. Искажение количественных и качественных соотношений скелетных остатков морских планктонных организмов в ориктоценозе по сравнению с исходным комплексом.

ИК — исходный комплекс, ТН — танатоценоз, ТФ — тафоценоз, ОЦ — ориктоценоз. Условными значками показана различная форма сохранности остатков организмов на разных этапах формирования местонахождения

На третьем этапе — фоссилизации захороненных остатков — решающую роль играют геохимические и физические факторы, приводящие к диагенетическим превращениям вещества остатков под действием больших давлений и высоких температур в связи с погружением на большие глубины. Степень преобразования остатков здесь зависит от тектонических условий, скорости литификации осадка, степени минерализации иловых и поровых вод и т.д. На переработку первичного органического материала на данном этапе продолжает также оказывать большое влияние биохимический фактор. Непременным условием для третьего этапа является длительность воздействия всей совокупности процессов, поэтому время может также рассматриваться здесь как один из главных факторов образования местонахождений.

На последнем, четвертом этапе — изменении и разрушении окаменелостей в зоне гипергенеза — на первое место вновь выходят такие факторы, как химический (растворение и замещение) и физический (механическая деструкция).

В результате неоднократного воздействия на исходные остатки организмов всех перечисленных факторов практически на всем пути от начала до конца цикла происходит искажение как качественных и количественных соотношений, так и пространственного положения, установившихся в прижизненном сообществе, т.е. в фауне и флоре соответствующего участка суши или моря. В связи с этим обстоятельством И.А. Ефремов в отношении наземных животных делает такой вывод: "В каждом местонахождении мы встречаемся с составом фауны, отражающим не столько подлинную фауну данной области и данного времени, сколько процессы, создавшие местонахождение" [15, с. 103]. Этот вывод естественно не применим к морской фауне, а также фауне и флоре континентальных водоемов, но тем не менее и они, как правило, испытывают значительные изменения в результате воздействия перечисленных факторов (рис. 5).

Нарушение последовательности этапов гафономического цикла, отсутствие того или иного благоприятного условия, или совпадения, на каждом этапе, выборочность захоронения и т.д. — все это в совокупности и определяет неполноту геологической летописи.

УСЛОВИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ОСТАТКОВ ОРГАНИЗМОВ

АККУМУЛЯЦИЯ ОСТАТКОВ ОРГАНИЗМОВ

Органическое вещество, его разрушение и накопление

Распределение исходного органического вещества. Распределение живого вещества на поверхности Земли очень неравномерно (рис. 6). В водных бассейнах имеется две зоны сгущения живой материи: поверхностная (0–100 м), представленная планктоном (в основном фитопланктоном), и донная, представленная бентосом. В интервале глубин 0–100 м обе зоны сливаются, обеспечивая максимальную концентрацию живого вещества (континентальные бассейны и прибрежная зона моря). Глубже 100 м эти зоны, в связи с углублением дна бассейна, расходятся и между ними возникает промежуточная зона, обедненная жизнью. На суше в области гумидного климата в континентальных бассейнах органическое вещество (ОВ) накапливается в основном или за счет древесной растительности (в болотах), или за счет фито- и зоопланктона (в озерах). Основная масса ОВ в Мировом океане [36] создается фотосинтезирующи-

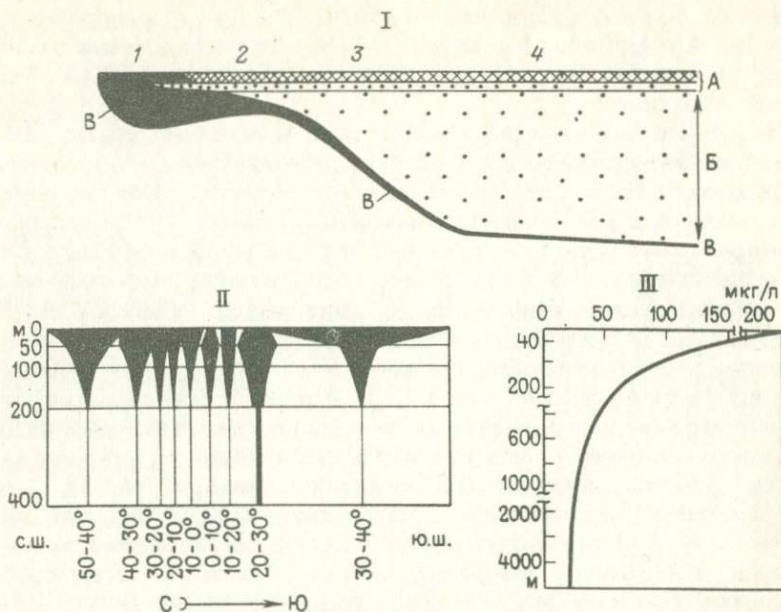


Рис. 6. Органическое вещество (ОВ) в океане.

I — распределение живого вещества; А — поверхностная зона сгущения живого вещества; 1-4 — области постепенного уменьшения биомассы планктона по мере удаления от берега; Б — промежуточная зона, наиболее обедненная живым веществом; В — донная пленка сгущения живого вещества; ширина черной полосы пропорциональна биомассе бентоса (по Н.М. Страхову, 1954); II — распределение биомассы планктона в зависимости от глубины и широты (по Н.М. Страхову, 1954); III — распределение взвешенного ОВ (по Е.А. Романкевичу, 1977)

ми растениями (главным образом, фитопланктоном, в меньшей степени фитобентосом), значительная его часть накапливается в виде продуктов распада мертвых организмов и некоторая часть привносится с суши (ОВ млрд. т в год):

Фитопланктон (преимущественно диатомовые водоросли) 110

Фитобентос	0,3
Твердый сток рек	15,7
Золотые вьносы	1,6
Прочие источники	менее 5

В водных бассейнах фотосинтез, протекающий по реакции $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 120 \text{ ккал} \xrightarrow[\text{хлорофилл}]{\text{свет}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (глюкоза) + 6O_2 , происходит в верхнем фотическом, слое водной толщи мощностью 2-250 м (в среднем 40 м). Таким образом, на этих глубинах наблюдается максимум развития фитопланктона.

ОВ в водных бассейнах существует в двух фазовых состояниях: растворенном и взвешенном. Растворенное ОВ, являющееся продуктом бактериального разложения и автолиза растений и животных, имеет максимальное содержание в верхних слоях водной толщи; глубже 200—400 м его количество уменьшается. Взвешенное ОВ представлено в основном живыми и мертвыми организмами, преимущественно фито- и зоопланктона, а также заключено в частицах, привнесенных с суши. Распределение взвешенного ОВ в водах Мирового океана неравномерно: максимальные его концентрации характерны для неритовых районов, а минимальные — для пелагических областей. В окраинных и особенно во внутренних морях его содержание выше, чем в открытых частях океанов. Наиболее высокие его концентрации наблюдаются в слое 0—100 м. Установлено, что ежегодно на дно океана поступает 1—3 млрд. т взвешенного ОВ или 5—15 % от первичного ОВ, находящегося в верхних слоях водной толщи.

Наиболее устойчивые органические соединения. Если набор основных компонентов ОВ примерно сходен в клетках различных организмов, то их количественные соотношения и химический состав могут несколько отличаться, что связано с биохимической эволюцией различных групп органического мира. Например, растения характеризуются преимущественным развитием клетчатки и своеобразных веществ (суберина, кутина, лигнина и др.), а животные, наоборот, как правило, лишены этих форм ОВ и содержат в основном белковые соединения, в которые входят азот, сера, фосфор и др. элементы (табл. 1). В связи с этим процессы накопления и фоссилизации ОВ растительного и животного происхождения имеют свои особенности.

Обычно наиболее благоприятные условия в природе складываются для фоссилизации и сохранения первичного состава ОВ, заключенного в минеральный скелет. Иногда эту форму ОВ называют органической фазой скелета. Благодаря интенсивному биохимическому изучению палеонтологического материала в настоящее время получены многочисленные факты сохранности в ископаемом состоянии биомолекул вымерших организмов в количествах, доступных для изучения современными аналитическими методами. Палеобиохимическими исследованиями установлено сохранение компонентов исходного живого вещества практически по всему разрезу осадочной оболочки Земли, начиная с архея (3,7 млрд. лет). В палеонтологических остатках, принадлежащих к разным систематическим группам и найденных в отложениях различного геологического возраста, обнаружены практически все основные известные у современных организмов, биогенные соединения (рис. 7). Рассмотрим кратко некоторые наиболее устойчивые к процессам фоссилизации органические соединения.

Целлюлоза, или клетчатка $(C_6H_7O_2(OH)_3)_n$ — полисахарид — главная составная часть оболочек растительных клеток (клетки животных организмов, за исключением оболочников, лишены целлюлозной стенки). Целлюлоза снаружи окружает протоплазматическую стенку клетки и делает ее твердой и прочной, выполняя, таким образом, в растениях функцию скелета. Особенно толстую стенку имеют клетки ксилемы у деревьев

Наиболее распространенные устойчивые формы органических соединений в остатках организмов

Органические соединения	Растения, в том числе бактерии и грибы	Животные
Целлюлоза (клетчатка) Хитин	У всех растений, за исключением бактерий и грибов Стенки клеток бактерий и грибов, оболочка спор бактерий	У одной группы позвоночных (оболочников) Покровы членистоногих, скелет граптолитов, раковины некоторых палеозойских брахиопод и моллюсков
Коллаген	—	Все позвоночные и некоторые беспозвоночные
Спонгин	—	Губки
Конхиолин	—	Моллюски
Псевдохитин (тектин)	—	Органический скелет, основа минерального скелета и оболочка цист простейших
Воски	Высшие растения	?
Кутин	То же	—
Суберин	— " —	—
Смолы	— " —	—
Лигнин	— " —	—
Спорополленин	Экзина спор и пыльцы высших растений	—

и кустарников; она обнаружена у водорослей и микроорганизмов; принимает также участие в строении оболочек спор и пыльцы. Целлюлоза сравнительно устойчива и нерастворима в воде, но в воздушной среде легко разлагается при окислении. При биохимическом воздействии бактерий происходит гидролиз и окисление клетчатки отмерших растений с выделением CO_2 . В ископаемых остатках обнаруживается часто, начиная с протерозоя.

Хитин $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{NHCOCH}_3))_n$ — полисахарид, по строению, свойствам и биологической роли аналогичен клетчатке; выполняет защитную и опорную функции, обеспечивая жесткость клеток. Вместе с белками и минеральными веществами он является одним из основных компонентов твердых наружных покровов (кутикулы) современных членистоногих; входит также в состав клеточной стенки бактерий, грибов и оболочек спор бактерий. Хитин исключительно стоек: не растворяется в воде, слабых щелочах и кислотах. При биохимическом воздействии бактерий под влиянием содержащегося в них фермента хитиназы происходит расщепление хитина. Этот процесс имеет место и при линьке членистоногих. Продукты расщепления хитина накапливаются в почве и морских осадках в виде гуминоподобных соединений, обогащенных азотом. В ископаемом состоянии хитин известен с раннего палеозоя; он найден в остатках насе-

	Биогенные компоненты	I		II		III		IV		V		VI		VII															
		Коллаген	Конхиолин	Кератин	Эластин	Полипептиды	Аминокислоты	Целлюлоза	Хитин	Лектин	Ламинорин	Сахара	ДНК, РНК	Полинуклеотиды	Триглицериды	Жирные кислоты	Стероиды	Хлорофилл	Хлороины	Порфирины	Споропаленин	Фитан	Пристан	Лигнин	Фенолы				
Млн. лет	2	Q																											
	65	N																											
		Ч																											
	225	K																											
		J																											
		T																											
		P																											
		C																											
		D																											
		S																											
570	O																												
	€																												
Млрд. лет	1																												
	PR																												
	2																												
	2,6																												
3	AR																												

Рис. 7. Основные компоненты ОБ, определенные в ископаемых остатках организмов (по Ч.М. Колесникову, 1974, с изменениями).

I – протеины, II – полисахариды, III – нуклеиновые кислоты, IV – липиды, V – пигменты, VI – углеводороды, VII – фенольные соединения

комых, граптолитов, трилобитов, брахиопод, моллюсков и в оболочках грибов палеозоя, а также в раковинах кайнозойских остракод и др. [21].

Аминокислоты представляют собой мономерные структурные единицы белков, или протеинов. Все они содержат аминогруппу ($-NH_2$) и кислотную группу ($COOH$) и имеют различное число и расположение атомов. Например, наиболее простая аминокислота – глицин (H_2NCH_2COOH) – называется амино-уксусной кислотой. Белки современных организмов построены из 22 наиболее важных, так называемых универсальных протеиновых α -аминокислот. Практически все типы животного мира обладают одинаковым набором аминокислот, но их количественная характе-

ристика в различных группах в той или иной степени различается [4]. Большинство из них встречено в скелетных остатках ископаемых организмов.

Коллаген и кератин являются белковыми соединениями (склеропротеинами или фибриллярными протеинами) и входят в форме эластичных гелей в состав соединительной и скелетной ткани организмов. Они очень устойчивы (нерастворимы в воде и слабых кислотах и щелочах, с трудом подвергаются биохимическому разложению и т.д.) и прочны (несут, в основном, опорную функцию). Коллаген, построенный из трех основных аминокислот (глицина, пролина, оксипролина или оксипролина), составляет около 1/3 всех белков позвоночных животных, являясь главным компонентом протеина костей, зубов, чешуи, кожи, сухожилий, хрящей, соединительной ткани; он может также присутствовать в скелетных образованиях некоторых беспозвоночных организмов (губки, моллюски, брахиоподы с фосфатной раковиной, иглокожие, граптолиты) [4]. В растениях коллаген отсутствует. Этот протеин обладает большой механической и химической устойчивостью. Он выделен из рогов позднелестоценового оленя, морфологически слабо измененные фибриллы коллагена обнаружены в костях и дентине зубов позднетриасового динозавра и др. [21]. Кератин, построенный из пяти аминокислот (цистеина, гутаминовой кислоты, серина, глицина и пролина), входит в состав протеинов шерсти, волос, рогов, копыт, когтей, клюва, игл, панцирей, скорлупы яиц, перьев, чешуи, мышц позвоночных, а также некоторых протеинов скелета беспозвоночных животных (кораллов, губок, некоторых насекомых и моллюсков). Кератин нерастворим в воде и органических растворителях.

Конхиолин — собирательное название большой группы белков, основную массу которых составляют склеропротеины. Химическая структура конхиолина пока полностью не установлена. В нем обнаружено девять универсальных протеиновых кислот, главной из которых является глицин. Конхиолин развит только у моллюсков и выполняет опорную, защитную и конструктивную функции. Он слагает внешний органический ("роговой") слой раковины — периостракум, предохраняющий внутренние известковые слои от растворения; у двустворчатых моллюсков он еще участвует в строении лигамента. В раковинах пресноводных моллюсков конхиолиновый слой более толстый, нежели у морских форм, так как пресные воды имеют большую реакционную способность по отношению к карбонатам. Конхиолин принимает участие в строении органической матрицы самого скелета (в виде пленки он окружает кальцитовые и арагонитовые призмы и таблички). Очень устойчивое соединение; нерастворим в воде, слабых кислотах и щелочах, трудно поддается также биохимическому воздействию. В ископаемом состоянии конхиолин без значительных изменений состава отмечен в раковинах пресноводных моллюсков, начиная с юрского времени. Например, в конхиолиновом слое юрских двустворок *Ferganoconcha*, *Limnocyrena* и др. отмечено 18 аминокислот; среди них доминирует глицин (до 39 %) [21]. У морских дву-

створчатых моллюсков конхиолин в ископаемом состоянии сохраняется исключительно редко.

Псевдохитин, или тектин, также относящийся к белковым соединениям, известен у самых низкоорганизованных животных. Он выделяется эктоплазмой клетки и несет защитную и опорную функции. В отличие от хитина, псевдохитин растворим в минеральных кислотах средней крепости (например, в 10–15 % HCl), а также в щелочах. Из него у многих простейших животных состоит внешний органический скелет (кутикулярные раковинки у корненожек, жгутиконосцев, некоторых фораминифер из семейства аллогромиид). У большинства фораминифер им сложена органическая основа раковин. Псевдохитин в известковых раковинах образует тонкую пространственную решетку, в ячеи которой вкраплены отдельные сферические или многогранные глобулиты — зернышки кальцита. При декальцинации эта решетка сохраняется в виде непрочной основы, до известной степени моделирующей форму раковины. Относительное содержание псевдохитина у разных групп секреторных фораминифер неодинаково. Он может также входить в состав цемента многих агглютинированных раковин или образовывать внутреннюю выстилку последних. Псевдохитином, выделяемом ложноножками, цементируются также различные постороенные частицы, входящие в оболочку цисты простейших. У радиолярий из псевдохитина состоит внутренний скелет (центральная капсула), обычно пропитываемый кремнеземом, реже — сернокислым стронцием (у акантарий). Псевдохитиновые скелеты простейших в ископаемом состоянии сохраняются крайне редко и лишь в исключительных условиях. Они, по данным А.В. Фурсенко (1978 г.) обнаружены в ордовикских и силурийских известняках Прибалтики, в позднемеловых кремнях, а в субфоссильном состоянии в торфе и сапропелях.

Воски — пластичные, жироподобные, преимущественно аморфные вещества животного и растительного происхождения представляют собой смесь эфиров высокомолекулярных жирных кислот и высших жирных спиртов; очень устойчивы к действию различных агентов; в природных условиях сохраняются в течение геологического времени без существенных изменений. Ископаемые воски встречаются преимущественно в бурых углях и торфе.

Кутин — воскообразное водонепроницаемое вещество, близкое по составу к воскам и жирам (биополимер, построен в основном из оксимоникарбоновых кислот); выделяется эпидермисом листьев высших растений и слагает внешнюю утолщенную стенку клеток кожицы, или эпидермы, являясь важнейшей составной частью кутикулы; выполняет защитную функцию, так как нерастворим в воде и непроницаем для микроорганизмов. Кутин очень устойчив, сохраняется в ископаемом состоянии в фитолеймах по кутикуле, в которых он обычно обугливается.

Суберин — очень устойчивое водонепроницаемое вещество; выделяется покровными тканями стеблей и корней растений, пропитывает стенки клеток, в результате чего происходит их опробкование. По химическому составу биополимер, построенный из различных оксикислот, в том числе

феллоновой и пробковой, близок к кутину, но встречается в ископаемом состоянии значительно реже.

Спорополленин — сложное органическое соединение (биополимер, состоящий в основном, из каратиноидных спиртов и пальмитиновой кислоты), выполняющее опорную функцию в зернах спор и пыльцы. Наружная плотная оболочка (экзина) последних состоит из структурной целлюлозной основы, в которую откладывается спорополленин, обуславливающий стойкость этой оболочки. Данное вещество исключительно устойчиво: не разлагается под воздействием кислорода, воды, органических растворителей и минеральных кислот. Разрушается лишь при нагревании свыше 300 °С. В ископаемом состоянии известен с архея. Наиболее часто спорополленин встречается в бурых углях палеозоя; в так называемых споровых или дюреновых и липтобиолитовых углях, состоящих в основном из спор и других наиболее стойких растительных тканей. В редких случаях из продуктов изменения вещества оболочек спор и пыльцы образуется особый минерал тасманит — аморфная углеподобная масса, содержащая большое количество спор и пыльцы (встречен в пермо-триасовых отложениях о. Тасмания).

Лигнин — биополимер сложного строения (фенольное соединение, одним из основных мономерных звеньев которого является кониферильный спирт). Лигнин пропитывает целлюлозную стенку клеток проводящей ткани (ксилемы), высших, сосудистых растений, что вызывает одревеснение (деревянистость) стволов и корней и увеличивает, таким образом, их твердость и прочность. Содержание лигнина в древесине хвойных до 50 % и лиственных пород — 20–30 %. Он есть также в травянистых папоротниках. У водорослей, грибов и мхов лигнин не установлен. Очень устойчив, нерастворим в воде и органических соединениях. В процессе fossilization лигнин может испытать обугливание и перейти в лигнит — ископаемую слабо обугленную древесину, сохраняющую анатомическое строение тканей и являющуюся основным компонентом бурых лигнитовых углей.

Смолы — природные аморфные вещества; образуются в растениях при обменных процессах и находятся в особых межклеточных вместилищах и ходах коры стволов и ветвей хвойных деревьев. Смола выполняет защитную функцию: при механическом повреждении коры она вытекает в виде пластичной вязкой жидкости (живицы), которая под влиянием кислорода воздуха и света загустевает и затвердевает, предохраняя внутренние слои древесины от воздействия внешней среды. Очень стойкие, нерастворимые в воде вещества. Хорошо сохраняются в ископаемом состоянии. При fossilization из смол образуются минералы типа янтаря, копала и др. Янтарь — ископаемая смола хвойных деревьев. Химический состав ее: С (76–81 %), Н (10–10,5 %), О (7,5–13,0 %), N и S (десятые доли %). Аморфен, представляет собой каркасный полимер. Встречается в виде налетов, капель, линзовидных слепков, "смоляных карманов" и их обломков, размерами 0,02–50 см (обычно 2–30 мм); максимальная масса выделений до 10 кг. Снаружи обычно покрыт плотной непрозрачной серой или бурой коркой продуктов окисления. Цвет обычно жел-

тый. Янтарь может содержать так называемые инклюдзы — остатки насекомых и растений. Образуется при специфической фоссилизации (окаменении) смолы в результате поликонденсации смоляных кислот и терпенов. Главные условия фоссилизации — продолжительное окисление в почве "янтарного леса" и последующее переотложение с захоронением в прибрежно-морских, лагунных и дельтовых осадках со слабо окислительно-щелочной средой. Янтарь встречается на побережье Балтийского моря (часто в переотложенном состоянии), в песчано-глинистых породах олигоцене в районе Киева, в бассейне реки Припять, а также в ледниковых отложениях севера Европейской части СССР и севера Западной Европы.

Разложение органического вещества. Разложение ОВ в природных условиях контролируется в основном двумя факторами: химическим (кислородное окисление) и биохимическим (воздействие микроорганизмов). Как указывал Н.М. Страхов (1962 г.) процесс разложения ОВ отмерших организмов подчиняется следующим закономерностям: а) в кислородной среде разложение органики идет более интенсивно, чем в бескислородной; поэтому на субаэральной поверхности количество захороняющегося ОВ близко к нулю, субаквальные же условия являются более благоприятными для его захоронения, б) количество разложившейся органики прямо пропорционально времени разложения, в) скорость распада ОВ увеличивается с возрастанием температуры, г) степень разложения ОВ в водных бассейнах прямо пропорциональна глубине погружения органических частиц: в болотах и мелких озерах ОВ накапливается в осадке с меньшей степенью разложения, нежели в глубоководных морских бассейнах.

Разложение органики в субаэральных условиях. В связи с тем, что в воздушной среде содержится большое количество O_2 ($210 \text{ см}^3/\text{л}$) и происходит его активная диффузия, мертвые тела организмов относительно быстро разлагаются в результате химического окисления и биохимического распада. На их месте остаются вскоре лишь наиболее устойчивые органические соединения, свободные или содержащиеся в тех или иных скелетных образованиях. Они могут в дальнейшем сохраниться лишь в том случае, если будут перекрыты осадком и окажутся в почве, где процессы разложения протекают медленнее. Только в исключительных случаях тела мертвых организмов захороняются целиком и без существенных изменений (следов распада): в условиях вечной мерзлоты и в озокеритовых ямах.

Разложение органики в субаквальных условиях. Разложение ОВ отмерших организмов в водной среде проходит, по сравнению с воздушной, более замедленными темпами, так как количество O_2 в воде всего 3—4 % от содержания его в воздухе (т.е. $12\text{--}15 \text{ см}^3/\text{л}$) и приток новых порций кислорода затруднен вследствие малой скорости вертикальной конвекции и медленной диффузии газа. В этих условиях главную роль начинает играть биохимический фактор (воздействие бактерий). Как уже говорилось, степень разложения ОВ зависит от глубины бассейна. Значит в бассейнах с различной глубиной, т.е. в водоемах различного типа процесс разложения ОВ будет характеризоваться своими особенно-

стями. Рассмотрим в качестве примеров разложение органики планктона в пресных озерах, в море и океане.

Разложение ОВ в пресных озерах. 1. Небольшое мелкое (до 12 м) оз. Белое близ Косино Московской области [22]; Здесь поверхностный планктон после отмирания опускается в виде взвеси, подвергаясь по пути активному аэробному распаду. В результате на глубине 7 м разлагается 90 % мертвого планктона; еще меньше его доходит до дна озера. Вследствие его распада в воде с глубиной возрастает количество бесформенного органического детрита. Процесс распада начинается автолизом отмерших клеток с выделением легко усвояемых веществ, которые сразу же минерализуются бактериями, в первую очередь, белки и углеводы. В итоге образуется водный гумус, который составляет 85–90 % растворенного ОВ. Гумус садится на дно, обогатив осадок ОВ. 2. Большое глубокое оз. Байкал [36]. Здесь большая часть отмершего фитопланктона разлагается в верхних 70–100 м, но более крупные тела зоопланктона после смерти могут достичь максимальных глубин в слабо разложившемся состоянии. Основная масса зоопланктона все же распадается на глубинах до 200–500 м. Но даже и в этом случае на дно озера в год поступает около $3 \text{ г/м}^2 \text{ C}_{\text{орг}}$, т.е. около 95 тыс. т.

Разложение ОВ в морском бассейне. Наибольшая густота и продуктивность живого планктона приурочена к прибрежным зонам моря, но вследствие высокой подвижности воды в этих зонах, отмерший и разлагающийся фотопланктон в конце концов сносится в более приглубые участки бассейна: во внутренних морях (например, в Черном, Белом, Балтийском) — в центральные участки, в окраинных морях (Охотском, Японском и др.) — на край шельфа и на материковый склон в зону развития тонкозернистых глинистых илов. Так, например, на мелководном участке Черного моря, близ Одессы, на глубине 10 м, по экспериментальным данным Л.М. Зелезинской (1966 г.), во время массового отмирания членистоногих в августе, на 1 м^2 поверхности осадка, за 24 часа поступило 30 тыс. трупов и от 10 до 70 тыс. сброшенных при линьке панцирей копепод. Несмотря на такой "дождь трупов", значительного накопления остатков копепод в осадке на этом участке дна не происходит, так как во время шторма все органические остатки выносятся отсюда. Механизм разложения и переноса ОВ в море подобен тому, какой наблюдается в океане (см. ниже).

Разложение ОВ в океане. Наиболее полно процесс переработки ОВ в водной толще океана изучен Е.А. Романкевичем [36]. После разложения в верхних слоях (0–200 м) океана главной части первичного ОВ в виде основной массы отмершего планктона в более глубокие части опускаются наиболее стойкие компоненты ОВ. С увеличением глубины уменьшается биомасса бактерий, способных разлагать органику. ОВ из поверхностных слоев океана опускается в нижние слои толщи воды в основном двумя способами: пассивное опускание отмершего планктона и миграция живого планктона.

Скорость пассивного опускания отмерших организмов в толще воды зависит, в первую очередь, от их размера (диаметра частиц) — чем частица меньше, тем меньше скорость ее опускания (м/сутки):

Фитопланктон	1-510
Зоопланктон-радиолярии	около 350
фораминиферы	30-4800
остракоды	400
амфиподы	около 875
копеподы	36-720
птероподы	760-2270

Существует прямая зависимость между величиной органической частицы и скоростью ее разложения. Так, установлено, что основная масса мертвых диатомовых водорослей с плазмой сосредоточена в слое 0-200 м. За редким исключением глубже встречаются лишь их пустые панцири. Массовое количество планктонных фораминифер и птеропод с плазмой наблюдается в интервале глубин соответственно 0-200 и 0-500 м, глубже их численность уменьшается. Но фораминиферы, имеющие размеры 50-250 мкм, достигают глубин 1500-2000 м, а птероподы (500-3000 мкм) - 4000 м. Как отмечает Н.В. Беляева, в Индийском океане глубже 2000 м планктонные фораминиферы с плазмой не встречаются. По данным Б.А. Скопинцева, в Атлантическом океане при температуре 2-12 °С разложение органики мертвого планктона происходит следующим образом: наннопланктон ($d < 0,05$ мм) - полностью распадается до глубины 100 м; микропланктон ($d = 0,2-1$ мм) - в интервале глубин 1500-2000 м распадается 90 %; мезопланктон ($d > 1$ мм) - 50 % ОВ достигает максимальных глубин.

Некоторая часть ОВ, заключенная в виде органической матрицы внутри известковых скелетных образований планктонных организмов и не подвергающаяся в связи с этим воздействию бактерий, опускается на глубины ниже критической глубины растворения карбонатов. Но на этой глубине, вследствие растворения известковых раковин, содержавшееся в них ОВ освобождается, и в силу низкой активности глубоководных бактерий, не разлагается, а переходит в растворенное или коллоидальное состояние, местами обогащая придонные воды и сам осадок [36].

В океанах, несмотря на то, что основная масса отмершего планктона разлагается в верхних слоях водной толщи, глубинные слои продолжают оставаться насыщенными органикой благодаря так называемому зоопланктонному транспорту. Дело в том, что значительная часть зоопланктона совершает суточные, сезонные и возрастные миграции, охватывающие практически всю водную толщу. Благодаря этому ОВ опускается на такие глубины, какие не может достигнуть отмерший фитопланктон и часть поверхностного зоопланктона. После отмирания зоопланктона-мигранта глубинные слои также обогащаются органикой, как растворенной, так и взвешенной. Таким образом, на дне глубоководных бассейнов накопление ОВ происходит избирательно: главная составная часть ОВ Мирового океана, а именно ОВ растительного происхождения (продукция фитопланктона), разлагается практически нацело в верхних слоях водной толщи, на дно же опускается в основном ОВ животного происхождения.

Накопление ОВ в осадках морей и океанов. Исходя из расчетных данных по отношению захороняемой массы органики к ежегодно продуцируемой, В.А. Успенским получены цифры по накоплению ОВ в разных фациальных обстановках (в %):

Субаэральные условия	0,00
Субаквальные условия:	
Болота	8,60
Озера и реки	42,2
Шельфовые области океанов	1,04
Континентальный склон	0,37
Глубоководные области океанов	0,06

Таким образом, наибольшая концентрация ОВ имеет место в осадках континентальных водоемов типа озер. В морских осадках накопление ОВ происходит в значительно меньших количествах. Если принять общую массу ежегодной продукции $C_{орг}$ в $65 \cdot 10^9$ т, а массу $C_{орг}$, ежегодно накапливающегося в осадке, в $0,518 \cdot 10^9$ т, то получим так называемый коэффициент захоронения ОВ равный 0,8 %. Согласно расчетам Н.М. Страхова (1962 г.), на дне водоемов в осадке, таким образом, накапливается лишь 0,8 % от первичной ежегодной продукции ОВ, а 99,2 % разрушается в толще воды. По данным Е.А. Романкевича [36], в Мировом океане ежегодная продукция ОВ фотосинтеза (20,1 млрд. т) и поступление его с суши (1 млрд. т) составляют в сумме 21,1 млрд. т $C_{орг}$, а в осадок поступает только 85 млн. т, таким образом, коэффициент захоронения равен 0,4 %. Значит в океане в осадке накапливается лишь 0,4 % от исходного ОВ, а 99,6 % возвращается для поддержания баланса углерода. По сравнению с общим коэффициентом (0,8 %), в океане он ниже (0,4 %).

Минеральное вещество скелетных образований, его разрушение и накопление в водной среде

Посмертные остатки организмов, находясь в водной толще или на поверхности дна, подвержены комплексному воздействию физического, химического и биологического факторов, направленному на частичное или полное уничтожение или изменение первичного состояния остатка. Большинство окаменелостей в свое время представляли собой скопления остатков на дне водного бассейна и, таким образом, становясь составной частью осадка, подчинялись всем тем закономерностям, которые определяли осадконакопление в прежнем бассейне. Если мы знаем закономерности переработки и захоронения остатков организмов в определенных условиях, сложившихся на тех или иных участках современного бассейна, то, исходя из предположения, что физические и химические факторы водной среды коренным образом не изменялись со временем, мы можем использовать эти закономерности при реконструкции условий захоронения ископаемых остатков. По взаимоположению остатков организмов между собой и вмещающим осадком, а также по следам их механической

и химической переработки, можно делать выводы о седиментации на определенном участке бассейна.

В результате воздействия на посмертные остатки факторов внешней среды происходит, если не уничтожение, то искажение первичного качественного и количественного состава организмов, связанных прежде единым биотопом, нарушение прижизненных соотношений видов, сложившихся в биоценозе, а также часто изменение первичного химического и минерального состава скелетов еще до их захоронения. Разрушение и изменение составных частей скоплений посмертных остатков (танатоценозов) происходит избирательно. Особенно большое искажение наблюдается в аллохтонных танатоценозах. Посмертное разрушение минеральных скелетных образований в водной среде происходит в результате воздействия механического и химического процессов.

Механическая деструкция скелетных образований идет под контролем как абиотических (гидродинамика, осадок и пр.), так и биотических факторов (хищники, сверлильщики и др.). В связи с этим можно выделить две формы механической деструкции: собственно механическую и биомеханическую. Наиболее полно процессы механического разрушения скелетов в водной среде освещены А. Мюллером [48].

Собственно механическая деструкция. В водной среде главным фактором механической деструкции являются гидродинамические процессы. Наибольшее разрушение скелетного материала происходит на мелководье в зоне интенсивного, проникающего до дна волнового движения воды. Донные и приливо-отливные течения обладают уже меньшей разрушительной силой. Скелетные остатки в зонах переработки материала могут подвергаться дроблению, окатыванию и одностороннему стачиванию.

Дробление, или ломка остатков осуществляется преимущественно при их перемещении толчками или перекачивании под воздействием волнения или сильного водного потока. Наиболее активно процесс дробления скелетов происходит в зоне формирования русловых галечников, а также на галечных и гравийных морских пляжах. Степень дробления материала зависит, в первую очередь, от их крепости по отношению к кратковременному жесткому толчку (удару). Скелетные остатки различных групп организмов при равных условиях, например, на морском мелководье, будут по-разному испытывать эффект дробления, т.е. на этой стадии будет иметь место избирательность в разрушении.

Окатывание, или всестороннее стачивание скелетных остатков происходит лишь в том случае, если они на дне водоема находятся в свободном, неприкрепленном состоянии. Данный процесс осуществляется при переносе остатков внутри перемываемых масс осадка, прежде всего, в песке или тонком битом ракушняка, а также при перекачивании остатков по субстрату, действующему как абразив. Явление перекачивания наблюдается не только в водной среде, но и на суше в песчаных осадках (особенно часто в дюнах). Степень и характер окатанности остатков зависит от их устойчивости, величины, формы, а также их флотационной способности. Например, мелкие раковины моллюсков в общем окатываются в меньшей степени, нежели крупные, так как у мелких форм способ-

ность парить в воде большая, а скорость опускания на дно меньшая. Чем крупнее и массивнее раковина, тем у нее сильнее тенденция оставаться на дне в сфере более активного стачивания. Створки *Mytilus* и *Macoma* обладают лучшей способностью парить в подвижной среде, чем створки *Cardium* и *Mya*. В связи с этим при одинаковых гидродинамических условиях первые, обычно переносимые над песком в турбулентной струе, имеют меньшую степень окатанности, нежели вторые, которые перемещаются, в основном, по поверхности песчаного дна. Естественно, подобные явления могут рассматриваться как частный случай, имеющий место в конкретной обстановке, а не как общая закономерность. Уменьшение окатанности наблюдается также у тех остатков, которые получили способность парить благодаря легкости материала (панцири членистоногих, растительные остатки) или наполнению газом (раковины гастропод).

В процессе окатывания раковин двустворчатых моллюсков сначала стачивается периостракум и детали строения поверхности, затем сглаживаются кили, скульптура и зубы, края закругляются и в дальнейшем остаток "стремится" получить форму, приближающуюся к уплощенной гальке. В случае раздробления массивных и крупных раковин из каждого обломка в результате его окатывания может образоваться округлая объемная галька. Определение характера и степени окатанности скелетных остатков очень важно для реконструкции гидродинамики палеосреды (см. раздел по методике).

Фасетирование, или одностороннее стачивание материала происходит, как правило, двумя способами [48]. В первом случае фасетки (границы) могут образовываться как в водной, так и в воздушной среде. Абразивным материалом служит песок. В водной среде фасетирование распространено в основном в зоне пляжа. Остатки организмов при этом должны находиться в неподвижном состоянии, прирастая к субстрату или занимая на нем наиболее устойчивое положение. Обычно блюдцевидные тела (отдельные створки бивальвий) в подвижной зоне ориентированы выпуклостью вверх, а куносвидные остатки (раковины гастропод, таких как *Trochus* с диаметром основания больше высоты) переворачиваются на это широкое основание. Образование фасеток происходит на стороне, обращенной вверх. При сильном стачивании выпуклых створок бивальвий от последних могут остаться лишь краевые части, заглубленные в грунт, так называемые фасеточные кольца. У трохоидных гастропод стачивание раковины начинается с вершины конуса и проходит по направлению к поверхности дна. Если раковина с фасеткой под влиянием волны переворачивается на 180° и сточенная сторона становится опорой, тогда может возникнуть вторая фасетка, более или менее параллельная первой.

К разновидности одностороннего стачивания может быть отнесено так называемое "прижизненное окатывание" прикрепленных моллюсков. С.В. Максимова (1949 г.) сообщает о прижизненном разрушении периостракума и верхних слоев стенок на боковых сторонах раковин бисусных *Dreissena polymorpha*, живущих в береговой зоне Волги, в результате их абразии взвешенными тонкими песчаными частицами в одностороннем речном потоке.

Во втором случае фасетки на нижней стороне скелетного остатка могут возникать в водной среде тогда, когда он значительное время, не изменяя своего положения, перемещается по дну, сложенному грубозернистым песком. Наиболее часто такие фасетки образуются в зоне приливно-отливных или береговых течений. У створок бивальвий, ориентированных выпуклостью вниз, стачивание начинается с макушки как наиболее тяжелой части. Конусовидные тела гастропод (*Trochus* и др.), ориентированные вниз широким основанием, стачиваются со стороны этого основания, иногда вплоть до самой вершины.

К этому виду стачивания можно, по-видимому, отнести прижизненное разрушение скульптуры на раковинах ползающих двустворок *Monodacna edentula*, живущих на мелководье Каспийского моря. По наблюдениям С.В. Максимовой (1949 г.) радиальные ребра на некоторых раковинах живых моллюсков сильно сглажены (как бы окатаны). Такое сглаживание, возможно, произошло в результате трения боковых поверхностей раковин об осадок при ползании моллюска внутри грубозернистого песка. Не исключено, что этот процесс сопровождался также растворением раковины под местным влиянием CO_2 (см. ниже).

Биомеханическая деструкция. Большое число живых организмов подвергается нападению хищников. Скелетные образования жертвы при этом могут испытать расчленение или повреждение, раздробление, нарушение целостности (следы сверления, натик, укусы головоногих моллюсков или рыб) и т.д. Одни мертвые организмы "перерабатываются" трупоедами (часто с расчленением скелетных составляющих), другие (в основном мелкие и мельчайшие) пропускаются через кишечники грунтоедов (при этом скелетные остатки, как правило, изменяются в той или иной степени). Посмертные скелетные остатки (колонии кораллов, желваки водорослей, раковины моллюсков), находящиеся на дне, иссверливаются как химическим, так и механическим путем (например, двустворчатыми моллюсками *Pholas*, *Barnea* и др.). Во всех случаях сверления ослабляется прочность скелетов по отношению к гидродинамическому воздействию среды и увеличивается поверхность соприкосновения с водой, что ускоряет процесс выщелачивания карбоната. Наконец, к данной форме деструкции можно отнести, по-видимому, очень распространенное ныне явление — одностороннее стирание (фасетирование) раковин брюхоногих моллюсков при перетаскивании их по дну поселившимися в них раками-отшельниками.

Химическая деструкция, или растворение. Явление растворения в воде минеральных частиц органического происхождения имеет огромное значение для биогеохимического круговорота веществ и для состава донных осадков в Мировом океане. Значительная часть посмертных остатков организмов, особенно пелагических, растворяется в самой водной толще морей и океанов, не доходя до поверхности дна. Особенно активно этот процесс воздействует на карбонатные скелетные образования. В различных частях морей и океанов, в зависимости от климатической широты и мощности водного столба, процессы растворения протекают по-разному. Растворение различным образом воздействует также на представителей разных систематических групп в зависимости от минерального сос-

тава их скелетных образований и местоположения их биотопа. Например, растворение остатков мелководных и глубоководных или бентосных и планктонных организмов контролируется различными факторами.

Основными факторами растворения помертвых остатков организмов являются: минеральный состав скелета, его объем и площадь, степень насыщения вод карбонатом кальция, температура, соленость, количество растворенного CO_2 , величина pH, гидростатическое давление. Большинство из абиотических факторов среды взаимообусловлены и оказывают в процессе растворения комплексное воздействие. Если для планктонных организмов решающими являются насыщенность вод CaCO_3 и давление, то для большинства бентосных, особенно мелководных организмов, доминирующими факторами будут, кроме насыщенности вод карбонатом, степень активности различных сверлящих организмов и хищников (биозрозия) и количество ОВ, определяющего в свою очередь, количество CO_2 — очень активного растворителя.

И еще один фактор является общим для всех случаев растворения при прочих равных условиях — это фактор времени. Чем длительнее остаток подвергается воздействию того или иного фактора или их суммы, тем выше степень его растворения. Таким образом, по степени корродированности некоторых окаменелостей можно иногда сделать заключение о времени экспозиции — нахождения остатков соответствующих организмов в зоне воздействия процессов растворения.

Остановимся на основных формах растворения скелетных остатков, не затрагивая хорошо известного самого механизма растворения. Можно выделить две формы химического разрушения: собственно химическое и химическое биотическое растворение.

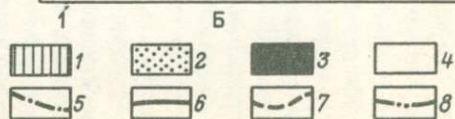
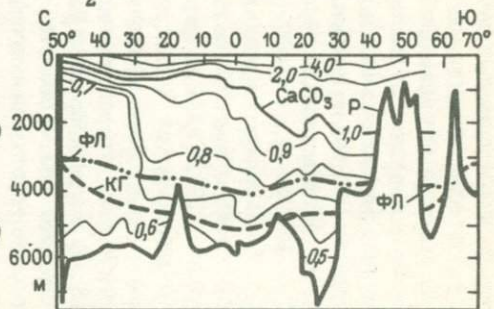
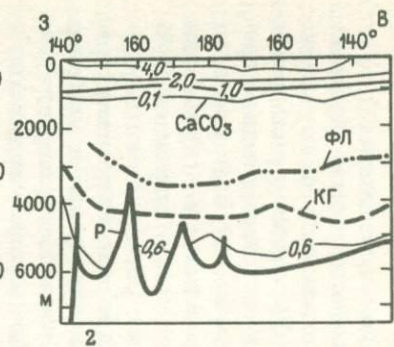
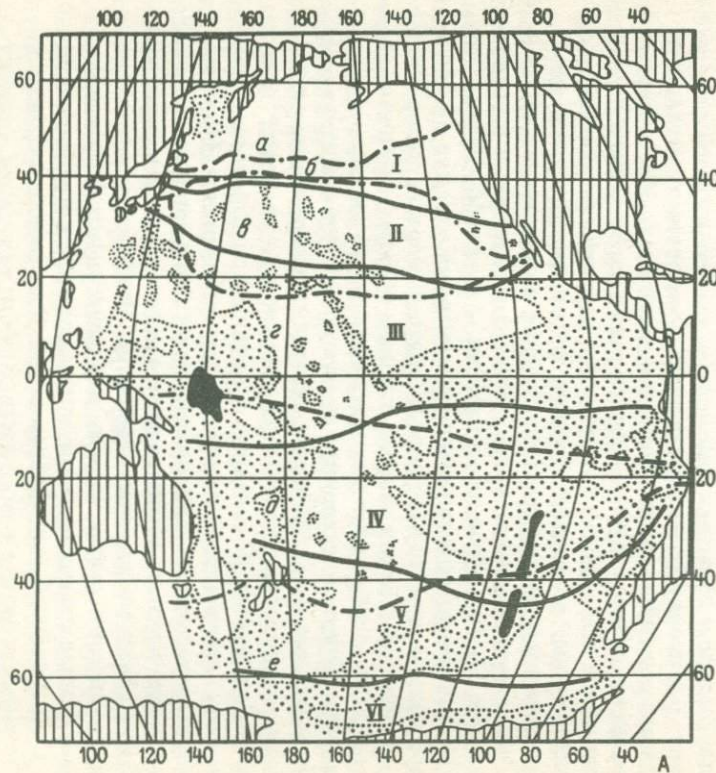
Собственно химическое растворение, или выщелачивание. Этот процесс имеет место в любой зоне водной толщи, но характер его прохождения и интенсивность зависит от разных доминирующих факторов. В мелководной зоне моря, обогащенной ОВ, растворение карбонатных скелетов осуществляется преимущественно под контролем CO_2 , образующимся часто в значительных количествах при разложении органики как в водной толще, так и в осадке. CO_2 в этом случае вступает во взаимодействие с карбонатом кальция и переводит его в раствор по реакции: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. О колоссальной агрессивности CO_2 по отношению к карбонату может свидетельствовать указанный Н.М. Милославский факт массового [прижизненного] растворения раковин двусторчатых моллюсков *Macoma baltica*, живущих в поверхностных слоях песчаного осадка на Мурманской литорали, под влиянием избыточного количества CO_2 , проникающего в осадок в результате гниения огромных масс водорослей, выброшенных на берег штормом. При незначительном содержании CO_2 в придонных водах происходит постепенное выщелачивание карбонатного материала на отдельных, менее стойких участках скелета и его коррозия. Следы растворения раковин двусторчатых моллюсков, например, являются: коррозия макушечной и краевых зон створок, отсутствие следов нарастания, потеря скульптуры. Скорость и степень растворения зависят от формы, строения и величины скелетного

остатка. Например, массивные, крупные, толстостенные раковины растворяются медленнее; пористое строение остатка способствует его растворению; чем объект скульптурнее, тем он скорее растворяется и т.д.

Моллюски континентальных водоемов защищены от растворяющего действия пресных вод толстым слоем конхиолина. Но если последний нарушается, как это нередко бывает в примакущечных участках раковин, то последние начинают растворяться при жизни моллюсков. Этот процесс продолжается и в осадке уже после захоронения раковин, так как иловые воды, например, в озерных бассейнах, как правило, пересыщены CO_2 .

Избыточное количество CO_2 может вызвать растворение карбонатных раковин не только на мелководье, но и в относительно глубоких участках морей и океанов. Так, Н.В. Беляева (1979 г.) сообщает о растворении раковин планктонных фораминифер в осадках на северо-западном продолжении Аравийско-Индийского хребта (к юго-востоку от Аравийского полуострова) на глубинах 2385–3071 м (критическая же глубина для данной широты океана находится на 6000 м, см. ниже). Это явление обусловлено поступлением в толщу воды обильного ОВ, выносимого с ближайшей суши, и последующего его разложения на дне с выделением большого количества CO_2 . В океанах процесс растворения имеет особенно грандиозные масштабы. Это можно показать на наиболее распространенных и хорошо изученных группах пелагических организмов, имеющих карбонатные скелетные образования.

Эффект растворения известковых скелетных остатков планктонных организмов на больших глубинах. Как известно, в открытых частях океанов главенствующую роль в карбонатонакоплении играют мельчайшие пелагические организмы: в основном фораминиферы и кокколиитофориды, в меньшей степени птероподы. Основная масса живых представителей данных групп приходится на поверхностный слой океана 0–200 м (максимальная концентрация фораминифер и птеропод отмечена в слое 10–50 м, а кокколиитофорид — в зоне 50–200 м). По мере погружения отмерших организмов количество их остатков в водной толще сокращается в десятки и сотни раз. Степень и скорость растворения известковых скелетов в океане зависит, главным образом, от степени насыщения вод CaCO_3 , глубины погружения, минерального состава и микроструктурных особенностей скелетных остатков, проявления процессов вторичного замещения и пр. Скелетные остатки, принадлежащие различным группам организмов, растворяются по-разному, т.е. имеет место избирательное растворение. До недавнего времени считалось, что чем меньше размер скелетной частицы, тем она быстрее растворяется. Но оказалось, что нередко мельчайшие остатки некоторых групп организмов опускаются ниже более крупных и накапливаются на глубинах, превышающих критическую глубину растворения карбонатов. Наиболее полно закономерности растворения в океане изучены для планктонных фораминифер (ПФ), повсеместно имеющих широкое распространение и играющих большую роль в океаническом осадкообразовании. Для данных организмов, раковины которых в большей своей части сложены кальцитом, главенст-



вующую роль в их растворении играют насыщенность вод CaCO_3 и глубина погружения.

1. Насыщенность вод кальцитом в океане по данным Ю.И. Ляхина (1968 г.) распределяется очень неравномерно и зависит от многих факторов, в первую очередь, от величины рН (например, увеличение рН раствора на 0,2 ведет к повышению насыщенности на 50–100 %) и температуры (при повышении температуры воды от 0 до 30 °С насыщенность увеличивается в 3–3,5 раза). Насыщенность CaCO_3 уменьшается с глубиной в связи с возрастанием гидростатического давления и увеличением количества растворенного CO_2 . Таким образом, наблюдается прямая зависимость агрессивности вод от увеличения глубины.

Степень насыщения вод кальцитом определяется соотношением ионного произведения $(\text{Ca}^{++})(\text{CO}_3^{--})/K'_{\text{sp}}$, где K'_{sp} — равновесная растворимость кальцита. Если это отношение больше 1, воды насыщены кальцитом, и наоборот, в водах недосыщенных оно меньше 1 [6]. Растворение карбонатных скелетов начинается при отношении равном 1. Как показано на меридиональном профиле через Тихий океан (рис. 8), уровень насыщения вод кальцитом (1 ед. = 100 % насыщения) располагается на глубине 200 м на 50° с.ш. и опускается до 2200 м на 56° ю.ш. Насыщенность вод кальцитом с глубиной падает, и вместе с этим ускоряется процесс растворения карбонатов. В восточной Атлантике уровень насыщения (100 %) находится ниже, на глубине 3500–4000 м между 30° с.ш. и 35° ю.ш. Таким образом, мощность зоны, насыщенной кальцитом, здесь почти в два раза больше, нежели в Тихом океане. Именно с этим обстоятельством связано очень широкое распространение ПФ в осадках Атлантического океана. Здесь ПФ встречены в значительных количествах даже на глубинах 4500 м. В Атлантике также установлен факт лучшего сохранения скелетных образований кокколитофорид вплоть до максимальных глубин.

2. Во всех океанах выделяется три глубинных уровня качественного и количественного уменьшения карбонатных раковин ПФ в связи с их растворением. Наиболее четко они фиксируются в донных осадках на материковом склоне и склонах подводных возвышенностей. Если в центральных частях океанов эти уровни далеко отходят друг от друга, то по

Рис. 8. Количественное распределение планктонных фораминифер (ПФ) в осадках, типы биоценозов и танатоценозов ПФ, насыщенность вод кальцитом в Тихом океане.

А — типы биоценозов и танатоценозов; биоценозы: а — субарктический, б — переходный, в — центральный, г — экваториальный и западно-центральный, д — южно-центральный, е — субантарктический; танатоценозы: I — бореальный, II — северный субтропический, III — тропический, IV — южный субтропический, V — нотальный, VI — антарктический (по Н.В. Беляевой, 1969); Б — профили через океан: 1 — продольный, по меридиану 180° в.д., 2 — поперечный, по широте 35° с.ш. (по Н.В. Беляевой, 1980).

1 — суша; 2 — районы с содержанием ПФ от 1 до 10000 экз/г осадка; 3 — районы с максимальным содержанием ПФ — более 10000 экз/г; 4 — ПФ в осадке не встречены; 5 — границы биоценозов; 6 — границы танатоценозов; 7 — линия критической глубины карбоната кальция (КГ); 8 — линия фораминиферового лизоклина (ФЛ); Р — рельеф дна, CaCO_3 — насыщенность вод кальцитом (1 ед. = 100 %)

направлению к полюсам наблюдается их постепенное сближение и слияние. Положение уровней колеблется не только в разных океанах, но и в одном и том же бассейне, что связано как биотическими, так и абиотическими факторами.

Самым верхним, или первым уровнем является так называемый фораминиферовый лизоклин (ФЛ), который определяется по резкому уменьшению количества раковин, снижению качественного (видового) разнообразия и заметному нарушению прижизненных соотношений между видами вследствие выборочности растворения (рис. 8, Б). В северной половине Тихого океана глубина ФЛ изменяется от 4300 м в зоне между экватором и 10° с.ш. до 3000 м на 53° с.ш.; в южном полушарии между 40 и 50° местами опускается на 4500 м, а между 50 и 60° находится на глубине 4000–4200 м, затем круто поднимается вверх до 3000 м на 60° ю.ш. и до 500 м в море Росса (75° ю.ш.). Уровень ФЛ изменяет свое положение и внутри широтных зон: по мере приближения к берегам океана он занимает все более мелководное положение, что связано с уменьшением насыщенности вод CaCO_3 вследствие повышенного содержания O_2 и CO_2 на периферии океана [6]. В открытых частях Атлантического океана на соответствующих широтах ФЛ занимает более глубоководное положение. ФЛ под экватором здесь находится на глубине 5000–5500 м и поднимается до 4200 м в зоне 50–60° с.ш. Более глубоководное положение ФЛ обусловлено высокой степенью насыщенности кальцитом.

Характерными особенностями ФЛ являются: резкое уменьшение общей численности фораминифер, снижение численности отдельных видов (ни один вид не дает высокой численности), сокращение числа видов, нарушение прижизненных соотношений, сложившихся в биоценозе. Вследствие избирательного растворения в танатоценозах накапливаются не те виды, которые являются доминирующими в поверхностных водах океана, а виды, наиболее устойчивые к растворению; а также преобладают более устойчивые крупные раковины взрослых особей и т.д. (6). Выше ФЛ в осадке преобладают целые раковины, ниже – фрагменты раковин и детрит. Таким образом, уровень ФЛ является картировочной границей между двумя типами комплексов фораминифер, или танатоценозов. Выше ФЛ видовой состав и процентное соотношение видов в танатоценозе отражает таковые в биоценозе (I тип танатоценозов по Беляевой, 1979 г.).

Вторым или промежуточным уровнем резкого уменьшения содержания CaCO_3 в осадке является карбонатный лизоклин (КЛ). Благодаря усиливающемуся недонасыщению вод CaCO_3 происходит очень активное растворение раковин ПФ, в связи с чем полностью искажаются количественные и качественные соотношения их остатков на дне по сравнению с поверхностной зоной, т.е. танатоценозы совершенно не отражают биоценозы (II тип танатоценозов, по Беляевой, 1979 г.). В зоне между ФЛ и КЛ фрагменты раковин ПФ составляют основную часть осадка. Глубже целые раковины единичны, уменьшается также и количество их обломков [6]. Таким образом, изучение проблемы соотношения танатоценозов, биоценозов и климатической зональности в распространении планктон-

ных фораминифер должно решаться на материалах, собранных не ниже КЛ. Наиболее достоверные результаты получаются при исследовании остатков из танатоценозов выше ФЛ.

Самым низким, или третьим уровнем является линия критической глубины распространения карбоната кальция (КГ), которая определяется по содержанию в осадке CaCO_3 менее 10 %. Мощность зоны между ФЛ и КГ колеблется от 0 до 1200 м и зависит от многих факторов. Это — насыщенность вод CaCO_3 , продуктивность планктона (в первую очередь фораминифер и кокколитофорид), особенности химического и минерального состава раковин и их морфологии. Данная зона характеризуется низкой численностью ПФ (остатки которых могут быть определены до вида), но высокими содержаниями карбоната (до 70 %), что связано со значительным накоплением в осадке фрагментов раковин и детрита фораминифер и скелетных образований кокколитофорид [6]. Уровень КГ в океане в зависимости от широты занимает различное положение. Например, в Тихом океане между экватором и 10° ю.ш. он находится на глубинах 5300 м, но по направлению к полюсам постепенно поднимается до 4000 м на 60° с.ш. и до 4500 м на 60° ю.ш. Вблизи Антарктики, в море Росса, линия КГ поднимается вплоть до 550 м, что связано с низкими температурами вод (-0 — -2°) и высоким содержанием в них CO_2 . В Атлантическом и особенно Индийском океанах КГ, наоборот, она занимает более низкое положение.

А.П. Лисицын [23] указывает среднее положение КГ в океанах и специально освещает данную проблему (рис. 9). Растворение карбонатов начинается в верхнем слое донных осадков почти во всех океанах с глубин примерно 3500—4000 м. Образование почти горизонтальной поверхности начала растворения CaCO_3 связано с физико-химическими факторами, общими для огромных пространств океанской пелагиали, в первую очередь, с гидростатическим давлением. Но карбонатный материал может проникать через эту поверхность на глубины, превышающие глубину начала растворения на 1000—2300 м, т.е. вплоть до КГ. А.П. Лисицын отмечает, что положение КГ зависит, главным образом, от динамических факторов — скорости поступления и растворения кальцита и скорости седиментации в целом. Таким образом, существует определенная связь между высокой продуктивностью планктонных организмов и наиболее низким положением КГ в экваториальной зоне океанов.

3. Явление растворения известковых раковин и других скелетных образований на КГ определяет характер распространения карбонатных осадков на дне Мирового океана. Линия пересечения горизонтальной плоскости, соответствующей положению КГ, с теми или иными неровностями дна, является по существу картировочной границей между современными карбонатными (в основном фораминиферовыми) и бескарбонатными (терригенными и кремнистыми, содержащими CaCO_3 до 10 %) илами. Благодаря эффекту растворения в современных океанах наблюдается пятнистый характер распространения фораминиферовых осадков. Установлено, что в танатоценозах ПФ, образовавшихся выше КГ, как правило, имеется соответствие поверхностным биоценозам как в качествен-

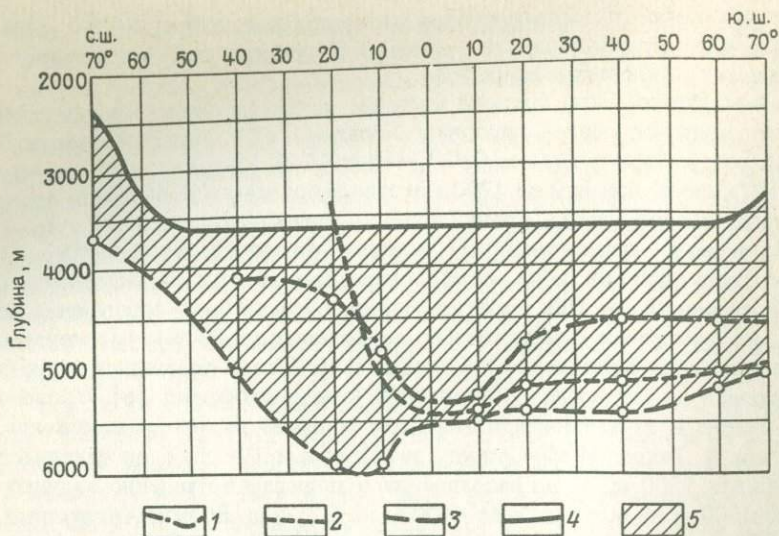


Рис. 9. Среднее положение критической глубины (КГ) в океанах (по А.П. Лисицыну, 1969).

1-3 КГ в океанах: 1 - в Атлантическом, 2 - в Тихом, 3 - в Индийском; 4 - поверхность начала растворения CaCO_3 в донных осадках; 5 - зона растворения пелагических карбонатов в поверхностном слое осадков

ном, так и в количественном отношении, а площади развития ганатоцеенозов примерно совпадают с теми климатическими широтными поясами, в пределах которых в поверхностной зоне океанов распространены соответствующие комплексы организмов.

4. Растворение раковин ПФ ниже КГ в толще воды и на дне происходит с неодинаковой скоростью. Как показали исследования Х.М. Саидовой [37] в Курило-Камчатском желобе, общее количество раковин ПФ в толще воды от 50 до 4000 м находится в пределах 3-6 экз/м³, но глубже, в связи с эффектом растворения, их численность не превышает 2,5 экз/м³. Если в поверхностном слое водной толщи (50-200 м) численность ПФ (в августе) равнялась в среднем 10 экз/м³, то на глубинах 4000-7000 м не более 3 экз/м³. Дна желоба достигает, таким образом, около 30 % от исходного количества ПФ.

Изучение содержимого кишечника глубоководных голотурий, морских звезд, ежей и офиур, поднятых с глубин более 3000 м, показало внутри них значительное количество раковин планктонных и бентосных известковых фораминифер. Количество раковин в кишечнике оказалось: до 2000 экз на 20 г пищевой массы на глубине 3000-4800 м, 300 - на 5115 м, 150 - на 6140 и 50 экз - на 9300 м. Сохранность раковин в кишечнике очень хорошая, свидетельствующая о том, что пищеварительный сок не оказал на них сильного растворяющего влияния. В осадках же известковые раковины не были обнаружены ниже 4000 м, т.е. ниже КГ. Таким образом, в толще воды раковины ПФ в заметном количестве проходят

через плоскость КГ и в состоянии хорошей сохранности достигают дна на максимальных глубинах, более чем в два раза превышающих КГ, но сохраняются там (и лишь временно) только раковины, попавшие в кишечник донных организмов. Раковины же, осевшие непосредственно на поверхность грунта и некоторое время лежащие на нем, а также выведенные из кишечника грунтоедов и попавшие в осадок, быстро растворяются. Аналогичное явление имеет место и в отношении бентосных известковых фораминифер, которые могут жить на глубинах более 3500 м, но после смерти они также быстро растворяются, временно сохраняясь лишь в кишечниках грунтоедов. Отсюда делается вывод, что растворение раковин ПФ происходит в поверхностном слое осадка намного более активнее, нежели в толще воды. Как полагает А.П. Лисицын [23], это явление обусловлено физико-химическими свойствами придонного слоя воды.

5. В танатоценозах, находящихся в зоне между ФЛ и КГ, в связи с растворением карбонатных раковин, происходит искажение количественных и качественных соотношений, сложившихся в поверхностном биоценозе. Данное искажение обусловлено избирательным растворением. Стойкость и растворение скелетов ПФ, принадлежащих не только в разным родам, но и видам, различна, что связано с минеральным составом и толщиной стенки раковины. Например, В. Бергер (1970 г.) приводит следующие данные о различном характере растворения раковин кальцитовых фораминифер и арагонитовых птеропод при их погружении в глубокие воды в центральной части Тихого океана: 1) поверхностные воды (0–200 м) — следы растворения не обнаружены; 2) промежуточные воды (200–2400 м) — растворяются раковины птеропод; 3) глубинные воды (2400–3700 м) — птеропод нет, начинают растворяться раковины фораминифер; в осадке на глубине 2500 м среди них насчитывается: целых раковин 89,7, слегка — 9,3, и сильно разрушенных — 1%; 4) донные воды (3700–4500 м) — разрушаются кальцитовые сферы; 5) критическая глубина (4500 м) — ниже встречаются только обломки раковин. Отмечается также выборочность растворения среди ПФ. Раковины тонкостенные и прозрачные, с последней камерой намного больше предыдущей разрушаются быстрее. Это определяет состав танатоценозов: скопление остатков фораминифер обогащается формами, у которых раковины непрозрачны, толстостеннее и последняя камера равна предыдущей. В результате возникает искажение качественного состава танатоценоза по сравнению с биоценозом. По данным А.П. Лисицына [23], для арагонитовых скелетов (раковин птеропод), растворимость которых в два раза выше, чем кальцитовых, КГ распространения находится на 2000–3000 м, т.е. значительно выше, чем кальцитовых. Такая выборочность по растворению приводит к тому, что на больших глубинах океана распространены карбонатные осадки кальцитового состава.

Интересные наблюдения по избирательному растворению ПФ были проведены также в Японском море Е.А. Шарудо (1975 г.). В южной части моря в поверхностных водах (0–500 м) со среднегодовой температурой

14° присутствуют виды (%): бореальный *Globigerina bulloides* (84,5), субарктический — *G. pachyderma* (6,7) и ряд тепловодных — *Globigerinella aequilateralis* и др. (8,8). В донных же пробах наблюдается совершенно иная картина (%): *G. pachyderma* составляет 78, *G. bulloides* — всего 10, а раковины *G. aequilateralis* вообще отсутствуют. Это объясняется тем, что раковины вида *G. pachyderma*, приспособленного к жизни в более холодных субарктических водах и обладающего более толстой стенкой, при погружении в воды с температурой 0,2–0,5° растворяются в малой степени. Тонкораковинные бореальные *G. bulloides* и тепловодные *G. aequilateralis*, наоборот, растворяются более интенсивно в водах, недонасыщенных карбонатом кальция. Большинство из них так и не успевает достичь КГ. В результате происходит обогащение осадка более устойчивыми к растворению раковинами. Недоучет этого явления приведет к ошибке климатического порядка. Например, по обилию в осадках субарктического *G. pachyderma* южная часть Японского моря могла бы быть отнесена к одинаковой температурной зоне. Поэтому при проведении палеоклиматологических исследований необходимо учитывать эффект избирательного растворения. Скорее всего с ним связано смещение границ танатоценозов по отношению биоценозов, показано на рис. 8, А. В бореальной и нотальной областях Тихого океана происходит смещение границ танатоценозов в сторону экватора, а в тропическом поясе — по направлению к полюсам. Исключение составляет район вблизи западных берегов Южной Америки, где проходит субмеридиональное холодное течение Гумбольдта.

В настоящее время изучаются так называемые ряды устойчивости раковин ПФ. Одни и те же виды в различных районах занимают разное положение в ряду устойчивости, и для каждого района, характеризующегося своим набором условий, установлен свой ряд устойчивости. Но в океанах прослеживается общая закономерность растворения ПФ: наиболее стойкими являются виды с толстыми раковинами — *Globigerina pachyderma*, *Globorotalia tumida*, *Pulleminatina obliquiloculata* и др., а менее устойчивыми оказываются тонкостенные формы — *Globigerina bulloides*, *Globigerinella aequilateralis* и особенно *Hastigerina pelagica* (Беляева, 1979 г.). Характер растворения раковин последнего вида специально изучали Х. Хемлебен и др. (1979 г.). Вид *H. pelagica* является типичным для поверхностных вод тропической и субтропической зон, где на его долю приходится более 20 % от всех ПФ. В осадках же этот вид очень малочислен и редок, что обусловлено высокой скоростью растворения его раковин. Данное явление связано не только с тем, что их раковины очень тонкостенны, но и с их морфологическими изменениями во время репродукции. С помощью скарирующего микроскопа установлено, что в раковинах в момент гаметогенеза происходит растворение септ, расширение пор и устья, потеря игл. Катализатором процесса растворения, как предполагается, является ОВ, содержание которого в раковинах данного вида оказалось очень высоким.

Установлена также избирательность растворения у остатков организмов одного и того же вида. Так, С.Н. Голубев [10] на примере изучения

кокколитофорид отмечает, что характер природного растворения кокколитов может различаться даже в пределах соседних кокколитов одного вида. В современных океанических осадках, наряду со скелетами прекрасной сохранности, в одной пробе может содержаться значительное число кокколитов с различной степенью растворения. Частичное растворение кокколитов одного вида меняет их форму, что приводит нередко к выделению образующихся при этом форм сохранности в качестве самостоятельных видов (в действительности ошибочных видов, или псевдовидов). Особенно разнообразны формы растворения кокколитов, имеющих сложное внутреннее строение.

6. Рядом исследователей [6, 10] отмечается большая устойчивость к растворению кальцитовых скелетов некоторых кокколитофорид по сравнению с устойчивостью кальцитовых же раковин ПФ. Несмотря на то, что кокколитофориды имеют исключительно мелкие размеры (от 5 до 100 мкм), они встречаются в осадках на значительных глубинах океана в состоянии, допускающем их определение до вида. Более того, из всех карбонатных скелетных образований кокколиты наиболее устойчивы по отношению к фактору растворения. Следы их растворения постоянно встречаются в глубоководных осадках ниже КГ, где все другие кальцитовые остатки растворены полностью. Это обстоятельство связано с повышением устойчивости их скелетов еще в толще воды за счет вторичного замещения кальцита кремнеземом. Впервые оно было открыто С.Н. Голубевым [10]. Так, кокколиты из поверхностных проб осадка со дна Черного моря оказались окремненными, что обусловило их сохранность в агрессивных условиях сероводородного заражения. Это согласуется с фактом обнаружения кокколитов в глубоководных осадках Чилийского желоба, где также предполагается заражение H_2S . Здесь кокколиты были найдены в пробе взятой с глубины около 10000 м, почти в два раза превышающей КГ $CaCO_3$. С.Н. Голубев высказывает предположение, что кокколиты замещаются кремнеземом во время их погружения, т.е. в толще воды. В стадии взвеси мельчайшие кокколиты могут находиться необычайно долго. Кокколиты *Coccolithus pelagicus*, имеющие длину около 12 мкм, оседают в воде со скоростью приблизительно 100 м/год, а *Emiliani huxleyi* длиной лишь 2 мкм погружаются со скоростью только 2 м/год. При такой скорости погружения они могут находиться в толще воды многие десятки или даже сотни лет.

Благодаря присутствию в воде кремневых скелетов диатомей, радиоларий и других организмов, а также коллоидных частиц кремнезема и происходит объемное замещение кальцита кокколитов кремнеземом. С.Н. Голубев так представляет себе механизм замещения. Сначала кокколит в воде может соприкоснуться с кремневым скелетным остатком или на поверхности кокколита может произойти адсорбция коллоидной частицы кремнезема. Затем за счет диффузионных процессов кремнезем как бы растекается по всей поверхности кокколита. Так как константы поверхностной диффузии твердого вещества достаточно высоки, то при мельчайших размерах кокколита процесс поверхностного окремнения протекает достаточно быстро. Впоследствии кремнезем замещает весь

скелет. Для такого способа окремнения неважна насыщенность вод SiO_2 . За длительное время погружения первоначально кальцитовые кокколиты становятся кремневыми, способными в осадке выдержать агрессивное влияние среды ниже критической глубины растворения CaCO_3 .

Биохимическое растворение. Огромную роль в растворении карбонатных скелетных образований играет химическая биоэрозия. Большое число различных организмов (водорослей, грибов, губок, червей, членистоногих, брюхоногих и двустворчатых моллюсков, мшанок и др.) в результате биохимического воздействия (по-видимому, путем выделения CO_2) сверлят или точнее протравливают известковые скелеты организмов. Протравливание поверхности наружного скелета происходит как при жизни организмов в результате деятельности комменсалов и хищников, так и посмертно во время нахождения остатков на дне моря. Воздействию сверлильщиков подвержены также посмертные остатки, находящиеся в толще воды в состоянии некропланктона (например, раковины головоногих моллюсков).

Особенно активно химическое биотическое растворение скелетных остатков протекает на дне мелководной зоны моря, на участках с нормальной аэрацией и хорошей освещенностью придонных вод. Степень иссверленности и коррозии при этом будет прямо пропорциональна времени нахождения остатков на поверхности грунта. Быстрое же погребение остатков прекращает биоэрозию. Новая фаза биотического растворения остатка может иметь место только в случае его вымывания из осадка.

Химическое биотическое растворение вызывает двойкий результат. С одной стороны, нарушается целостность скелетного образования благодаря возникновению внутри него всевозможных каналов и полостей, что приводит к усилению скорости обычного химического выщелачивания, так как увеличивается поверхность соприкосновения остатка с водой, и к уменьшению прочности скелета, что ведет к снижению его устойчивости к механическому воздействию среды, особенно в мелководной высокогидродинамической зоне моря. С другой стороны, образующаяся при сверлении тонкая карбонатная мусть, как побочный продукт биоэрозии в случае больших количеств, может дать материал для образования тонкослоистого карбонатного осадка. Предполагают, что верхнеюрские литографские лагунные сланцы Золенгофена в большей своей части состоят из подобного материала, образование которого приписывается деятельности губок *Clione*, которые сверлили берега титонской лагуны.

ТРАНСПОРТИРОВКА ОСТАТКОВ ОРГАНИЗМОВ

Лишь незначительное число местонахождений образовано из посмертных остатков организмов, находящихся на месте своего обитания. Подавляющее же большинство ископаемых остатков испытало перемещение на то или иное расстояние. В современных условиях посмертные остатки организмов в одних случаях переносятся лишь на незначительное расстояние, оставаясь в прежней фациальной обстановке, при этом область накоп-

ления остатков — танатотоп — будет совпадать с областью обитания организмов соответствующего вида — биотопом, а танатоценозы будут состоять из смешанных автохтонных, субавтохтонных и аллохтонных элементов или только из последних. В других случаях перенос посмертных остатков происходит на большое, нередко громадное расстояние и их накопление в обстановке, резко фациально отличной от той, в которой жили сами организмы. При этом формируются только аллохтонные танатоценозы. Часто даже не совпадает среда обитания и захоронения (вынос остатков наземных организмов в море и накопление их на дне среди морских осадков и, наоборот, занос остатков морских организмов на сушу и погребение их в континентальных отложениях). В обоих случаях перенос и накопление посмертных остатков происходят практически синхронно по отношению ко времени существования самих организмов. Эта синхронность выражается в том, что за время между моментом гибели организма и захоронением его остатков не произошло каких-либо существенных, качественных изменений первичного состава скелетных образований.

Очень широкое распространение имеет также третий случай транспортировки скелетного материала — явление накопления в танатоценозах перезахороненных окаменелостей. При этом всегда будет иметь место несовпадение времени и обстановки жизни организмов и первичного захоронения их посмертных остатков и времени и обстановки вторичного погребения окаменелостей. Такое асинхронное перезахоронение остатков и называется переотложением в узком смысле этого слова.

Установление даже самого факта посмертного переноса остатков, а в некоторых случаях определение дальности, направления и способов переноса имеют исключительно важное значение для палеоэкологических, стратиграфических и палеогеографических выводов. Явление переотложения должно всегда учитываться при стратиграфических построениях. Способы переноса и переотложения сами по себе очень разнообразны; многообразны также и формы их проявления в той или иной обстановке.

Синхронный перенос остатков организмов

Перенос в морских условиях. В морях и океанах транспортировка осадочных частиц осуществляется различными способами: волнами, приливо-отливными, сгонно-нагонными и постоянными течениями, в результате оползания, действия мустьевых потоков и погружения взвешенного материала под действием силы тяжести (рис. 10).

Волновое, или вдольбереговое перемещение. На мелководье, благодаря высокой гидродинамике волн и течений, движение осадочного материала происходит как в толще самой воды (взвешенных), так и по дну (влекомых) частиц. На удалении от берега, где волнения и течения не достигают больших глубин, преобладающей формой разноса является перемещение частиц во взвешенном состоянии.

Волны при достаточной скорости тока воды приводят в движение

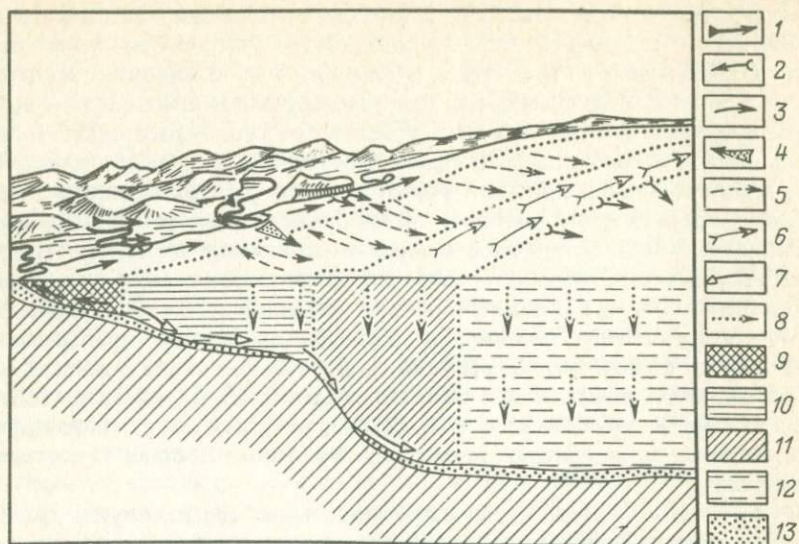


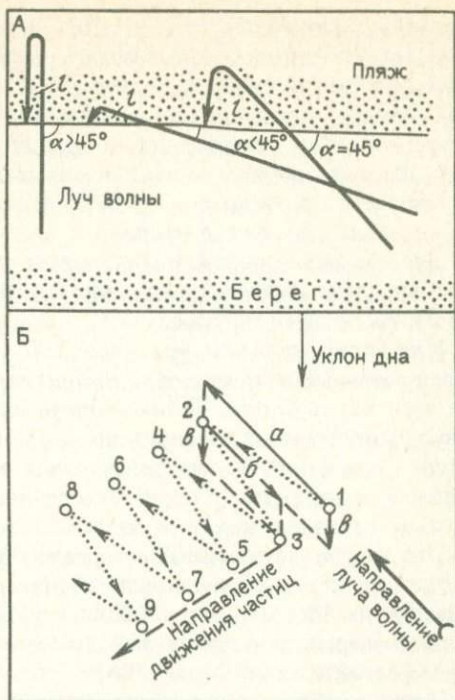
Рис. 10. Схема взаимодействия факторов разноса осадочного материала в водном бассейне (по О.К. Леонтьеву, 1963).

1-2 — поступление материала в бассейн: 1 — аллювиального, 2 — абразионного и гравитационного; 3 — разнос волнами (вдольбереговой перенос); 4-6 — разнос течениями: 4 — разрывными, 5 — приливо-отливными и сгонно-нагонными и 6 — поверхностными; 7 — перемещение мутьевыми потоками; 8 — гравитационное погружение взвешенного материала в толще воды; 9-12 — зоны моря; 9 — волновая (береговая), 10 — промежуточная, 11 — постоянных течений, 12 — халистатическая, 13 — осадок

частицы осадка, находящиеся на дне. В зависимости от динамики волны частицы движутся различным способом. При малых скоростях тока воды определенная частица (зерно, галька, скелетный остаток) будет скользить или перекачиваться по дну, при очень больших — она переходит во взвешенное состояние и перемещается со скоростью воды. Вихревое движение воды, вызывающее резкое изменение скорости, заставляет частицы осадка передвигаться скачками (сальтация), то поднимая, то перекачивая их по дну. Благодаря колебательным движениям волны в сторону берега (накат) и обратно частицы также совершают колебательные движения. Если луч фронта волны ориентирован строго перпендикулярно к линии берега, то частицы испытывают перемещение лишь по линии вперед — назад. Но даже при наличии небольшого угла между направлением фронта волны и линией берега движение частицы происходит не только вперед — назад, но и в сторону. Так возникает продольное вдольбереговое перемещение частиц. Наносы из гальки, песка и ракушки, как "каменные реки", передвигаются на десятки и сотни километров вдоль берега моря. Чем острее угол подхода волн к берегу, тем продольное перемещение частиц становится все более интенсивным. Однако при очень большой "косине" подхода волн, скорость движения наносов

Рис. 11. Схема вдольберегового перемещения наносов в прибрежной зоне открытого моря при подходе волны к линии берега под острым углом

А — скорость и дальность перемещения частиц в зависимости от угла волны; l — расстояние, пройденное частицей (по О.К. Леонтьеву и др., 1975); Б — зигзагообразная траектория движения частицы (1–9); векторы: a — прямой и b — обратной волновой скорости, v — силы тяжести (по В.П. Зенковичу, 1946)



снова начинает падать, так как, совершая большой путь над мелководьем и испытывая рефракцию, волны теряют значительную часть энергии. Наибольшая скорость берегового перемещения частиц достигается при подходе луча волны к линии берега под углом, близким к 45° (рис. 11, А). Скорость продольного перемещения частицы зависит также от ее размеров, величины волны и профиля пляжа.

Общая картина движения осадочного материала в береговой зоне моря подробно освещена В.П. Зенковичем (1946 г.), О.К. Леонтьевым (1963 и 1975 гг.) и др. В зоне волнения перемещение частицы определяется соотношением, с одной стороны, прямой скорости волны (к берегу) и, с другой стороны, обратной скорости волны (от берега) и действием силы тяжести. При подходе волны к линии берега под прямым углом направление действия обратной скорости и силы тяжести совпадает и в связи с этим частица будет перемещаться вверх и вниз от некоторой нейтральной точки при определенной силе волнения и размерности частиц. В случае подхода волн к линии берега под острым углом, векторы прямой и обратной скоростей не совпадают с вектором силы тяжести. Направление силы тяжести всегда соответствует линии наибольшего уклона поверхности дна. Частица, выведенная волнением из нейтрального положения, будет перемещаться по направлению равнодействующей прямой силы волны и силы тяжести. При обратном ходе волны она будет двигаться теперь по направлению равнодействующей силы тяжести и

обратной силы волны (рис. 11, Б). В результате, частица за несколько волновых колебаний, перемещаясь вверх, вниз и в сторону, опишет зигзагообразную кривую. В зависимости от конкретных факторов частица может переместиться параллельно линии берега или несколько сместиться вверх, либо вниз по склону. В приглубых участках наклонного дна при боковом движении она, как правило, испытывает постоянное смещение вниз по склону. В этом процессе участвует также разрывные, отливные и сгонные течения.

Для нас важно рассмотреть два явления, связанных с вдольбереговым перемещением наносов: расстояние и скорость переноса и характер переработки исходного материала.

Как видно из схемы (см. рис. 11, Б), в мелководной зоне открытых морей реальный путь частиц во много раз превышает расстояние, пройденное ими вдоль берега. Наблюдениями на одном из участков песчаного пляжа Черного моря установлено, что скорость вдольберегового перемещения песчаных наносов, движущихся во взвешенном состоянии, приближается к скорости течения и составляет максимально 2800 м/ч. Скорость и величина переноса частицы пропорциональны силе волнения. Так, на одном из участков побережья Крыма перемещение гальки происходило в сутки на расстояние 6 м при волнении в 1 балл, на 65 м при 6 баллах на 100 м при 8 баллах [17]. На открытых пляжах океанов скорость переноса осадков еще выше — от 430 м (берега Англии) до 926 м (Атлантический берег США).

Перенос обломочного материала вдоль берега нередко происходит на значительные расстояния. В.П. Зенкович приводит следующие примеры такого переноса: галька карадагских лав в Крыму была обнаружена на пляже Алушты, т.е. на расстоянии 120 км от источника разрушения юрского вулканического тела; кремневая галька из меловых пород Бретани перемещается вдоль берега Ла-Манша к Голландии, удаленной на расстояние более 500 км; песок из района Лабрадора смещается к югу вдоль Атлантического побережья США вплоть до Флориды, т.е. на расстояние более 2500 км. В.П. Батулин и др. (1940 г.), изучавшие танатаценозы ракушечников восточной части Среднего Каспия, указывают, что здесь в танатаценозах на глубинах от 15 до 70 м встречаются мертвые раковины *Cardium edule*, отсутствующего в биоценозе донных двустворчатых моллюсков, и предполагают, что посмертные остатки раковин этого вида приносятся сильными течениями с севера и с более мелких глубин.

Благодаря свойственному мелководной зоне открытого моря постоянному волновому движению воды, осуществляется не только перенос частиц наносов, но и их сильная механическая переработка: дробление, окатывание (см. выше), сортировка и закономерная пространственная ориентировка (волноприбойные валики, раковинные мостовые и т.д.). Длительное перемещение материала в прибрежных участках моря влечет за собой его истирание до полного разрушения. В.П. Зенкович, например, указывает, что на некоторых участках черноморского побережья ежегодно истирается около 20 % всей массы галек.

При вдольбереговом переносе скелетных остатков захоронение их происходит обычно в той же самой или близкой фациальной обстановке, что и обстановка обитания самих организмов. Таким образом, танатоценозы, сформировавшиеся в береговой зоне моря, будут состоять из перемещенных на то или иное расстояние (аллохтонных) остатков, но часто с примесью автохтонных элементов (таких остатков организмов, которые прикрепляются к дну или всверливаются в него).

Исключительно большую работу по переносу донного материала на мелководьях некоторых морей осуществляют приливо-отливные течения. Высокие скорости приливных течений отмечены в Ла-Манше (от 3,5 до 11 км/ч), в заливе Сен-Мало (до 9,5 км/ч даже на глубине 30 м) и т.д. В местах сильных течений иногда происходит вынос любого подвижного материала, что обуславливает в ряде случаев отсутствие рыхлых осадков или даже абразию дна.

Гравитационное смещение. Гравитационное смещение осадочного материала вниз по склону в результате подводного оползания и действия мутьевых (суспензионных) потоков — широко распространенное явление как в океанах, так и морях. Как установлено многими исследователями, мутьевые потоки совершают огромную транспортирующую работу, обеспечивая поступление сравнительно грубого материала в глубоководные океанические впадины. Так, по данным О.К. Леонтьева (1963 г.), мутьевой поток, образовавшийся в районе Большой Ньюфаундлендской банки в 1929 г. и оборвавший кабели подводного телеграфа, имел общую протяженность более 1000 км и развил скорость от 18 км/ч на пологих участках дна до 83 км/ч на континентальном склоне. В результате действия другого потока, возникшего в Средиземном море близ алжирского побережья, на дне Балеарской котловины на площади около 3000 км² отложился слой осадков толщиной около 1 м. При такой форме транспортировки как сами организмы, населяющие мелководные зоны бассейна, так и их посмертные остатки, оказываются перемещенными и захороненными в совершенно другой фациальной обстановке (на большей глубине и на значительном расстоянии от мест обитания живых форм). Так, мелководные организмы были обнаружены среди тонких илов на глубине 4000 м и в 100 км от Бермудских островов — района, где они обитали.

Перенос поверхностными морскими течениями. Этот способ транспортировки играет большую роль в переносе огромного количества тех остатков организмов, которые оказываются в состоянии некропланктона и в течение определенного времени могут сохранять плавучесть. Явление переноса в струе поверхностных морских и океанических течений особенно характерно для раковин фораминифер, головоногих и брюхоногих моллюсков, покровов членистоногих, трупов позвоночных организмов, а также растительных остатков, в том числе спор и пыльцы. Например, дрейфовый разнос раковин современного наутилуса на большие расстояния — давно и хорошо известный факт. На схематической карте Г.Б. Стенцела (1964 г.) показаны ареалы обитания в юго-западной части Тихого океана и пути дрейфового посмертного разноса раковин несколь-

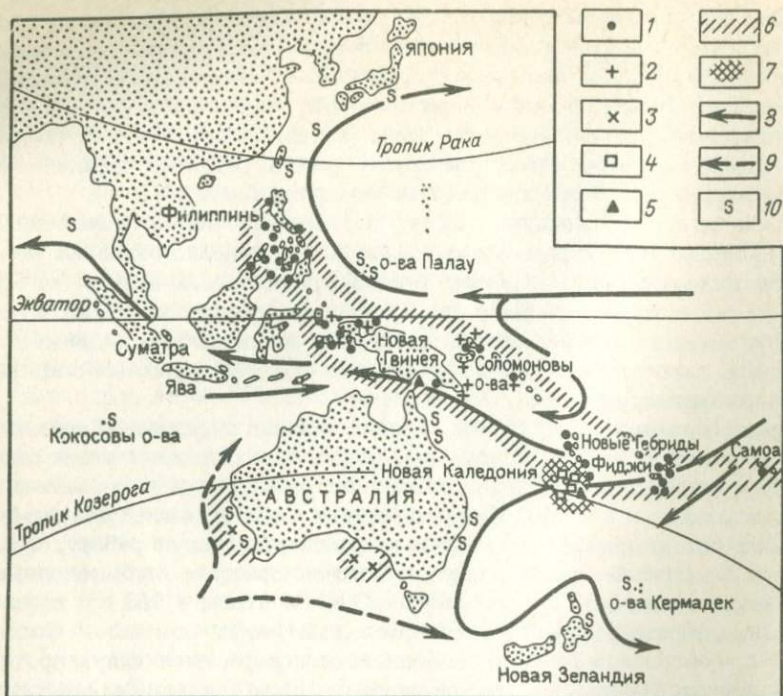


Рис. 12. Ареалы современных наутилусов и посмертный разнос их раковин в струях поверхностных течений (Stenzel, 1964).

1-5 — виды наутилусов: 1 — *Nautilus pompilius*, 2 — *N. scrobiculatus*, 3 — *N. repertus*, 4 — *N. macromphalus*, 5 — *N. stenomphalus*, 6-7 — ареалы: 6 — живых форм, 7 — вида *N. macromphalus*; 8-9 — течения: 8 — теплые и 9 — холодные; 10 — пустые раковины наутилусов (*S-shells*)

ких видов современных наутилусов (рис. 12). Их пустые раковины переносятся к северу вплоть до Японии, выбрасываются на пляжи островов в Бенгальском заливе (3600 км) и выносятся северным экваториальным течением через весь Индийский океан к восточному побережью Африканского континента, севернее Мадагаскара (6300 км от места обитания). Чтобы преодолеть такие расстояния раковины наутилусов должны находиться в воде довольно большое время. Р.А. Рейментом в 1961 г. опытным путем было установлено, что неповрежденная пустая раковина современного *Nautilus pompilius*, помещенная в экспериментальный бассейн, вода в котором подвергалась волнению, по истечении 32 дней все еще сохраняла плавучесть, возвышаясь над поверхностью воды на 8 % своего диаметра (в начале опыта было 16 %). Если сифонная трубка не имела повреждений, то дальнейшее пребывание в воде со значительным волнением не приводило к потоплению раковины. За месяц и более раковины наутилусов способны преодолеть большие расстояния. Иногда их вылав-

ливают в открытом океане. Так, раковина, поднятая на борт судна в 250 км юго-западнее Цейлона, сохранила жилую камеру; внутренняя ее сторона за время дрейфа была инкрустирована мшанками и кораллами. У раковин из Бенгальского залива сохраняется перламутровый слой и различное число внутренних камер, но жилую камеру или ее остатки встречают значительно реже.

Ряд исследователей предполагает, что дрейфовый некропланктонный перенос раковин аммонитов также широко осуществлялся в мезозойских морях. Именно этим обстоятельством можно, по-видимому, объяснить факты широкого географического распространения многих (зональных) видов аммоноидей. Есть также предположение, что и ростры белемитов способны были находиться в состоянии некропланктона вследствие того, что камеры фрагмоконов были заполнены газом и выполняли роль поплавка. О том, что ростры вместе с фрагмоконами могли плавать в воде довольно долго, свидетельствуют трубки серпулид, которыми они иногда обрастают со всех сторон и устья которых направлены в сторону альвеолы.

Известны случаи переноса стволов деревьев поверхностными течениями от Японии до Аляски и от Сибири к Исландии. Если древесные стволы, перенесенные таким образом на значительные расстояния, будут погребены осадком, то они могут послужить источником ошибок не только в определении характера отложений, но и при расшифровке многих факторов палеогеографии (климата и растительности ближайшей суши в первую очередь). Крупные растительные остатки нередко выносятся в центральные части бассейна, где они могут захорониться среди тонкозернистых осадков. Так, при глубоководных исследованиях в Карибском море и у Тихоокеанского побережья Северной Америки в гемипелагических осадках были найдены ветви, стволы и плоды деревьев.

Перенос глубинными течениями. Перенос посмертных остатков глубинными течениями, по-видимому, представляет собой не менее распространенное явление, нежели поверхностный разнос. Особенно большую роль глубинные течения играют в переносе тонкого материала (взвеси). В случае высокой подвижности глубинных вод, связанной с однонаправленными течениями в областях развития положительных форм рельефа на дне океанов, тонкая взвесь постоянно выносятся, и благодаря этому на подводных возвышенностях происходит сортировка (механическая дифференциация) поступающего в осадок материала. В результате на вершинах гор накапливаются наиболее грубые (обычно фораминиферовые) раковины. Содержание их достигает от 10 до 200 тыс. экз/г. Вершины подводных поднятий оказываются увенчанными карбонатными осадками не только в зоне карбонатакопления, но нередко за ее пределами — в Арктике и Антарктике [23]. С усиленной циркуляцией вод на вершинах подводных гор и хребтов связано также пониженное содержание в осадках кокколитов. Значительно большее их количество отмечено на склонах возвышенностей. По-видимому, выносом раковин планктонных фораминифер можно объяснить (вместе с эффектом разбавления) очень малое их содержание (от одного до нескольких десятков экземпляров в грамме

осадка) в зоне шельфов и верхней части материкового склона. Донными течениями планктонные фораминиферы выносятся в более удаленные от берега участки океана. О том, что в областях материкового склона местами проходят сильные течения, препятствующие осаждению пелитового и алевроитового материала, свидетельствует, например, обнаружение конденсированного слоя в виде костной брекчии из перемытых костных остатков рыб на краю Перуанского шельфа к северу от г. Кальяо [36]. Глубинные течения играют заметную роль в абразии дна глубже зоны проникновения волнового движения вод. В настоящее время участки обнаженного дна с выходами коренных пород или древних осадков (зоны нулевой седиментации) обнаружены в морях и океанах на любых глубинах.

Явление гравитационного погружения остатков пелагических организмов. В этот процесс, который является разновидностью переноса посмертных остатков на значительные расстояния, вовлекаются не только остатки организмов, обитающих в поверхностных слоях (планктон и псевдопланктон) или в водной толще (нектон), но и находящиеся в состоянии некропланктона. Скорость и глубина погружения зависят от величины и скульптурных особенностей скелета, его химического и минерального составов, сохранения в течение определенного времени мягких тканей, обычно увеличивающих флотационную способность частиц вследствие выделения газов при разложении ОВ, силы глубинных и турбулентных течений, положения слоя скачка плотности и линии критической глубины и т.д.

Кокколиты, например, будучи наннопланктонными организмами, имеют наименьшую скорость погружения. Как полагает А.П. Лисицын [23], опускание их на дно продолжается многие годы. С.Н. Голубев [10] экспериментально установил, что кокколиты вида *Emiliania huxleyi*, величиной около 2 мкм, оседают в дистиллированной воде со скоростью всего 2 м в год. Если принять данную скорость за среднюю, без учета вертикального перемещения вод в океане, то можно рассчитать, что глубины 5000 м кокколиты данного вида достигнут примерно за 2000 лет.

Для раковинок фораминифер диаметром 0,4 мм В. Шоттом (1935 г.) указана скорость осаждения в океане, равная 2 см/с, т.е. более 1,5 км в сутки. По данным А.П. Лисицына [23] при скорости осаждения фораминифер (диаметр 0,05–0,25 мм, температура воды 5 °С) равной 0,15–2 см/с, они достигнут глубины 5000 м за несколько суток. М.С. Бараш (1970 г.) считает, что фораминиферы размером 0,1–0,05 мм находятся в водной толще более длительное время. Из практики водного механика известно, что частицы крупного алевроита (0,1–0,05 мм) оседают на дно лабораторного стакана (высотой 18 см) за 3,5 мин, имея скорость погружения около 5 см/мин. Значит раковины данной размерности пройдут столб воды в 4000 м за 55,5 суток. За это время они будут также отнесены дрейфовым горизонтальным течением на определенное расстояние.

Раковинки пелагических брюхоногих моллюсков — птеропод, имеющих размеры 0,5–3–4 мм, опускаются в толще воды со скоростью 1 м за 40–70 с. Глубже 2000 м практически все раковины птеропод бывают

пустыми, что говорит об их длительном, многосуточном пребывании в толще воды [23]. В связи с наличием скачка плотности и турбулентностью океанических вод фактическая скорость осаднения фораминифер, птеропод и других мелких остатков оказывается значительно ниже. Более крупные остатки, естественно, погружаются быстрее. Так, по данным Г.М. Беляева (1962 г.), роговые челюсти современных пелатических кальмаров на глубину 3000 м опускаются за 1–3 суток при длине 22 мм и за 9–17 суток при длине 1–3 мм.

Рядом исследователей вопрос о скорости погружения посмертных остатков организмов связывается с возможностью их горизонтального переноса дрейфовыми глубинными течениями. Для вычисления величины переноса раковин планктонных фораминифер (ПФ) с учетом их скорости погружения Корренсом в 1935 г. была предложена формула: $E = T \cdot \frac{S}{V}$, где T — глубина станции в м, S — скорость придонного течения в м/с, V — скорость погружения раковин, равная 2,11 см/с (подсчитанная для среднего размера раковин диаметром 0,4 мм). Как показывает изучение характера распределения различных планктонных и нектонных современных организмов в водной толще и их остатков на дне океана, глубинные дрейфовые океанические течения, ориентированные широтно, практически не искажают качественного и количественного соответствия остатков организмов, накопившихся в танатоценозах и существующих в биоценозах. Что касается известковых остатков, то это соответствие хорошо выдерживается на средних глубинах, по крайней мере, выше линии критической глубины. В качестве примера такого соответствия можно привести Индийский океан (табл. 2, рис. 13).

В распределении ПФ в водной толще и осадках Индийского океана выявлены следующие закономерности. Широтные границы распространения видов в воде (биоценозов — БЦ) и осадках (танатоценозах — ТН) совпадают. Видовой состав одноименных ТН и БЦ почти тождествен; содержание отдельных видов (в % к общему числу ПФ) в ТН и БЦ практически совпадает до линии фораминиферового лизоклина. По мере продвижения от берегов Антарктиды на север частота встречаемости ПФ, общее их количество и качественное разнообразие видов в ТН возрастает. Исключение составляет лишь умеренно-тропический ТН, в котором относительно низкое содержание ПФ в осадке по сравнению с соседними ТН объясняется низкой продуктивностью поверхностного БЦ, обусловленной слабым вертикальным перемешиванием вод и затрудненным выносом биогенных элементов на поверхность в зоне центральной водной массы. Таким образом, даже аномалии в общей картине распространения ПФ в поверхностных слоях Индийского океана отражаются в ТН.

Соответствие между ТН и БЦ установлено и для более крупных остатков. Г.М. Беляев (1959 г.), например, считает, что нахождение того или иного количества челюстей кальмаров в поверхностных слоях донных осадков Тихого океана в известной мере отражает современное обилие этих животных в данном районе. Так, в осадках вблизи восточных берегов Новой Гвинеи было отмечено максимальное количество челюстей

Широтная (климатическая) зональность в распространении биоценозов и танатоценозов планктонных фораминифер в Индийском океане.
По Н.В. Беляевой, 1964, 1975 гг.

Температурный пояс и характеристика водной массы*	Биоценоз (БЦ)	Танатоценоз (ТН)
Тропический (экваториальные и аравийские водные массы); T = 23–30°, S = 35,1–36,5 ‰	<i>Gl. menardii</i> , <i>Gl. tumida</i> , <i>G. conglomerata</i> , <i>S. dehiscentis</i> , <i>P. obliquiloculata</i> , <i>H. pelagica</i> (> 1000 экз/1000 м ³ воды; юж. граница БЦ – фронтальная зона)	<i>Gl. menardii</i> , <i>Gb. sacculifer</i> , <i>Gb. ruber</i> (0,12–38000 экз/г осадка)
Умеренно-тропический (центральная водная масса); T = 10–23°, S = 34,7–35,7 ‰	<i>Gb. ruber</i> , <i>Gb. conglobatus</i> , <i>Gb. sacculifer</i> , <i>O. universa</i> , <i>Gl. hirsuta</i> , <i>H. pelagica</i> (~ 500 экз/1000 м ³ воды; сев. граница БЦ – фронтальная зона)	ТН смешанный, состоит из умеренных и тропических видов (0,12–2492 экз/г)
Умеренных широт (водные массы умеренных широт); T = 1–9,7°, S = 34,7–35,7 ‰	<i>G. inflata</i> , <i>Gl. truncatulinoidea</i> , <i>Gl. hirsuta</i> (> 1000 экз/1000 м ³ воды; сев. граница БЦ – зона субтропической конвергенции)	<i>G. inflata</i> , <i>G. bulloides</i> , <i>Gl. truncatulinoidea</i> , <i>Gl. hirsuta</i> , <i>O. universa</i> (109–18000 экз/г)
Умеренно-холодноводный (водная масса Восточного дрейфа); T = 0°, S = 34,5 ‰	<i>G. bulloides</i> (~ 100 экз/1000 м ³ воды; сев. граница БЦ – зона антарктической конвергенции)	<i>G. bulloides</i> , <i>G. inflata</i> , <i>G. pachyderma</i> (0,04–10000 экз/г)
Холодноводный (прибрежное западное течение); T = 0°, S = 34,5 ‰	<i>G. bulloides</i> , <i>G. pachyderma</i> (от нескольких до менее 100 экз/1000 м ³ воды; сев. граница – зона субантарктической дивергенции)	<i>G. pachyderma</i> , <i>G. bulloides</i> (0,04–4382 экз/г)

*ТН выдерживаются лишь до критических глубин; Т – среднегодовая температура (С°), S – соленость в промиллях; *G.* – *Globigerina*, *Gb.* – *Globigerinoides*, *Gl.* – *Globorotalia*, *H.* – *Hastigerina*, *O.* – *Orbulina*, *P.* – *Pulleniatina*, *S.* – *Sphaeroidinella*

(около 450 экз/м²), что связано с миграцией кальмаров в указанный район для размножения. Аналогичная картина наблюдается также у восточных берегов Японии.

Перенос остатков организмов хищниками. Огромное число активных пловцов (головоногих моллюсков, рыб, млекопитающих) в пелагической и неритовой зонах Мирового океана питается различными организмами. Например, по данным Г.М. Беляева (1959, 1962 гг.), в же-

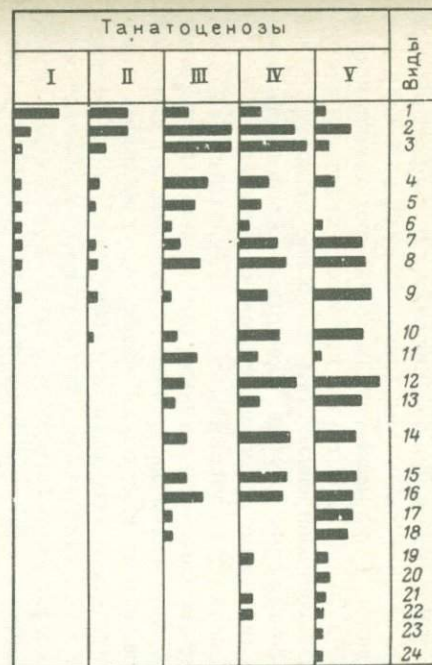
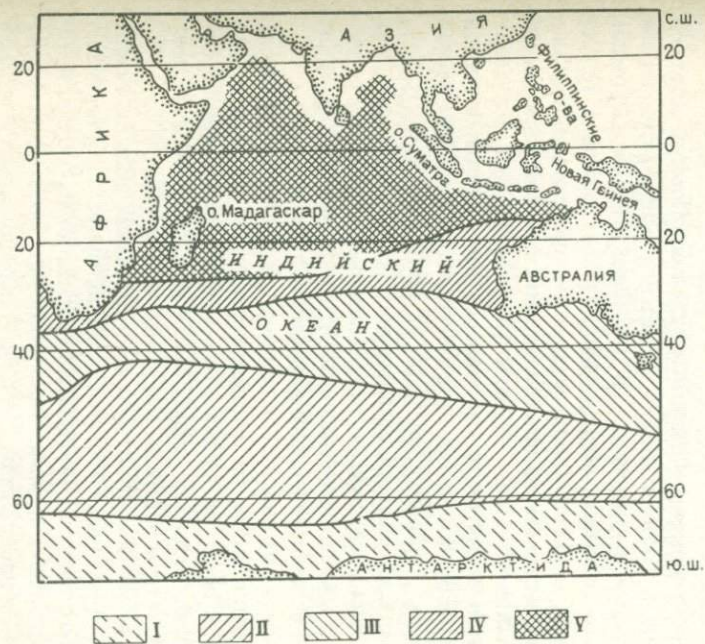


Рис. 13. Широтная (климатическая) зональность в распространении танатоценозов plankтонных фораминифер в Индийском океане (по Н.В. Беляевой, 1975 и др.).

Танатоценозы, представленные комплексами видов: I – холодноводных, II – умеренно-холодноводных, III – умеренных широт, IV – умеренно-тропических, V – тропических; виды: 1 – *G. pachyderma*, 2 – *G. bulloides*, 3 – *G. inflata*, 4 – *Gl. truncatulinoides*, 5 – *Gl. punctulata*, 6 – *Gl. scitula*, 7 – *G. eggeri*, 8 – *Gb. ruber*, 9 – *P. obliquiloculata*, 10 – *Gb. sacculiferus*, 11 – *Gl. hirsuta*, 12 – *Gl. menardii*, 13 – *S. dehiscens*, 14 – *Gb. conglobatus*, 15 – *Gr. aequilateralis*, 16 – *O. universa*, 17 – *Gl. tumida*, 18 – *G. conglomerata*, 19 – *G. hexagona*, 20 – *H. digitata*, 21 – *C. nitida*, 22 – *Gt. glutinata*, 23 – *G. quinqueloba*, 24 – *H. pelagica*; роды: C – *Candeina*, G – *Globigerina*, Gb – *Globigerinoides*, Gl – *Globorotalia*, Gr – *Globigerinella*, Gt – *Globigerinita*, H – *Hastigerina*, O – *Orbulina*, P – *Pulleniatina*, S – *Sphaeroidinella*

лудках убитых тихоокеанских кашалотов нередко находят до 28—40 тыс. челюстей пелагических кальмаров. Неперевариваемые роговые челюсти могут проходить через кишечник и вместе с фекалиями выводиться наружу или отрываться из желудка. Некоторые остатки, например крючки кальмаров, в желудках хищных животных могут находиться долгое время, зацепляясь за его стенки. Так как хищники способны за короткое время преодолевать большие расстояния, то остатки съеденных животных могут попасть на дно не в том месте, где они составляют основную часть биоценоза соответствующего вида. Но так как между хищником и жертвой всегда имеется пространственная связь, то можно предполагать, что в подавляющем большинстве случаев посмертные остатки животных-жертв переносятся хищниками в пределах ареалов их обитания.

Рассеивание остатков организмов в результате ледового разноса. В полярных бассейнах в случае значительного промерзания воды в береговой зоне живые литоральные организмы и посмертные их остатки, находящиеся на поверхности осадка, могут вмерзнуть в припайный лед, который весной взламывается и выносится в открытое море. Вследствие таяния льдин включенные в них остатки мелководных организмов (животных и растений) погружаются на дно практически в любой (нередко глубоководной) зоне океана, где они будут представлять экзотический материал. Естественно, этот фактор необходимо учитывать лишь для эпох похолодания.

Перенос остатков организмов в наземных условиях. Перенос остатков организмов в наземных условиях осуществляется в основном водными и воздушными потоками и хищниками, в том числе птицами. Огромное большинство остатков наземных позвоночных, сформировавшихся то или иное местонахождение, является аллохтонными по происхождению. Значительное число наземных растений также захороняется не на месте произрастания. Лишь в исключительных случаях (в условиях болот и озер) может сформироваться автохтонное захоронение из остатков болотной растительности, пресноводных водорослей и беспозвоночных. Как правило, перенос в наземных условиях происходит на значительное расстояние, причем обычно область накопления органических остатков не совпадает с ареалом обитания самих организмов, т.е. обстановка захоронения совершенно не совпадает с таковой для биоценоза. Приводимые ниже примеры дают представление о сложности и многообразии способов переноса.

Перенос реками и водными потоками. В наземных условиях водные потоки являются одним из основных факторов переноса и концентрации посмертных остатков организмов. Определенные закономерности в дифференциации остатков позвоночных при их переносе и захоронении в водном потоке рассмотрены И.А. Ефремовым [15].

В любом потоке в зависимости от скорости движения воды или силы потока остатки, подвергающиеся его воздействию, будут отсортированы на три основные категории (рис. 14, А). Первая категория (I) будет представлена наиболее крупными и тяжелыми остатками, которые не могли быть сдвинуты потоком данной силы; они будут накапливаться в верхней части потока, в области сноса. Вторая категория (II) будет включать

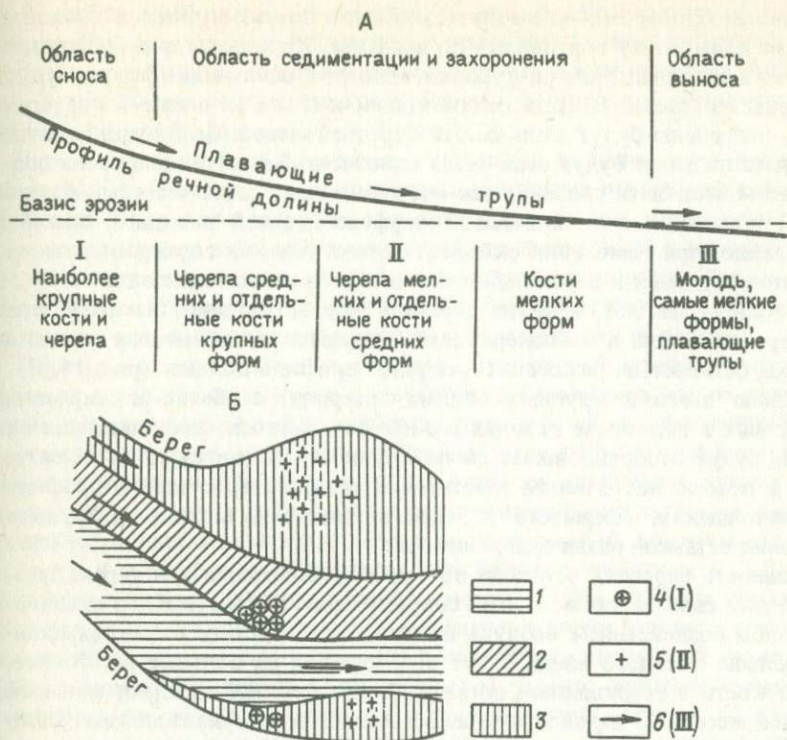


Рис. 14. Дифференциация остатков наземных позвоночных в зависимости от силы крупного потока (по И.А. Ефремову, 1950).

А — вдоль потока (выполаживающаяся кривая показывает постепенное убывание скорости потока по мере приближения к базису эрозии); категории остатков: I — накопившиеся в области сноса (на водоразделах), II — перенесенные на определенное расстояние и захороненные в данной области седиментации (в долине реки), III — вынесенные за пределы области седиментации в озеро или море; Б — поперек потока; сила струй: 1 — наибольшая, 2 — средняя, 3 — наименьшая; остатки позвоночных: 4 — крупные и 5 — мелкие, накопившиеся на дне, 6 — находившиеся наплаву и вынесенные за пределы данного участка долины

остатки средних размеров, которые потоком перенесены на определенное расстояние в среднюю или нижнюю его часть, в область седиментации данного потока. Третья категория (III) будет представлять собой остатки, наиболее легкие и мелкие или обладающие большим запасом плавучести (плавающие трупы позвоночных и раковины беспозвоночных, покровы членистоногих, споры и пыльца, древесные стволы и другие растительные остатки). Они будут вынесены за пределы области седиментации данного потока. Таким образом, возможное скопление в некроценозе остатков наземных позвоночных, представленных формами различных размеров

и попавших одновременно в зону воздействия потока определенной силы, сразу же испытывает сортировку по величине. Крупные формы останутся на месте и впоследствии разрушатся, мелкие и всплывшие формы будут вынесены из данной области седиментации и также не попадут в захоронение; погребены будут лишь остатки средней величины. В итоге остатки в местонахождении будут отличаться однозначной величиной форм и особенностей, что может быть связано, как мы видим, не с особенностями фауны данной области, а с механической дифференциацией в водном потоке. Естественно, при изменении скорости потока условия сортировки также меняются, что ведет к перекомбинации остатков в танатоценозах.

В водном потоке, в связи с разной скоростью воды на фарватере и у берегов, у дна и на поверхности, создаются неодинаковые условия переноса остатков на различных участках профиля долины (рис. 14, Б). Вследствие этого в крупных водных артериях, особенно в широких, заливаемых в половодье долинах и в дельтах, остатки, накапливающиеся на дне, будут отсортировываться по крупности, в зависимости от силы струй в потоке над данным участком. В результате, на одном профиле местонахождения, вскрытого поперек долины, мы можем обнаружить скопления остатков различной величины.

Дальность переноса остатков по способу волочения или перекатывания по дну связана также и с их сохранностью. Кости, недолго находившиеся под воздействием воздуха и солнца и вследствие этого сохранившие больше костного жира, будут переноситься на большее расстояние, нежели кости с разрушенной органикой, так как они обладают меньшей удельной массой. О дальности переноса костного материала можно судить по степени его раздробленности, окатанности, истертости и растворения. Дальний перенос нередко приводит к полному разрушению остатков.

Перенос трупов в плавающем состоянии может иметь место при любой силе потока и на любое расстояние. Предел дальности переноса трупа лимитируется лишь скоростью его разложения. На поздних стадиях разложения труп может погрузиться на дно и передвигаться в потоке по типу волочения или сальтации. При этом происходит расчленение скелета на отдельные части, которые будут переноситься как обычный донный материал. В местах падения силы потока, например, в поймах рек или дельтовых областях, группы после погружения остаются на дне и в случае быстрого осадконакопления могут захорониться без следов расчленения. Из этого следует, что в местонахождении может быть встречен полный скелет крупного животного, захороненного в тонком песчаном и алевритовом осадке вместе с мелкими и легкими остатками организмов или с целыми остатками мелких животных.

Водные потоки, особенно крупные реки, играют колоссальную роль в переносе на значительные расстояния и выносе в море остатков различных организмов суши и континентальных водоемов. Известно, что основные местонахождения ископаемых пресноводных рыб связаны с озерными, дельтовыми и прибрежно-морскими отложениями. Например, в верхнем девоне Главного девонского поля и Прибалтики в морских литоральных песчаниках встречено огромное количество обломков панцирей

пресноводных рыб; местами из этих обломков образовалась костная брекчия [8]. Все это свидетельствует о массовом выносе рыб в районы морского мелководья, где они перерабатывались в зоне волнения. Аналогией, по-видимому, может являться вынос в море трупов современных рыб, заходящих в верховья рек на нерест.

Перенос спор и пыльцы водными потоками и вынос их в море — также обычное явление. В случае переноса крупными реками, пересекающими несколько температурных или ландшафтных зон, споры и пыльца будут захороняться в несвойственных для них фациальной и климатической обстановках, что должно учитываться при палеогеографических реконструкциях. Например, реками Сибири широко осуществляется перенос пыльцы ели, сосны и кедра в районы тундры, где они не растут.

Перенос воздушными потоками. Этот способ переноса является обычным в отношении мелких и мельчайших организмов или их легких частей: преимущественно спор и пыльцы, цист простейших, фораминифер, насекомых, диатомей и др. В приведенных ниже примерах рассмотрены случаи переноса не только посмертных остатков (например, пустых раковин), но и остатков, сброшенных организмами в результате их жизнедеятельности (споры, пыльца, семена и листья растений, покровы членистоногих), а также живых организмов (как правило, насекомых). Д.В. Наливкиным в работе "Ураганы, бури и смерчи" (1969 г.) была показана огромная роль воздушных потоков в транспортировке остатков организмов на значительные расстояния. Различные случаи воздушной транспортировки можно объединить в три группы: а) перенос остатков наземных организмов из одного района суши в другой (суша — суша), б) вынос остатков наземных организмов в море (суша — море), в) занос остатков морских организмов на сушу (море — суша).

а. Перенос в пределах суши. Споры и пыльца. Их зерна, благодаря пылевой размерности и тонким легким оболочкам, переносятся в воздухе даже при незначительном ветре. Так, в торфе на Фарерских островах обнаружена пыльца *Alnus*, *Betula*, *Pinus*, *Corylus*, которые не росли здесь в течение всего послеледникового периода, а были занесены ветрами из Шотландии (420 км), Исландии (430 км) или Норвегии (585 км). Торф Гренландии содержит пыльцу деревьев, растущих на полуострове Лабрадор, до которого 1000 км. На ледниках Эцтальских Альп (Австрия) на высоте 3300 м была найдена пыльца видов *Ephedra alata* и *E. altissima*, произрастающих в Северной Африке. Их появление здесь объясняется заносом верхними воздушными течениями.

Пресноводные простейшие. Как указывает В.А. Догель (1962 г.), цисты многих пресноводных простейших способны выносить полное осушение (некоторые до 5—8 лет). В случае высыхания водоема они смешиваются с тонкой пылью и вместе с нею, будучи подхваченными ветром, могут уноситься на сотни и тысячи километров. Попадая в подходящий водоем, они оживают. Именно переносом объясняется широкое распространение одних и тех же видов инфузорий, корненожек и жгутиконосцев в небольших водоемах Европы, Азии, Африки и Австралии, а также на островах Атлантического океана.

Отдельные виды фораминифер, принадлежащие к родам *Rotalia* и *Textularia* и живущие в песке подземных вод (псаммон) пустынь Сахары и Каракумов, во время песчаных бурь выдуваются ветром из грунта и вместе с пылью переносятся. Однажды в Барселоне из пыли, вышавшей после бури, были извлечены фораминиферы, характерные для псаммона Сахары.

б. Вынос в море. Споры и пыльца. Работами Е.В. Кореневой (1957 г.) показано широкое распространение спор и пыльцы в современных и четвертичных осадках Охотского моря. По этим остаткам произведена стратификация донных отложений в колонках длиной до 27 м. Отмечается качественное совпадение комплексов современных спор и пыльцы в осадке и на суше (в почве и озерах), что указывает на вынос продуктов вегетации в море в пределах области произрастания растений. Были отмечены и другие закономерности, например, что пыльца сосны разносится дальше и, благодаря этому, она количественно доминирует в осадке в наиболее удаленных от берега участках моря. Позднее Е.В. Кореневой (1964 г.) были изучены споры и пыльца в осадках Тихого океана. Установлен дальний перенос остатков с крупных островов по направлению господствующих ветров. Споры и пыльца из осадков при этом качественно отражают растительность суши. В центральной части океана ею обнаружены споры и пыльца *Pinus*, *Alnus*, *Ulmus*, *Cyathea* и *Gleichenia* в поверхностной пробе осадка. Казалось бы, что в данной точке, отстоящей от ближайших Гавайских и Маршалловых островов на расстоянии около 1500 км, должны быть споры и пыльца растений, произрастающих на них. Но в составе растительности этих островов так же, как и всех других островов тропической и экваториальной зоны океана, нет ни сосен, ни ольхи. Значит эта пыльца, прежде чем попасть на дно, проделала огромный путь — около 7—10 тыс. км. Не исключено, что такой перенос мог осуществляться не только воздушным путем, но и морскими течениями. Имеются также сообщения о находке большого количества пыльцы сосны, тсуга, ольхи и дуба, а также спор папоротников в донных осадках Японского желоба, поднятых с глубин 4500 и 9200 м.

Диатомовые водоросли. Исключительно показательным примером может служить вынос пресноводных диатомей в потоках пыльных бурь, начинающихся на южных окраинах Сахары и продолжающихся над Атлантическим океаном. На дне побережья Гвинейского залива пресноводные диатомей распространены в виде широкой полосы между южным берегом Зеленого мыса и экватором. Почти все диатомей были найдены в глобигериновом и синем глубоководном иле и достигали содержания в пробе от 5 до 40 %. В литеральной зоне они редки. В современном планктоне в этой области диатомей почти отсутствуют. Отмеченный вынос диатомей вместе с пылью происходит в больших масштабах из засушливых районов, располагающихся между Сахарой и р. Нигером. Зимой, во время засухи, здесь постоянно дуют очень сильные ветры, переходящие в бури ("хармаган"), несущие огромное количество пыли и идущие в Атлантический океан через острова Зеленого мыса и северный берег Гвинейского залива. Этот воздушный поток проходит над обширными областями, заливающи-

мися в половодье водами Нигера. В многочисленных мелких водоемах этого района и развивается флора диатомей. Во время засухи панцири этих водорослей поднимаются в воздух вместе с пылью. Изучение пыли харматана показало содержание в ней диатомей до 95 % от ее общей массы. Как сообщает Д.В. Наливкин (1969 г.), попадая в Атлантическое кольцо ураганов, диатомей Нигера переносятся в Вест-Индию и далее в Центральную и Северную Америку.

Насекомые. Ветрами и бурями живые насекомые, способные парить в воздухе, часто огромными стаями переносятся на значительные расстояния. Однажды в Атлантическом океане гуча африканской саранчи опустилась на судно, находившееся в 2000 км от берега континента.

в. Занос с моря на сушу. Золотой перенос (занос) посмертных остатков морских организмов на сушу широко распространен в прибрежных зонах морей и океанических островов. На побережье Аравийского и Красного морей, Персидского залива, по берегам Австралии и в других местах преимущественно тропической и субтропической зон образуются дюны из карбонатного осадка, в составе которого имеется большое количество мелких остатков различных морских организмов — раковин фораминифер, детрита из скелетов кораллов, брюхоногих и двустворчатых моллюсков, остракод, обломков игл морских ежей и пр. Нередко из этих остатков слагается весь материал дюн или они встречаются в ядрах оолитин, из которых образуются оолитовые известняки. Такие породы носят название золианиты, а некоторые разновидности их, состоящие из раковин фораминифер рода *Miliolina* — милиолиты. Данные осадки возникают в результате переувлажнения сухого материала пляжа, содержащего остатки организмов, оолитинки и песок, в сторону берега. Таким образом, по составу материала они морские, а по происхождению золотые. Для таких отложений, по мнению Д.В. Наливкина (1969 г.), характерны следующие особенности: 1) остатки организмов, слагающие основную массу породы, всегда не крупнее минеральных зерен, способных переноситься ветром; по структуре порода всегда зерниста, по составу однородна; 2) скелетные остатки несут следы полировки и перекачивания ветром; 3) присутствует неправильная и косая слоистость; 4) золианиты, как все дюны, обязательно лежат на континентальных отложениях; 5) по простираанию они не менее чем в трех направлениях переходят в обычные континентальные осадки и др. Д.В. Наливкин приводит примеры ископаемых золианитов. Это косослоистые оолитовые известняки верхней перми Приуралья, косослоистые обломочные известняки среднего карбона Московской синеклизы, часть косослоистых оолитовых известняков средней юры Англии; в породе были найдены яйца черепах, которые были отложены в рыхлом песке выше и на некотором расстоянии от уреза воды.

Перенос остатков хищниками. Перенос остатков современных наземных организмов разнообразными хищниками, как правило, происходит в той же или близкой фациальной обстановке. В некоторых же случаях, благодаря деятельности позвоночных, преимущественно птиц, осуществляется активный занос остатков морских организмов на сушу. Например, К. Тейхерт и Д. Сервенти (1947 г.) сообщают о накоплении

значительного количества раковин и оперкулумов современных литоральных брюхоногих моллюсков *Turbo*, *Haliotis*, *Nerita*, *Patelloida*, пластинок панцирей хитонов, реже разломанных панцирей морских ежей *Helioscidaris* и др. в неровностях на поверхности плейстоценовых известняков, слагающих берега Южной Австралии, Тасмании и Виктории, в результате переноса их на сушу моллюскоядными птицами. Отложения из принесенных раковин обнаружены не только на прибрежных участках, но и во внутренних районах суши около соленых озер и на холмах на значительной высоте над уровнем моря. Подобное явление отмечено и для Северного моря [34].

Асинхронный перенос (переотложение) остатков организмов

Термин "переотложение" мы применяем лишь по отношению к окаменелостям и субфоссильным остаткам организмов, т.е. к таким остаткам, которые уже однажды были захоронены в осадок и подверглись в нем тому или иному воздействию процесса fossilization. Таким образом, переотложение данных остатков всегда будет асинхронным и в некоторых случаях многократным. Определяющими факторами при переотложении окаменелостей и субфоссилий являются процессы гипергенного разрушения местонахождения, характер и степень первичной fossilization остатков, обстановка седиментации и скорость накопления осадков, в которые окаменелости попадают тем или иным способом. Образно говоря, геолог на каждом шагу встречается с переотложенными формами, независимо от того, какими фациями и каким интервалом времени он занимается. Так как признаки переотложения не всегда хорошо распознаются, то в практике стратиграфа нередко возникает большое число ошибок в неверном определении возраста отложений, содержащих вторично захороненные формы или целые комплексы. Таким образом, явление переотложения очень сильно осложняет применение палеонтологического метода в стратиграфии. Установление характера и способов переотложения представляет собой довольно грудную задачу, но тем не менее во многих случаях вполне разрешимую.

Первая попытка обобщения материала по переотложению остатков организмов была предпринята Д.Л. Степановым в 1958 г. Им было выделено три категории наиболее типичных случаев переотложения: переотложение глыб и обломков пород, содержащих окаменелости, переотложение отдельных, дезинтегрированных от породы остатков и нахождение во вторичном залегании ископаемых из более молодых отложений [39]. Ранее нами [7] уже были рассмотрены основные способы переотложения окаменелостей и выделены некоторые признаки переотложенности остатков. Здесь мы предлагаем классификацию типов переотложения, составленную на генетической основе, т.е. на основе динамического процесса, в результате которого произошло разрушение исходного местонахождения, перемещение окаменелостей и внедрение их в новую среду. Способы переотложения объединены в три группы и для первых двух групп выделены генетические типы.

Переотложение окаменелостей из более древних в более молодые (первая группа). 1. Денудационный тип — переотложение в результате эрозии и денудации суши. Благодаря деятельности атмосферных осадков и текучих вод продукты разрушения пород смываются в понижения, перемещаются вдоль долин и нередко выносятся в открытое море. Когда эрозии подвергаются коренные породы осадочного происхождения, то среди продуктов их разрушения могут оказаться окаменелости, которые будут переноситься или вместе с породой в составе валунов и галек, или в дезинтегрированном виде. Иногда, благодаря размыву и выносу дождевыми водами тонкозернистых пород, содержащих крупные или тяжелые окаменелости, последние могут остаться на месте, образовав, таким образом, конденсированный горизонт.

Как правило, в конгломератах базальных толщ любого возраста, но морского происхождения, присутствует грубообломочный материал, заключающий окаменелости. В большинстве случаев при соответствующем анализе удается определить источники сноса, направление и расстояние переноса этого материала. Окаменелости в гальке помогают уточнить время орогенической фазы, предшествующей образованию базальных конгломератов. Иногда по таким остаткам определяют, хотя бы приближенно, и возраст самой толщи, содержащей конгломераты.

Микрофоссилии, дезинтегрированные от материнской породы, реками могут выноситься в море, где они будут рассеиваться по акватории и захороняться в осадках. Именно этим процессом можно объяснить широкое распространение палеозойских, мезозойских и кайнозойских спор и пыльцы в современных осадках океанов. В тех случаях, когда вынос микрофоссилий в море протекал постоянно в течение длительного времени, в разрезах осадочных отложений можно наблюдать обратную стратиграфическую последовательность в распределении переотложенного материала. Так, по сообщению Д.А. Агаларовой (1957 г.), в верхнеэоценовых отложениях Азербайджана (продуктивная толща) и Западной Туркмении (красноцветная свита), наряду с остракодами и фораминиферами, находящимися в коренном залегании, были встречены многочисленные переотложенные фораминиферы, относящиеся к 222 видам, известным из нижнего неогена, палеогена и верхнего мела других районов Кавказа и Средней Азии. Оказалось, что на фоне нормального распределения по разрезу позднэоценовых видов фораминифер переотложенные формы имеют обратную последовательность: в верхней части изученных толщ — позднемеловые, в средней — палеогеновые и в нижней части — раннэоценовые формы. Это объясняется последовательностью размыва ближайшей суши, где меловые и более молодые отложения подвергались эрозии и денудации в позднэоценовое время. В составе переотложенных комплексов фораминифер 99 % видов известны из отложений неогена, палеогена и мела Кавказа, Копетдага, Большого и Малого Балхана. Значит, эти горные сооружения и представляли собой участки суши, размываемые во второй половине неогена.

На суше переотложение окаменелостей происходит в результате разрушения местонахождения и перемыва слагающих его окаменелостей. Примером остаточного или элювиального типа может служить вторичное мес-

тонахождение аральской кайнозойской фауны позвоночных у оз. Малый Калкан (Павлодарское Прииртышье). По сообщению О.Д. Моськиной и др. [7], здесь на плотной современной поверхности скульптурной террасы разбросаны окатанные, обломанные и растрескавшиеся кости позвоночных широкого возрастного диапазона — от раннего миоцена до раннего антропогена. В миоценовых глинах аральской свиты, слагающих поверхность террасы, какие-либо кости не обнаружены. Таким образом, накопление окаменелостей здесь происходит в современную эпоху вследствие размыва содержащих их глинистых толщ верхнего кайнозоя и конденсации на месте первичного захоронения более крупных и тяжелых костей в виде остаточного материала.

2. Абразионный тип — переотложение в результате деятельности моря.

При абразии дна и берегов морей и океанов переотложение окаменелостей и субфоссилий происходит или в составе обломков размываемых пород или отдельно от них. Так, обрывистый берег о. Рюген в Балтийском море сложен легко размываемым пясчистым мелом позднемелового возраста, содержащим огромное количество кремневых конкреций и окремненных окаменелостей (панцирей морских ежей, ростров белемнитов и др.). Пляж острова местами буквально усыпан окатанными кремневыми остатками. В результате волновой деятельности моря этот материал захороняется в современных мелководных осадках. В кампанских глауконитовых мергелях окрестностей Амвросиевки (Донецкая область) и западных районов Ульяновской области вместе с совершенно свежими, неповрежденными рострами белемнитов, залегающими *in situ*, встречены также переотложенные экземпляры со следами сверления губок, окатанности и коррозии [28]. На отдельных рострах в просверленных губками каналах сохранился белый пясчий мел, характерный для подстилающих отложений. Таким образом, переотложение ростров произошло вследствие размыва уплотненного осадка на одном из участков дна и переноса продуктов разрушения на другой участок, где имело место их вторичное захоронение. Известное нахождение позднемаастрихтских белемнитов в виде фрагментарных, окатанных и иссверленных ростров в базальном глауконитовом песчанике датского яруса, отмеченное для всего Крыма, также свидетельствует о подводном размыве маастрихтских отложений и о вымывании из них и последующем переотложении наиболее устойчивых остатков.

Обычно принято считать, что ископаемые следы жизнедеятельности организмов не переотлагаются, однако, В. Шлозом (1968 г.) описывается редкий случай переотложения ихнофоссилий — ядер петель *Rhizocorallium* и *Corophioides* в оолитовых известняках лейаса Швабии (ФРГ) в результате вымывания их из осадка. Таким образом, до момента размыва вмещающих следы отложений они уже были fossilized. Более распространены случаи переотложения следов жизнедеятельности, заключенных в глыбах и валунах пород.

В результате абразивной деятельности моря, точнее подводного выветривания, происходит образование горизонтов конденсации, состоящих

как из неорганических (желваковых и оолитовых фосфоритов), так и органических компонентов (окаменелостей и субфоссилий). Слои с конденсированными остатками организмов формируются, главным образом, тремя путями: в условиях постоянного размыва осадков или пород сильными донными течениями, частого чередования моментов размыва и накопления осадков и крайне замедленного накопления осадков.

Переотложение в условиях постоянного размыва. В Дагестане и на Северном Кавказе в ряде разрезов нижнеаптские отложения представлены маломощным горизонтом песчаника (1,5 м) с фосфоритовыми желваками или плотным мергелем (1,3 м) со смешанным в обоих случаях комплексом аммонитов *Matheronites ridzewskyi*, *Deshayesites dechyi* и *Dufrenoya furcata*, характерных для всех трех зон подъяруса.

Переотложение в условиях частого чередования размыва и седиментации. Хорошо известен конденсированный фосфоритовый слой в основании нижнего валанжина в Подмосковье и Ульяновско-Саратовском прогибе. Как полагают И.Г. Сазонова и др. (1967 г.), он образовался в мелководных зонах валанжинского моря в результате размыва и выноса течениями подстилающих алевро-глинистых пород. Фосфориты в этом горизонте двух генераций: а) мелкие окатаные глянцевые, черные, глинисто-песчанистые обломки и желваки, вымытые из нижележащих волжских и берриасских отложений и б) крупные (до 1–4 см) песчанистые плохо-окатаные желваки, сингенетичные с вмещающей породой. Таким образом, формирование фосфоритовых конкреций происходило непрерывно в течение трех веков. Можно предположить, что в каждую эпоху фосфориты представляли собой конденсированный слой.

В верхнеюрских глауконитовых песчаниках в районе Спилсби (Южная Англия) С.Р. Келли (1980 г.) изучил базальный горизонт, состоящий практически из одних желваков фосфоритов и залегающий на эродированной поверхности глин киммериджа. Желваки несут следы коррозии и биоэрозии. В самой массе фосфорита, а также в норах встречены средне-волжские окаменелости. По взаимоотношению нор и следов поверхности коррозии внутри конкреций и по другим признакам установлено сложное их строение и выделено несколько фаз конкрециеобразования, размыва осадка и переотложения желваков (рис. 15).

"Переотложение" остатков в условиях крайне замедленного накопления осадков имеет место в океанах в области развития глубоководных отложений. По данным Г.М. Беляева и Л.С. Гликмана (1965 г.) в самом поверхностном слое осадка часто встречаются, нередко в большом количестве (до 1000 экз/м²), зубы ископаемых акул: миоценовые *Isurus desori* и *Alopias grandis* и позднемиоцен-плиоценовые *Isurus trigonodon*, *I. hastalis*, *Anatodus benedeni* и *Carcharodon megalodon*. Зубы, как правило, крупные (до 0,5 см и более), часто служат ядрами, вокруг которых происходит образование железо-марганцевых конкреций. Нередко на поверхности зубов обнаруживаются живые прикрепленные организмы: фораминиферы, сцифополипы, актинии, серпулиды и др. За время долгого лежания на поверхности дна под воздействием факторов внешней среды зубы акул претерпели некоторые диагенетические изменения,

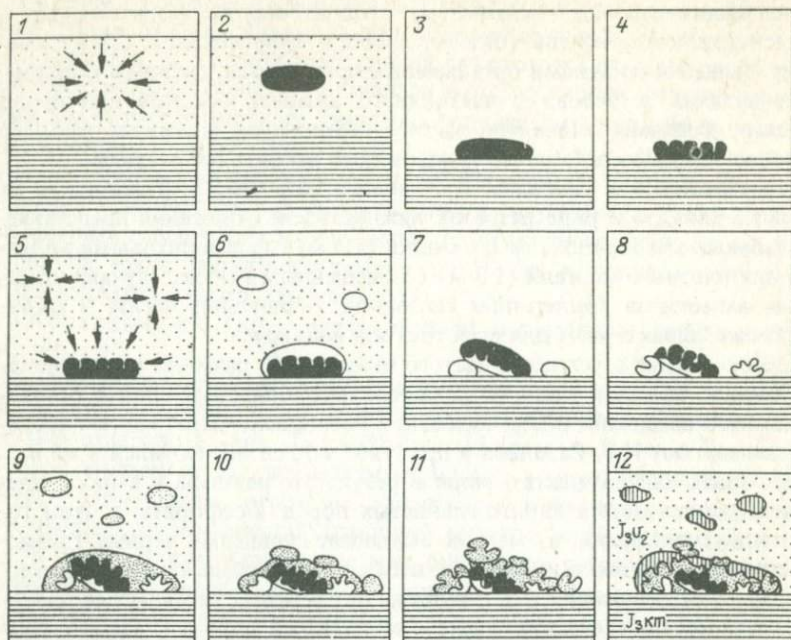


Рис. 15. Стадии образования, перетолжения и сверления фосфоритовых конкреций в базальном слое песчаников Спилсби (Южная Англия, Линкольншир).

1 – осадконакопление и диагенез; 2 – первая стадия фосфоритизации (образование конкреций); 3 – вымывание рыхлых осадков, размыв верхней части подстилающих глин и перетолжение конкреций; 4 – коррозия и сверление конкреций двустворчатыми моллюсками *Gastrochaena*; 5 – новое осадконакопление и диагенез; 6 – вторая стадия фосфоритизации; 7 – вымывание осадка и перетолжение первой конкреции с изменением ее ориентировки; 8 – сверление и коррозия; 9 – осадконакопление, диагенез и третья стадия фосфоритизации; 10 – вымывание осадка и перетолжение вновь образовавшихся конкреций; 11 – сверление и коррозия; 12 – окончательное захоронение конкреций, диагенез и четвертая стадия фосфоритизации; $J_3 km$ – пластичная глина кимериджа, $J_3 u_2$ – песчаники Спилсби, верхневолжский подъярус, зона *Titanites giganteus* (Kelly, 1980)

т.е. испытали определенную фоссилизацию. В связи с этим обстоятельством они условно могут считаться перетолженными в современные осадки.

3. Оползневой тип – перетолжение окаменелостей в составе глыб обвального-оползневой происхождения, отделившихся от массива коренной породы и перемещенных вниз по склону при подводном гравитационном оползании. Глыбы (олистолиты) могут быть изолированными или образовывать скопления в виде линзовидных и пластообразных тел (олистостромов), залегающих среди нормально-слоистых осадочных толщ. В олистостромах большой мощности глыбы неотсортированы, расположены хаотично, могут достигать огромных размеров и быть

гетерогенными как по возрасту, так и литологическому составу; цементирующая масса обычно неслоистая, представлена глиной, алевролитом, песчаником, реже конгломератом. Иногда олистостромы представляют собой своеобразную брекчию из обломков пород, ближайшие коренные выходы которых расположены за десятки километров от места современного нахождения древнего оползня. В этом случае они иногда рассматриваются в качестве оползневых шлейфов, спускавшихся в бассейн со склонов кордильер. Оползневые процессы активно развиваются как в береговой зоне морей и на континентальном склоне океанов, особенно в бортах каньонов, так и на склонах океанических островов и подводных хребтов. Так, при погружении в 1969 г. батискафа "Архимед" в Атлантическом океане в районе Азорских островов было установлено, что дно здесь на глубинах от 300 до 2000 м представляет собой чрезвычайно пересеченную местность, а еще ниже, на равнинах, лежащих на глубине 2500—3000 м, из ила торчат скалы, скатившиеся или сползшие сюда с меньших глубин.

В палеогеновых флишевых отложениях Сочинского района Северо-Западного Кавказа присутствует большое число обломков и глыб различного возраста и размера. По данным Б.М. Келлера и В.В. Меннера (1945 г.), мощность одного из глыбовых горизонтов в районе с. Пластунского в средней части среднего палеогена 100—150 м, величина глыб (скал и утесов) 50—60 м; среди них особенно многочисленны зеленоватые слоистые известняки сенона, светлые туронские известняки с кремнями, зеленые мергели нижнего сеномана, органогенно-обломочные известняки титона и др. Глыбы неотсортированы и плохо окатаны. В вышележащей мацестинской свите олигоцена к востоку от р. Мзымты прослеживается горизонт с глыбами известняков титона и верхнего мела (до 20 м в поперечнике), нуммулитовых известняков, блоков битуминозных плитняков среднего эоцена с *Lyrolepis caucasica* (мамайская свита) объемом до 250 м³; местами мамайские породы образуют целые островки до 1—1,5 км в диаметре среди поля распространения олигоцена. Глыбы имеют хаотическое залегание среди перемятых глин и образуют линзы мощностью более 200 м и протяженностью до 20—25 км. Авторами доказывается перемещение экзотических глыб на расстояние до 30 км в результате подводного оползания по склону дна бассейна на глубину более 500 м. Примеры олистолитового типа переотложения известны также из палеозойских отложений различных районов СССР [39].

4. Турбидный тип — переотложение окаменелостей турбидными (суспензионными, или мутьевыми) потоками. В Атлантическом океане в основании подводного каньона Гудзона в 350 км к юго-востоку от Нью-Йорка на глубине 3470 м в колонке (интервал 70—100 см), наряду с остатками современных организмов, в песке и гравии обнаружены раковины вымерших четвертичных моллюсков *Neptunea stonoi* и *Yoldia abyssicola*.

В Восточно-Марианской впадине (Тихий океан) на глубине 6100 м примерно в 15 км от одной из подводных гор глубоководная скважина с судна "Гломар Челленджер" вскрыла толщу турбидитов мощностью

около 250 м. Как указывает В.А. Крашенинников (1972 г.), основу отложений составляют радиоляриевые и цеолитовые глины среднемиоценового возраста. В них содержатся обломки белых нано-фораминиферных илов. Остатки организмов из этих обломков представляют собой хаотическую смесь из плиоценовых, миоценовых, олигоценовых и эоценовых видов. Таким образом, карбонатный осадок, а также известковые раковины фораминифер и скелеты кокколитофорид сносились турбидными потоками со склонов возвышенностей и накапливались на равнине ниже критической глубины распространения карбонатов.

5. Ледниковый тип — переотложение в результате деятельности ледников. Ледниковое переотложение возможно как в виде крупных валунов и глыб осадочных пород, содержащих окаменелости, так и мелких дезинтегрированных ископаемых остатков. Он имеет место как в морских, так и континентальных условиях и всегда связан с моренными отложениями. Во время движения ледника по поверхности суши в виде морены переносится огромное количество осадочной породы различного возраста и литологического состава, нередко на значительное расстояние. В четвертичных отложениях севера Европы хорошо известны эрратические ледниковые валуны и глыбы — отторженцы различных палеозойских пород, содержащие окаменелости. Чаще всего крупные отторженцы залегают среди отложений, заполняющих древние древние дочетвертичные и оконтуривающие зоны краевых ледниковых образований. Они заключены в морене и передвинуты ледником на много десятков и даже сотни километров от места первоначального залегания. Только в районах северо-запада Восточно-Европейской платформы, по данным В.С. Кофмана (1971 г.), к настоящему времени изучено в обнажениях и скважинах более 15 крупных отторженцев размером не более 50 м. Достаточно широко в четвертичных отложениях распространены отторженцы из мезозойских, преимущественно юрских пород. Например, в долине р. Колвы (бассейн Верхней Камы) в валунных суглинках морены днепровского ледника А.Н. Степановым (1973 г.) встречены глыбы черных глауконитовых глин, содержащих двустворчатые моллюски и белемниты волжского яруса. В восточной Польше в районе г. Лукова в четвертичных отложениях на площади около 1 км² залегают отторженец (Луковская глыба) юрских глин мощностью 4 м. По данным Ц. Кулицкого (1979 г.), глины содержат известковые и сидеритовые конкреции с келловейскими аммонитами. Предполагается, что глыба сорвана с основания и передвинута на юг на расстояние в несколько сотен километров. Ледники перемещали в виде глыб и более молодые отложения. Как сообщает Г. Спайнк (1978 г.), в Нидерландах в карьере близ Лоссера, в коренных четвертичных глинах встречены глыбы эоценовых, олигоценовых и миоценовых пород с богатыми комплексами окаменелостей.

В морских условиях переотложение данного типа происходит в результате выноса в море и разноса содержащих окаменелости моренных обломков по акватории плавающими (глетчерными) льдами, оторвавшимися от края ледника. В результате миграции льдин и последующего их таяния моренный материал рассеивается на обширных площадях на дне бассей-

нов, часто далеко от места разрушения коренных пород. На материковых склонах приполярных морей таким образом формируется своеобразный донный грунт — включения крупных моренных обломков и валунов в тонком глинистом осадке.

6. Вулканический тип — переотложение окаменелостей в результате захвата потоками лавы или грязи обломков коренных осадочных пород (ксенолитов) во время извержения вулканов. Ксенолиты обычно встречаются в лавовых потоках, излившихся на поверхность, но иногда они обнаруживаются и в жерлах ископаемых вулканов. По сообщению С. Гверин-Франиатта и др. (1970 г.) в подушечных базальтовых лавах Сайруна (Турция) в виде ксенолитов обнаружены глыбы размером до 2х2х3 м розовых ракушечных известняков, сильно перекристаллизованных и содержащих раковины многочисленных аммонитов *Trachyceras*, *Sirenites*, *Pipasceras*, рostrы белемнитов и ядра двустворок верхнего триаса (карнийский ярус). В коренном залегании разновозрастные известняки установлены лишь в 300 км к северу (район Эгридир). Полагают, что известняки попали в горячую лаву при подводном извержении вулкана.

Огромное количество мелких обломков коренных пород и дезинтегрированных микроокаменелостей выносятся на поверхность суши или на дно водного бассейна вместе с жидкой грязью, водой и газом во время извержения грязевых вулканов. В сопочной брекчии 45-ти грязевых вулканов Азербайджана, изученных А.А. Якубовым и др. (1971 г.), установлены обломки пород из отложений всех ярусов, известных в коренных разрезах юго-восточного погружения Большого Кавказа и Куринской межгорной впадины — от верхней юры до плиоцена включительно. Иногда переотложенные микроостатки удается обнаружить в трубках ископаемых грязевых вулканов. Например, по данным В.Г. Рихтера (1965 г.), на о. Артем в Каспийском море в песчанике, выполняющем жерла "потухших" вулканов, извергавшихся в четвертичное время, встречен смешанный комплекс раковин фораминифер мелового, палеогенового и миоценового возраста. Трубки диаметром от 9,5 до 60 см ориентированы вертикально и наклонно и находятся в серых песчаниках среднего отдела продуктивной толщи плиоцена.

7. Импактный тип — переотложение окаменелостей в составе обломков пород в результате выброса ударной волны при падении метеоритов. Связан с локальным развитием ископаемых метеоритных или импактных кратеров (астроблем), число которых в мире к настоящему времени, по данным В.Л. Масайтиса и др. (1980 г.), достигло 81, из них на территории Советского Союза установлено 24. Остановимся лишь на двух примерах¹.

Каменская астроблема находится на северо-восточной окраине Донбаса на правом берегу р. Северский Донец вблизи г. Каменска-Шахтинского в толще осадочных пород среднего и верхнего карбона, нижней перми

¹ Многочисленные примеры переотложения окаменелостей в составе глыб осадочных пород можно найти в книге В.Л. Масайтиса и др. "Геология астроблем", Л.: Недра, 1980, 231 с.

и нижнего триаса (Е.В. Мовшович и др., 1975 г.). Кратер почти полностью погребен под 200–300-метровой толщей горизонтально залегающих палеоценовых отложений, разбитых также и за его пределами. По данным бурения форма кратера чашеобразная, очертания эллипсоидно-угловатые, поперечник ~ 25 км, общая площадь ~ 40 км².

Кратер заполнен толщей аллогенной, т.е. раздробленной и перемешанной брекчии (прежде называвшейся аггломератом Каменского района), общей мощностью 500–650 м, состоящей из перемешанных, хаотически залегающих глыб и обломков пород различной формы, размера, возраста и литологического состава: мергелей и писчего мела с *Belemnitella mucronata* (кампан), глауконитовых мергелей с *Belemnella lanceolata* (нижний маастрихт), известняков с *Choristites ex gr. mosquensis* (средний карбон), известняков с *Triticites* sp. (верхний карбон), каменноугольных глинистых сланцев, пермских и триасовых песчаников, алевролитов и аргиллитов (П.В. Кумпан, 1944 г.; В.Л. Масайтис и др., 1980 г.).

Аллогенная брекчия местами вскрывается на поверхности по долинам рек Калитвинец и Северский Донец. Здесь размер глыб верхнемеловых пород колеблется менее, чем от 6 м до нескольких десятков метров. Отдельные же глыбы каменноугольных известняков имеют громадные размеры, их предполагаемая масса — миллионы тонн; некоторыми исследователями они принимались за коренные выходы.

Ориентировочный расчет Е.В. Мовшовича показывает, что эффект образования Каменской астроблемы мог быть вызван падением тела массой около 1,5 млрд. т и поперечником до 0,5 км со скоростью 20–30 км/с. Падение метеорита произошло в мелководной зоне моря, по видимому, в самом начале раннего палеоцена, так как в аллогенной брекчии присутствуют маастрихтские породы, а в нижних горизонтах перекрывающего комплекса обнаружены раннепалеоценовые фораминиферы. В перекрывающих отложениях (мергелях глубокинской свиты) повсеместно содержится огромное количество мелких обломков пород верхнего мела и карбона — продуктов последующего абразионного перемыва подстилающей аллогенной брекчии. Ранее исследователями предполагалось подводно-оползневое или тектоническое происхождение рассмотренной толщи.

Астроблема (импактный кратер) Рис расположена в ФРГ в Баварии, в 110 км в северо-западу от г. Мюнхена, и представляет собой плоскую округлую котловину диаметром 24 км, окруженную кольцевым валом. Кратер находится в поле развития горизонтально залегающих осадочных пород верхнего триаса, юры, верхнего олигоцена и среднего миоцена общей мощностью 500–600 м. Аллогенная брекчия заполняет как саму воронку кратера, так и встречается за ее пределами. По данным В.Л. Масайтиса и др. (1980 г.), отдельные "выброшенные" глыбы осадочных пород размером 5–50 м в поперечнике обнаружены на расстоянии до нескольких десятков километров от кратера. Например, крупные глыбы юрских известняков встречены в 50 км к югу и в 150 км к востоку от края кратера. Вокруг кратера примерно в зоне шириной 15–25 км выброшенная брекчия прослеживается в виде расчлененного эрозией

покрова, залегающего на осадочных породах триаса и юры. Мощность этой брекчии колеблется от 0 до 200 м в зависимости от удаления от кратера и развития различных форм дорисского рельефа (речных долин, тектонических депрессий и пр.). По сообщению Л. Шенпелюк (1980 г.), обломки и глыбы юрских известняков до десятков сантиметров в поперечнике установлены в отдельных горизонтах верхней пресноводной молассы миоцена в окрестностях г. Аугсбурга. Предполагается, что кратер Рис образовался в позднем гортоне $14,7 \pm 0,6$ млн. лет назад. Предшествующими исследователями (В. Аркелл и др.) описанные глыбы юрских известняков считались вулканическими бомбами, выброшенными при извержении вулкана Рис.

8. Тектонический тип — переотложение окаменелостей в результате перемещения обломков или блоков коренных пород во время проявления тектонических движений надвигового или сбросового характера. Случаи переотложения данного типа широко развиты в складчатых областях, например, в Альпах и Карпатах. Хорошо известны так называемые клиппы — останцы тектонических покровов (например, бескорневая глыба титонских штралбергских известняков в толще сильно перемятых триггенных отложений верхнего мела в Моравии, ЧССР).

9. Миграционный тип — переотложение микроокаменелостей в результате захвата из вмещающих отложений и последующего их переноса во время миграции нефти. Среди микроостатков в нефти обнаружены споры и пыльца, акритархи, обрывки растительной ткани и др. [3]. Чаще всего в нефти содержатся остатки из вмещающих отложений, но нередко присутствуют также микроостатки из более древних пород, т.е. переотложенные.

Переотложение окаменелостей из более молодых пород в более древние (вторая группа). В ней можно выделить лишь один, циркуляционный тип — занос (вмыв) микроокаменелостей из вышележащих горных пород в нижележащие вследствие циркуляции атмосферных и грунтовых вод через толщу отложений различного возраста. При этом нередко происходит смешение разновозрастных комплексов, причем на общем древнем облике окаменелостей, находящихся *in situ* во вмещающей толще, резко выделяются экзотические привнесенные формы. Например, в криворожской метаморфической серии Украины были обнаружены девонские и каменноугольные споры [39]. На Украинском щите в каолинах погребенной коры выветривания протерозойского возраста, по данным М.Д. Эльянова и др. (1970 г.), обнаружены споры карбона и юры. В таврических метаморфических сланцах нижней юры, вскрытых скважиной в районе с. Прохладного (Крым) на глубине 94 м, наряду с юрскими формами, были найдены сеноманские фораминиферы. Таврические аргиллиты отделены от сеноманских мергелей толщиной альбских глин и песчаников общей мощностью 90 м.

В. Третья группа — различные случаи "переотложения" остатков, в том числе и окаменелостей, связанные с засорением коренной породы или отдельного образца (пробы). Например, проникновение (занос) микроокаменелостей из вышележащих слоев в нижележащие в составе

шлама при циркуляции глинистого раствора в буровых скважинах. Таким путем происходит также занос в коренные отложения современных спор и пыльцы. С засорением образцов, взятых на палинологический анализ, микроостатками современных растений, скорее всего, связан известный факт обнаружения пыльцы современных растений в нижнекаменноугольных отложениях Московской синеклизы. В образцах из юдомской и пестроцветной свит Алданского района в виде засорений обычно присутствуют споры зеленых мхов, лишайников, грибов, водорослей, которые неопытными исследователями могут быть приняты за микрофоссилии, в частности, акритархи. Засорение может произойти как в поле, в условиях недостаточно стерильного взятия проб, так и в лаборатории, при мацерации или при изготовлении шлифов, а также при хранении керн. Как показали Б.В. Тимофеев и др. (1976 г.), обнаруженные в протерозойских и кембрийских отложениях различных районов Советского Союза "колониальные водоросли", выделенные в группу Rifenites, оказались каменистыми клетками коры современных деревьев (ели, сосны, осины, березы и др.) и кустарников. Засорение образцов произошло при их хранении в деревянных ящиках, которые были плохо очищены от коры. Со временем кора высыхает, шелушится и мелкие ее частички засоряют керн. Другие случаи засорения: при вторичном использовании непромытых мешочков при взятии пробы на микропалеонтологический анализ и при попадании на поверхность образца ископаемых микроорганизмов вместе с частицами породы с неочищенного молотка и пр.

ЗАХОРОНЕНИЕ ОСТАТКОВ ОРГАНИЗМОВ В МОРСКИХ УСЛОВИЯХ

Погребение остатков организмов, накопившихся на дне осадочного бассейна, происходит, естественно, в различных условиях по-разному. Переход остатков из танатоценоза в тафоценоз может быть мгновенным, связанным, например, с внезапным приносом осадка мутьевым потоком (при этом часть остатков как бы минует стадию танатоценоза, если организмы захороняются живыми), или длительным, в условиях постоянного и равномерного поступления обильного осадка или, наоборот, в условиях замедленной седиментации. В последнем случае часто происходит переработка или полное уничтожение танатоценоза вследствие размыва осадка. Скорость осадконакопления и гидродинамические особенности среды являются основными и взаимосвязанными факторами, определяющими характер захоронения посмертных остатков организмов, а именно тип их захоронения. Эти факторы в большой степени влияют на количество захороненных остатков, их сохранность (полноту и пр.), что, в свою очередь, в какой-то степени определяет ход последующей фоссилизации. Остановимся на некоторых общих условиях захоронения посмертных остатков организмов в морском бассейне.

Захоронение в относительно спокойных водах. Признаки. а. Присутствие автохтонного и субавтохтонного комплексов (палеоценозов), представленных остатками свободнолежащего и ползающего бентоса (в частности, раковинами двустворчатых моллюсков, брахиопод и др.). б. Сохранение прижизненной ориентировки у свободно лежащих, ползающих и биссусноприкрепляющихся форм. в. Сохранение микроскульптуры и тонких выростов тела (длинные конечности членистоногих). г. Отсутствие расчлененности тела или скелета, состоящего из многочисленных элементов (отпечатки рыб с чешуей, полный скелет морской лилии — стебель с циррами, чашечка, руки с пиннулами; положение головного отдела рядом с самим панцирем трилобита, сброшенным животным во время линьки; панцирь морского ежа с иглами и т.д.); надо иметь в виду, что полный скелет организма может иметь хорошую сохранность также вследствие внезапного его захоронения под осадком. д. Сохранение отдельных частей тела на месте распада трупов рыб. е. Случайная ориентировка остатков: беспорядочное расположение отпечатков гибких выростов тела (рук офиур и лучей морских звезд), беспорядочная ориентировка скелетных остатков организмов (нектонных, планктонных и псевдопланктонных, а также раковин различных форм, находившихся в толще воды в некропланктонном состоянии), вследствие произвольного опускания на грунт. ж. Упорядоченная ориентировка некоторых вогнуто-выпуклых тел (панцирей и частей покровов членистоногих), свободно опускавшихся на дно выпуклой стороной вниз. з. Сохранение поверхностных следов жизнедеятельности (отдыха и ползания). и. Отложения, содержащие остатки, преимущественно тонкозернистые и микрослоистые.

Захоронение в условиях слабого донного течения. Признаки. а. Слабая расчлененность скелетных остатков (разрозненные чашечка, стебель и руки морской лилии находятся рядом). б. Незначительное смещение частей тела и скелета относительно первоначального отпечатка рыбы. в. Кучевое расположение чешуек, отпавших от трупа рыбы во время его разложения, или "вихревое положение" мягких частей тела офиуры. г. Ориентированное по течению расположение отпечатков мягких выростов тела организмов (рук офиур, лучей морских звезд, головы и конечностей птиц, хвостового отдела рыб и т.д.). д. Ориентированное положение нерасчлененных скелетов стебельчатых морских лилий (чашечка всегда направлена по течению).

Захоронение в условиях относительно сильного донного течения. Признаки. а. Наличие упорядоченной ориентировки определенного типа: остатки конусовидной формы длинными осями расположены линейно, параллельно течению; остатки блюдцевидной формы (створки брахиопод и бивальвий иногда образуют раковинную мостовую, при этом иногда прослеживается также ориентировка макушек или других частей створок по отношению направления потока); возможна ориентировка мягких выростов, отмеченная выше. б. Сильная источенность сверлильщиками, наличие отсортированности, окатанности; развитие на поверхности

остатка граней и фасеток. в. Следы однонаправленного перекатывания остатков по дну. г. Наличие фашии твердого каменного дна.

Захоронение в условиях сильного волнения. Признаки. а. Наличие упорядоченной ориентировки определенного типа: остатки конусовидной формы длинными осями располагаются перпендикулярно вектору волны (параллельно берегу или знакам ряби), валикообразные и цилиндрические остатки нередко образуют волноприбойные валики, расположенные параллельно линии берега, блюдцевидные остатки (выпукловогнутые створки) часто образуют многослойные раковинные мостовые; макушки створок при этом, как правило, не имеют однонаправленной пространственной ориентировки; такие мостовые свидетельствуют обычно о моментах наиболее сильного волнения. б. Толстостенность и массивность скелетов и раковин донных организмов, развитие мощной скульптуры. в. Сильная источенность сверлильщиками (биоэрозия), отсортированность, окатанность, фрагментарность и т.д. г. Наличие галек, раковин или створок либо других отдельных фрагментов, обросших со всех сторон при их неоднократном и длительном разнонаправленном перекатывании по дну. д. Наличие вложенных (вбитых) друг в друга створок или раковин и скоплений створок, ориентированных перпендикулярно плоскости напластования. е. Нахождение остатков зарывающихся организмов на поверхности слоя, т.е. не в прижизненном положении, вследствие их вымывания из осадка. ж. Наличие линз и пластов ракушечников, состоящих из обломков створок, имеющих различную величину и ориентировку (типа устричного наката, пляжных ракушняков и др.). з. Наличие фашии каменного морского дна.

Характер захоронения остатков организмов в бассейнах на участках с различным гидродинамическим режимом

Захоронение в условиях относительно быстрого и непрерывного осадконакопления при спокойном режиме. Признаки. а. Полное отсутствие или чрезвычайная бедность в осадках представителей донных организмов на фоне многочисленных остатков планктона или нектона. В современных морях такие явления наблюдаются на участках с обильным приносом осадка, особенно вблизи устьев рек. Например, Р.Ф. Геккер отмечает, что в Аральском море "районы, где происходит усиленное выпадение осадка, почти также безжизненны, как те участки бассейна, в которых придонная вода заражена сероводородом" (1957 г., с. 126). Наличие значительного количества остатков нектонных и практически полное отсутствие бентосных форм в терригенных толщах верхнего карбона и нижней перми Предуралья могут свидетельствовать о большой скорости накопления осадков в море, располагавшемся в указанное время в сильно прогибавшейся депрессии, куда с Уральского хребта сносилась масса обломочного материала (Максимова и др., 1950 г.). Захоронение описанного типа будет формироваться также в условиях застойных вод, обогащенных H_2S во впадинах морей с нулевой или слабой придонной циркуляцией. В этом случае отложения будут характеризоваться четкой

слоистостью и тонкозернистостью осадка, а также, что особенно важно, полным отсутствием автохтонных бентосных форм. Наоборот, по всему разрезу будут распространены остатки нектонных, планктонных, псевдопланктонных морских организмов. К ним могут примешиваться редкие бентосные формы, находившиеся в толще воды в некропланктонном состоянии или принесенные в данную точку каким-либо способом из более мелководного участка бассейна (оползнями, суспензионными потоками). В танатоценозах такого типа нередки также остатки животных и растений, вынесенные с суши. Отложения, характеризующиеся перечисленными признаками, могут рассматриваться в качестве определенной фаши, которая по классификации В. Шафера (1963 г.) относится к "необитаемой биофаши с непрерывным осадконакоплением" (рис. 16).

б. Равномерное распределение в отложениях смешанных комплексов, состоящих из остатков бентосных, нектонных и планктонных организмов, сопровождающееся нормальной слоистостью и отсутствием поверхностей размыва — "обитаемые биофаши с непрерывным осадконакоплением" по классификации В. Шафера (1963 г.) (рис. 17).

в. Присутствие в слое группировок из нескольких раковин якорных брахиопод, сохранивших прижизненную ориентировку (макушкой вниз). Как правило, раковины внутри не заполнены осадком. Можно предположить, что данные группы организмов были внезапно засыпаны осадком, т.е. погребены заживо, по-видимому, в результате сползания осадка (подобные естественные группы в прижизненном положении могут захороняться также и в условиях прерывистого осадконакопления).

д. Широкое распространение поверхностных следов жизнедеятельности организмов, указывающее на непрерывное осадконакопление и сохранение осадочных поверхностей (осадок слоя, содержащего такие поверхностные структуры, не подвергался взмучиванию и переотложению).

е. Захоронение остатков в условиях относительно быстрого и непрерывного осадконакопления характеризуется также определенными литологическими: однородностью, тонкозернистостью и тонкосолистостью осадка, значительной его мощностью, отсутствием поверхностей размыва и др., и палеозкологических особенностями: в некоторых случаях сохранением в течение длительного времени одного или постепенной сменой сходных палеоценозов, слабым развитием явления биотурбации осадка и т.д. При таких условиях могут сформироваться определенные типы захоронений: рассеянный, пятнистый, иногда "раковинная мостовая" в один слой из тонкосторчатых раковин.

Захоронение в условиях относительно медленного и прерывистого осадконакопления в умеренно-активной и интенсивной среде. Характерные особенности в строении захоронения посмертных остатков на участках, где развиваются бентосные животные, будут отличаться от таковых в местах, лишенных донной жизни. Для захоронений первого типа характерна очень быстрая смена фашиальных, палеозкологических и тафономических особенностей. В отложениях можно различить несколько типов

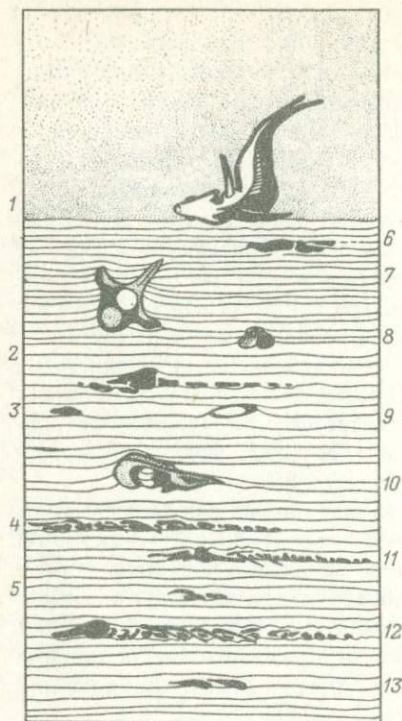


Рис. 16. Схема захоронения остатков организмов в условиях непрерывного осадконакопления на участках с застойными водами (W. Schäfer, 1963).

Тафоценозы из остатков нектонных и планктонных организмов: 1 — туша мертвой рыбы (брюшная полость заполнена газом и поэтому верхняя ее часть приподнята), 2 — нектонные десятиногие ракообразные, рассеянные по плоскости напластования, 3 — зубы морских млекопитающих, 4 — скелет хрящевой рыбы, 5 — чешуя костистой рыбы, 6 — копролиты, 7 — хвостовые позвонки морских млекопитающих, 8 — раковина гастроподы *Janthina*, ведущей псевдопланктонный образ жизни, 9 — раковина *Nautilus*, дрейфовавшая в воде в некропланктонном состоянии, 10 — череп птицы, 11 — скелет костистой рыбы, 12 — скелет морского млекопитающего, 13 — разрозненные таблички псевдопланктонных усоногих ракообразных — морских уток *Lepas*

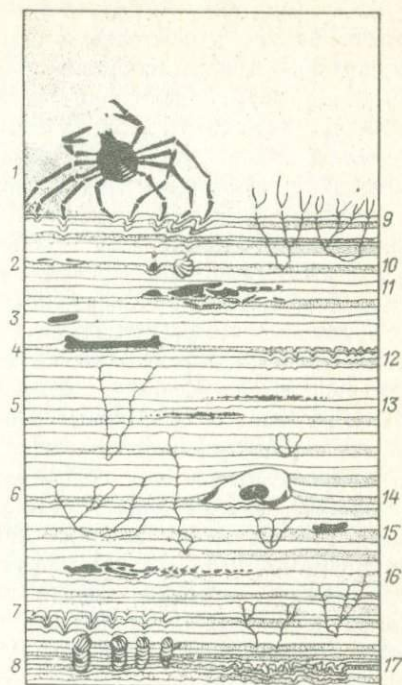


Рис. 17. Схема захоронения остатков организмов в условиях непрерывного осадконакопления в бассейне обычного типа (W. Schäfer, 1963).

Смешанный комплекс остатков бентонных, нектонных и планктонных организмов: 1 — морской паук, 2 — разрозненные таблички морских уток, 3 — раковина *Nautilus*, 4 — кость конечности морского млекопитающего (обычно отделяется от дрейфующей туши и падает на дно), 5—6 — трубки обитания полихет (изменение направления хода к вертикальному отмечает отложение нового слоя осадка), 7 — следы членистоногих, 8 — следы "бегства" двустворок, одновременно погибших в бескислородной среде, 9 — обитаемые трубки червей-полихет, 10 — прижизненное положение двустворчатых моллюсков, 11 — распавшийся панцирь ракообразного (брахиуры), 12 — следы морских пауков, 13 — остатки морских звезд, 14 — череп морского млекопитающего, 15 — копролиты, 16 — скелет костистой рыбы, 17 — пертурбированные следы отдыха донных животных

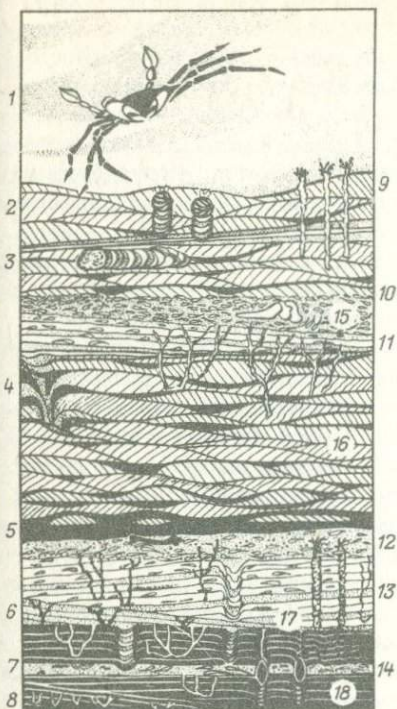


Рис. 18. Схема захоронения остатков организмов в случае прерывистого осадконакопления на участках бассейна, характеризующихся развитием бентосной фауны и умеренно-активной гидродинамикой среды (W. Schäfer, 1963)

Смешанный комплекс в основном бентосных и нектонных, реже планктонных форм: 1 — плавающие ракообразные, 2 — зарывающиеся двустворки, передвигающиеся к поверхности грунта вследствие поступления новых порций осадка, 3 — подвижная двустворка *Echinocardium*, оставляющая позади себя спрессованные текстуры, 4 — следы зарывания *Aphrodite*, 5 — кость конечности птицы, 6 — следы зарывания двустворок и ходы червей, 7 — отолиты, 8 — ходы червей, 9 — аглютированные трубки обитания полихет, 10 — череп морского млекопитающего, 11 — (см. 8), 12 — (см. 9), 13 — следы зарывания гастропод, 14 — двустворки над своими следами "бегства", 15 — ракушечный детрит, 16 — грубозернистый косослоистый песок с текстурой типа "ряби", 17 — песок, 18 — черный ил



Рис. 19. Схема захоронения остатков организмов в случае прерывистого осадконакопления на участках бассейна, характеризующихся отсутствием донных организмов и интенсивной гидродинамикой среды (W. Schäfer, 1963).

Аллохтонный комплекс остатков: 1 — остатки рыб, 2 — клешни ракообразных, 3 — кости птиц, 4 — фрагмент кости кита, 5 — череп дельфина, 6 — торфяная галька, 7 — позвонки морских млекопитающих, 8 — аллохтонные ракушечники из ракушечного материала, принесенного из соседних участков, 9 — грубозернистые пески, гравийники и гальчаники с изменчивой слоистостью

захоронений, иногда повторяющихся и часто не имеющих связи друг с другом. Скопления разнородны, представлены преимущественно концентрированными типами (линзовидным, пластовым, "раковинной мостовой", часто многослойной и состоящей из крупных створок); встречается также пятнистый и конкреционный типы. По генезису остатки как автохтонные, так и аллохтонные, нередко и переотложенные, концентрирующиеся местами в виде конденсированных горизонтов; распространена упорядоченная посмертная ориентировка. Прижизненная ориентировка редка и связана с автохтонным комплексом остатков, которые принадлежат эпифаунным формам, связанным лишь с фацией каменного дна и органогенных построек; иногда встречаются прижизненные группировки (гроздя устриц, участки банок якорных брахиопод). Скелетные остатки часто несут следы биоэрозии, окатывания, сортировки и пр. Остатки зарывающихся организмов очень часты, особенно широко распространены ходы и постройки-жилища. В отложениях наблюдается резкая смена или чередование осадков с различной текстурой, нередко поверхности размыва, в том числе "hard ground", как правило, изменяется тип слоистости и т.д. Обстановки, которым присущи в комплексе приведенные признаки, могут быть отнесены по классификации В. Шафера (1963 г.) к "обитаемой биофации с прерывистым осадконакоплением" (рис. 18).

Захоронение второго типа характеризуется рядом признаков: аллохтонным комплексом остатков, в том числе и бентосных организмов; линзовидным типом скоплений, участками "ракушечной мостовой"; широким развитием явления переотложения окаменелостей в составе обломков коренных пород, полным отсутствием автохтонных элементов (бентосных организмов и следов их жизнедеятельности); присутствием большого количества поверхностей размыва; изменчивой слоистостью и т.д. Все это свидетельствует о прерывистом осадконакоплении в условиях интенсивной переработки осадочного материала волнением и сильными течениями. Такая обстановка по классификации В. Шафера (1963 г.) относится к "необитаемой биофации с прерывистым осадконакоплением" (рис. 19). В обоих случаях наблюдается сильная корродированность и источенность (биоэрозия) скелетных образований, а также развитие на них различных организмов-обрастателей, что может свидетельствовать о продолжительном и свободном нахождении остатков на поверхности дна.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ФОССИЛИЗАЦИИ ОСТАТКОВ ОРГАНИЗМОВ

Под фоссиллизацией мы понимаем процесс изменения остатков организмов и превращения их в окаменелости. Процесс этот сложный, многоступенчатый и длительный, нередко он начинается еще в толще воды задолго до момента поступления остатка на дно бассейна и продолжается вплоть до полного уничтожения окаменелости в зоне гипергенного выветривания. Фоссиллизация остатков особенно активно протекает в осадке и породе, так как только в захороненном состоянии они подвергаются воздействию физико-химических факторов в течение продолжительного

времени. Последнее обстоятельство — фактор времени — является непрерывным условием для окончательного превращения остатка в окаменелость. Таким образом, окаменелостями, или фоссилиями можно назвать только такие остатки организмов, которые находились в земной коре длительное время. Остатки же, не прошедшие весь тафономический цикл, а залегающие еще в нелитифицированных четвертичных отложениях или на поверхности современных осадков и несущие в той или иной степени выраженные следы вторичных изменений, могут быть названы лишь субфоссильными (трупы четвертичных мамонтов в вечной мерзлоте Сибири и носорогов в озекерите Подолии, окремненные кокколлиты в голоценовых осадках Черного моря и т.д.).

Первые статьи "о псевдоморфозах" органических тел были опубликованы более 100 лет назад И.Р. Блюмом. Проблеме "петрификации" организмов посвящены работы Г. Трабуччо. В 1923 г. В. Декке выпускает первую фундаментальную монографию о процессах "фоссилизации" [45]. Вопросы переработки захороненных остатков организмов на стадии раннего диагенеза специально рассмотрены А. Мюллером [47]. Г. Лэдд [51] также затрагивает различные стороны фоссилизации организмов и приводит таблицу псевдоморфоз. Наконец, А. Мюллер [48] в учебнике по палеозоологии в специальной главе "Учение о фоссилизации" всесторонне рассматривает диагенетические преобразования, в том числе замещение в деформацию остатков организмов, изменение органического вещества и другие вопросы. В отечественной литературе вопросы фоссилизации затрагиваются в обширных статьях и разделах монографий [4, 10, 21, 24, 28, 37, 40, 42], либо в учебниках (Бетехтин, 1950 г.; Криштофович, 1957 г.).

На захороненные скелетные остатки продолжают оказывать воздействие в принципе те же факторы, что и до захоронения, но в связи с изменением физико-химической среды изменяется и процесс переработки органической и минеральной составляющей организмов. Один фактор — кислород замедляет и затем прекращает свое влияние, другой — углекислота, наоборот, увеличивает. Возникают и новые явления такие, как высокое давление и температура при погружении на значительные глубины. Так как остатки после захоронения становятся составной, нередко доминирующей частью осадка, они испытывают те же воздействия геохимических факторов при диагенезе, что и сам осадок и порода. С момента захоронения начинают действовать два параллельных процесса: литификация осадка — превращение его в породу, и фоссилизация — превращение остатков организмов в окаменелости.

Сохранение первичного органического и минерального вещества остатка организма в процессе фоссилизации — исключительно редкое явление. При диагенезе осадка различные минеральные вещества, содержащиеся в растворенном или коллоидном состоянии в иловой воде любого осадочного бассейна, заполняют все пустоты в скелете организмов либо замещают его первичное вещество. В обоих случаях происходит окаменение остатка, т.е. его фоссилизация. По первому пути идет процесс минерализации, по второму — процесс замещения или метасоматоз.

В случае пористого остатка могут иметь место оба процесса. Данные преобразования приводят захороненный остаток в равновесное состояние с окружающей средой, т.е. с осадком, а в дальнейшем с породой. Естественно, такое равновесие может сохраняться лишь в определенных условиях. Оно нарушается при изменении данных условий, и это происходит на всех стадиях фоссилизации. Минерализация и замещение часто начинаются сразу же после смерти животного и интенсивно продолжаются на всех последующих стадиях изменения остатка — на стадии формирования местонахождения в зоне седиментации и литификации осадка и на стадии его разрушения в зонах метаморфизма и поверхностного выветривания. В конечном итоге, остатки, минерализуясь или замещаясь вторичными веществами, так называемыми фоссилирующими минералами и их соединениями, становятся псевдоморфозами (фито- и зооморфозами).

На процесс фоссилизации остатков влияет множество факторов, из которых приведем лишь основные, наиболее благоприятные.

1. Большая скорость осадконакопления, при которой новые порции осадка затрудняют или полностью прекращают влияние внешней среды. Например, современные костные остатки, подвергшиеся в течение длительного времени действию морской воды, полностью лишаются органических соединений, а кости пермских пресмыкающихся, быстро погребенные в крупнозернистом песчанике в условиях дельты, содержат иногда хорошо сохранившееся органическое вещество.

2. Большая скорость литификации осадка (его затвердевание и превращение в породу) препятствует, в первую очередь, деформации объемно-го остатка, возникающей при уплотнении осадка.

3. Высокая концентрация минеральных солей в осадке, ускоряющая фоссилизацию; она обеспечивает быстрое прохождение процессов минерализации и замещения; наоборот, нехватка минеральных солей задерживает фоссилизацию остатков, что может привести к их последующему разрушению.

4. Тонкозернистость осадка, обуславливающая, как правило, лучшую сохранность остатка.

5. Наличие минерального скелета, благоприятствующего сохранению и изменению (палеизации) первичного состава органических соединений, содержащихся внутри скелетных образований, по сравнению с органическим веществом мягкого тела, вследствие их труднодоступности для разрушающих агентов, в первую очередь, микроорганизмов.

6. Отсутствие активного проявления процессов метаморфизма — в метаморфизованных осадочных толщах остатки всегда сильно изменены, а находки их очень редки по сравнению с нормальными породами.

7. Длительное нахождение остатков в земной коре в течение миллионов лет на таких глубинах, на которых отсутствует сильное влияние процессов метаморфизма и не сказывается воздействие экзогенных факторов.

Ход фоссилизации часто определяется первичной биологической структурой скелета. Механизм процесса фоссилизации начинает изучаться

лишь в последние годы. Благодаря применению электронной микроскопии, удается изучить тонкие изменения в структуре скелетной ткани, возникающие под воздействием смоделированных физических и химических процессов [10]. Выявленные в ходе эксперимента закономерности помогли понять в ряде случаев механизм растворения и замещения скелетов и наметить некоторые общие тенденции, которые могут быть прослежены в природных условиях. Биологическая структура скелетного образования обладает определенной степенью устойчивости к тем или иным факторам среды. При слабом воздействии факторов равновесие, существующее в скелетном остатке, не нарушается или нарушается в незначительной степени. В случае же сильного воздействия может произойти разрушение остатка. Роль стабилизатора выполняет органическая основа скелета или его матрица. От сохранности и характера ее изменения может зависеть ход фоссилизации того или иного остатка.

В скелетном остатке каждый кристаллит — отдельный минеральный элемент — окружен пленкой органической матрицы, или органической фазы скелета. Таким образом, отдельные кристаллиты не срастаются между собой, а как бы цементируются друг с другом органическим веществом. Как было установлено С.Н. Голубевым [10] экспериментально, при фоссилизации этой органической матрицы (на примере кокколитов) одновременно имеют место два процесса: 1) органическая пленка в той или иной степени разрушается и кристаллиты, непосредственно соприкасаясь, срастаются между собой и 2) матрица частично обугливается (происходит ее дубление). Оба процесса повышают устойчивость кокколитов к растворению. Обугливание матрицы происходит в слабощелочной среде, по-видимому, за счет гидролиза кальцита. На опыте обнаружен эффект дубящего действия щелочных растворов на матрицу: органический компонент скелета кокколитов на материале культуры при обработке горячими щелочами приобретал фоссильный облик и полную устойчивость к кислотам. С.Н. Голубев считает, что срастание кристаллитов в сочетании с частичным разрушением матрицы является одной из наиболее общих закономерностей фоссилизации любого скелетного остатка. У кокколитов этот процесс перестройки и повышения устойчивости протекает длительно в период их нахождения в толще воды в течение нескольких сотен или даже тысяч лет. Возможно с эффектом повышения устойчивости к растворению, рассмотренным выше, и связи факт лучшего сохранения в ископаемом состоянии толстостенных и массивных раковин моллюсков, нежели тонкостенных. Как полагает С.Н. Голубев, благодаря большей толщине, раковина имеет больший запас времени для прохождения в соответствующих условиях вторичных изменений, увеличивающих устойчивость к растворению.

Рассмотрим основные процессы переработки захороненных остатков организмов при фоссилизации.

Органическое вещество (ОВ) в осадке, подвергаясь воздействию биохимических, химических и физических факторов, сильно изменяется. Степень его изменений, как правило, прямо пропорциональна степени диагенетического изменения породы. Характер и форма преобразования первичного ОВ зависят не только от процессов, протекающих во время фоссилизации, но также и от условий его накопления в той или иной природной обстановке. ОВ по мере изменения и превращения теряет кислород, азот и другие летучие и неустойчивые элементы и, благодаря этому, в конечном итоге обогащается углеродом ($C_{орг}$). Наиболее сложные превращения претерпевает ОВ растительного происхождения. Среди большого разнообразия сложных процессов распада мертвого ОВ растительного, а иногда и животного происхождения основными являются такие процессы, как гниение, гумификация, оторфенение, битуминизация, обугливание, в меньшей степени развит процесс мумификации.

Гниение и гниение — аэробное брожение при биохимическом воздействии бактерий и грибов, химическом окислении при полном доступе кислорода и фотохимическом разложении в освещенной зоне; имеет место во влажной среде на суше или в любом водном бассейне с окислительной средой осадка. В результате ОВ окисляется и происходит практически его полный распад с выделением газов (CO_2 в том числе) и минеральных солей, которые обычно выносятся водой. Степень распада ОВ в результате гниения зависит, в первую очередь, от интенсивности и времени воздействия перечисленных факторов. Процесс разложения может идти до полного распада ОВ или же закончиться на одной из промежуточных стадий при изменении условий фоссилизации (например, замедлении или прекращении доступа кислорода вследствие быстрого осадконакопления), в результате чего часть ОВ может сохраниться и в дальнейшем испытать преобразования на последующих стадиях диагенеза.

Характер распада ОВ в иловых осадках в одном из озер показан на табл. 3.

Из данных таблицы видно, что наиболее интенсивный распад гемицеллюлозы, клетчатки и веществ, переходящих в спиртобензольную вытяжку, происходит в самом поверхностном слое ила. Начиная с глубины 1 м состав ОВ остается практически стабильным, так как на этих глубинах численность бактерий, способных разрушать органику ила, резко уменьшается или даже сходит на нет.

Именно процесс гниения воздействует на те организмы, которые живут в осадке, но лишены твердых скелетных образований (черви, многие простейшие и др.). Даже более стойкие, плотные органические части животных такие, как волосы, роговое и хитиновое вещество со временем разлагается. Твердые же скелетные образования вследствие гниения лишаются органических примесей; например, в костях разрушаются содержащиеся в них жир и клей. Если такие кости, ставшие пористыми

Распад ОВ в осадках Черного озера близ деревни Косино
Московской области по С.И. Кузнецову и др., [22]

Глубина от поверхно- сти ила, м	Зольность, % от сухой навески	Компоненты, % от ОВ			
		Спиртобен- зольная вытяж- ка	Гемиллюло- за	Клетчат- ка	Гумусовый комплекс
0-0,15	49,3	7,4	14,5	7,7	62,0
1,0	49,1	5,8	8,9	5,6	62,0
2,0	47,3	5,4	7,5	4,4	66,8
3,0	48,6	4,6	7,0	4,4	68,7
5,0	46,6	4,9	6,3	6,6	70,6

вследствие потери ОВ, не будут вскоре пропитаны минеральными солями, то они могут совершенно разрушиться при дальнейшем процессе фоссилизации. От растительных организмов в исключительно благоприятных условиях могут сохраниться лишь наиболее устойчивые органические соединения, например, смолы, воски и др. (см. табл. 1).

Гумификация, или образование гумуса — затрудненное аэробное и активное анаэробное брожение при слабом химическом окислении в связи с замедленным доступом кислорода; имеет место во влажной среде на суше в условиях слабого выноса продуктов распада. При разложении ОВ в условиях неполного окисления, наряду с выделением воды и газов, остающиеся на месте органические соединения вступают во взаимодействие с минеральными солями почвы и дают соли ульминовой, гуминовой и др. кислот. ОВ, претерпевая резкое изменение, частью переходит в жидкие и газообразные продукты, а частью — в гумус, или перегной почвы. Гумус, таким образом, формируется в основном из ОВ растительного происхождения, но часть ОВ, правда незначительную, дают и животные организмы, живущие в почве (например, простейшие, членистоногие, черви).

В результате гумификации полностью уничтожается клеточное строение растительных тканей. Однако при массовом накоплении растений и их замедленном разложении образуется аморфная цементирующая масса (кларит), в которой могут оказаться растительные остатки с сохранившимися следами анатомического строения. Особенно устойчивыми оказываются кутикула и экзина спор.

Оторфенение — на самой ранней стадии аэробное, в присутствии кислорода, на последующих стадиях — преимущественно анаэробное брожение в слабо кислородной или бескислородной среде; происходит в стоячей воде застойных бассейнов (преимущественно в болотах, мелководных озерах, лиманах и лагунах) в отсутствие активной циркуляции воды. В процессе участвует преимущественно ОВ высших растений. Кислорода в осадке не хватает для полного окисления ОВ и превращения его в газообразные продукты. Окисляются лишь менее устойчивые, легко разла-

гающиеся соединения. Большую роль в переработке ОВ играют микроорганизмы (бактерии и грибы). Как указывает С.И. Кузнецов и др. [22] в поверхностном слое торфяника в сфагновых болотах число бактерий может достигать 700 млн., а спор грибов — 3 млн. в 1 г сырого торфа. С глубиной содержание микроорганизмов снижается: бактерий — до 25 млн. в интервале глубины 0,25–6 м; живые споры грибов не прослеживаются уже на глубине ниже 0,6 м. Значительную роль в образовании торфа играют плесневые грибы (их гифы внедряются в клетки и разрушают ткани сфагнума). Бактерии же производят дальнейшее разрушение отмерших тканей растений. Образующиеся газы — метан (CH_4) и другие свободно удаляются из осадка. Общее содержание углеводов резко падает и, наоборот, происходит относительное обогащение $\text{C}_{\text{орг}}$. Благодаря хорошей аэрации, обилию ОВ, высокой температуре верхних слоев торфяника, обуславливающих интенсивность биохимического изменения растений, процесс превращения растительного материала в торф протекает быстро и завершается на верхних болотах в течение нескольких вегетационных периодов. В эту первую фазу торфообразования происходит относительное его обогащение более устойчивыми органическими соединениями такими, как лигнин, кутин, целлюлоза, суберин, смолы и спорополленин. Во вторую фазу происходит медленное и длительное превращение этих устойчивых соединений в еще более стойкие продукты.

Несмотря на то, что растительный материал подвергается активному биохимическому разрушению, в торфе могут сохраниться растительные остатки с первичными структурными особенностями: листья, стебли, ветки, древесина стволов, споры, пыльца и др. Часто целлюлоза сохраняет клеточное строение тканей.

Бугиминизация — анаэробное брожение ОВ при биохимическом воздействии сероводородных бактерий, обязательно в бескислородной, восстановительной среде; происходит в застойных водах как во внутренних, континентальных пресных или соленых бассейнах, так и на прибрежных мелководных участках лагун, лиманов и пр., редко в застойных участках на значительной глубине морского бассейна, при большой скорости накопления и значительной мощности осадка, в условиях постоянного погружения. ОВ может быть как растительного, так и животного происхождения, либо смешанным. Протекающие процессы окисления идут только за счет кислорода, содержащегося в самом захороненном ОВ. Высвобождающиеся в результате анаэробного брожения газы (CH_4 и H_2S) не удаляются из толщи осадка в связи с их плохой проницаемостью, а лишь перемещаются внутри него. Газы и полужидкая однородная коллоидная масса керогена, богатая бугиминозными веществами, представляя собой органическую часть осадка. Неорганическую его часть составляют пелитовые, терригенные или карбонатные минеральные частицы, выпавшие из водной взвеси. Среди них многочисленны и скелетные остатки микроорганизмов. В результате формируется конечный продукт — сапрпель (мягкий гнилостный ил, который при дальнейшей литификации преобразуется в породу типа сапропелита и его разновидностей). В нем иногда сохраняется часть форменных элементов органических

остатков (клеточные оболочки, кутикула, оболочки спор и пр.). Даже при самом разрушительном ходе процесса распада некоторые особенно стойкие растительные вещества такие, как воски, камедь, смолы, кутин, суберин, сохраняются (например, скопления смоляных палочек в рабдописитовых углях Суйфунского бассейна).

Если в осадок рассмотренного типа попадает мертвое тело организма, то вокруг него, в результате разложения ОВ, нередко возникает зона повышенного содержания органики, которая пропитывает (битуминизирует) окружающий осадок. Так называемые "масляные", или "битумные" пятна в породе могут дать иногда представление о форме и размерах организма или его части. Нередко по контурам тела выпадает пирит. Возникновение зоны повышенного содержания органики вокруг разлагающегося тела способствует часто образованию конкреций или выпадению того или иного минерала, несвойственного окружающему осадку. Исключительным случаем прямой и очень быстрой битуминизации является захоронение позвоночных организмов в разнообразных нефтяных продуктах таких, как асфальты, озокерит и др. В веществе таких "ловушек" в субфоссильном состоянии сохраняются не только кости, но отдельные мягкие части тела животного, особенно кожа и сухожилия, а также рога, копыта, перья и шерсть. Как отмечает Г.А. Бачинский [5], битумы пропитывают ткани тела и сохраняют их от разложения. В результате чего, например, кости не изменяются: содержание в них коллагена такое же, как и в свежих костях. Костная ткань при этом окрашивается в бурый или черный цвет.

Обугливание — сложный восстановительный химический процесс обогачивания ОВ углеродом за счет потери водорода и других компонентов, протекающий в породе, особенно активно на стадии метаморфизма при большом давлении со стороны вышележащих осадочных толщ и высокой температуре, вследствие погружения на значительные глубины. Это можно проиллюстрировать следующими средними цифрами (%) (по А.Н. Криштофовичу, 1957 г.):

ОВ	Углерод	Водород	Кислород	Азот
Древесина	50,0	6,0	43,0	1,0
Торф	59,0	6,0	33,0	2,0
Бурый уголь	69,0	5,5	25,0	0,8
Каменный уголь	82,0	5,0	13,0	0,8
Антрацит	95,0	2,5	2,5	Следы

Благодаря процессу обугливания, происходит метаморфизация растительного вещества по линии торф — лигнит — бурый уголь, каменный уголь — антрацит — графит (наиболее устойчивая кристаллическая разновидность чистого углерода). Обугленные растительные остатки встречаются в отложениях практически всего фанерозоя. Наиболее обычными являются так называемые фитолеймы — растительный остаток, превращенный в результате обугливания в углистую корочку, или пленку, сохраняющую форму и следы первичной морфоструктуры остатка. В виде фитолейм в ископаемом состоянии обнаружены кутикулы, споры, пыльца, вайи, листья, древесина.

Фитолеймы по кутикуле. У некоторых растений эпидермис, или кожа состоит из клеток, внешняя стенка которых сложена очень плотным веществом — кутином. Такие внешние стенки срастаются друг с другом очень сильно и поэтому слой кутина, или кутикула, легко может быть отделен от кожицы как самостоятельное образование. Кутикула нередко хорошо сохраняется в ископаемом состоянии, но обычно обугливается. Примеры (по Криштофовичу, 1957 г.): а) кутикулы побегов каменноугольных плауновидных растений *Bothrodendron*. Подмосковного местонахождения; б) крупные углистые пленки, снимающиеся с отпечатков листьев саговников из британской юры, хвойных и саговников из верхнеюрских рыбных сланцев хр. Каратау в Казахстане; в) легко отделимые и почти прозрачные пленки — кутикулы листьев *Ginkgo* из цагайских слоев Буреи; г) кутикулярные чехлы псилофитовых *Orestovia* из девонских отложений Кузнецкого бассейна; д) изумительную сохранность имеют кутикулы целых листьев гинкговых (*Czekanowskia*) и хвойных (*Podozamites*) или их крупных частей (вайи папоротников) из верхнетриасовых отложений Богословского угольного месторождения на Урале. Часто встречаются также фитолеймы по древесине. Так, некоторые древесины из миоценовых глин района г. Тары на р. Иртыше имеют вид лишь слегка потемневших стволов лесного валежника; она с трудом отличается от современной древесины "японский мокутан" из района г. Сендая, идущей на мелкие поделки.

Обугливание ОВ животного происхождения менее распространенное явление, нежели растительных остатков. Обугливается, в основном, хитин покровов насекомых, ракообразных, граптолитов. А.В. Хабаков сообщает о находках в ископаемом состоянии остатков центральной капсулы радиолярий, где псевдохитин превращен в углистый пигмент, иногда сохраняющийся в виде следов в фосфоритах и яшмах.

Мумификация (от лат. *mumification* — создание мумии) — процесс высыхания мягких тканей, в результате которого имеют место химические изменения ОВ (углеводы и жиры переходят в углеводороды), но не происходит минерализации тканей. Большинство природно мумифицированных остатков позвоночных найдено в сухих пещерах. Менее редки находки в других специфических условиях: а) среднеплейстоценовый ленивец в гуано летучих мышей внутри кратера потухшего вулкана в Нью-Мехико [51]; б) так называемый "купер-мен", найденный в горной шахте Чукуикамата в Чили, тело которого высохло в условиях отсутствия бактерий и сохранило первичную структуру ткани кожи без следов минерализации. Некоторые мумии животных сохраняются в течение более полумиллиона лет, став, таким образом, своеобразными "ископаемыми". Некоторые исследователи их так и называют¹. Строго говоря, мумифицированные остатки вымерших позвоночных следует рас-

¹ Эта точка зрения также отражена в "Палеонтологическом словаре" (1965 г., с. 195), где сказано, что "мумификацией называется превращение организмов или их частей в ископаемое состояние без процесса окаменения".

смагивать только лишь как субфосилии, как потенциальные ископаемые, так как они не прошли самого "процесса окаменения", т.е. фоссиллизации в земной коре. Скорее всего, в процессе фоссиллизации ОВ таких мумий будет уничтожено и тогда останутся обычные скелетные остатки либо оно испытает превращения (например, будет минерализовано) и тогда мягкое тело организма перестанет быть мумией и превратится в обычную псевдоморфозу.

Правда, имеется сообщение Ч.М. Колесникова [21] о находке мумифицированной мантии у двустворчатых моллюсков *Sainshandia* из нижнемеловых пресноводных отложений пустыни Гоби. Остатки мантии с сохранившимся клеточным строением были обнаружены в раковинах моллюсков с плотно сомкнутыми створками. Ископаемые остатки мантии имеют вид тонкой (около 500 мк) желтой просвечивающей пленки протеиновой природы (с положительной биуретовой реакцией). На препаратах поперечных срезов мантии различается однослойный наружный эпителий толщиной 6–8 мк более темного цвета. Пленка занимала прижизненное положение и располагалась между первичным перламутровым слоем раковины и вторичным тонкокристаллическим кальцитом, заполнившим внутреннюю плоскость раковины после разложения мягкого тела и "захоронившего" часть мантии, законсервировав ее тщательнейшим образом. При большом увеличении на отдельных участках мантии были замечены несколько утолщенные места, которые интерпретируются как прижизненно залеченные травмы. В этих утолщениях были найдены кварцевые зерна диаметром 100–300 мк (травмирующие тела) и скопления ископаемых амебоцитов в виде удлинненно-эллиптических клеток размером 5x12 мк, которые обволакивали склеропротеинами инородные тела, чтобы нейтрализовать их неблагоприятное воздействие на мантию.

КОНСЕРВАЦИЯ ПРИЖИЗНЕННОГО РИСУНКА

В настоящее время известно значительное число случаев сохранения в ископаемом состоянии первичной прижизненной окраски у представителей различных групп беспозвоночных организмов (фораминифер, членистоногих, моллюсков, брахиопод и иглокожих). Р.Д. Хоаром (1978 г.) составлена аннотированная библиография по сохранности окраски, насчитывающая 329 опубликованных работ. В литературе приводятся примеры сплошной, пятнистой, полосчатой и рисунчатой пигментации. Если доказательства прижизненности сплошной и пятнистой окраски являются спорными вследствие невозможности в большинстве случаев отличить ее от вторичной окраски, появляющейся в процессе фоссиллизации, то первичность узорчатого рисунка в виде прямых, зигзаго- или шевронообразных полосок, как правило, не вызывает сомнений. Приведем некоторые примеры обнаружения природного рисунка у ископаемых организмов.

Известно около 50 ископаемых видов головоногих моллюсков с сохранившимися следами прижизненной окраски раковин. Большинство экземпляров принадлежит к формам с прямой раковиной и происходит

из силура и ордовика Европы (Чехословакия, Прибалтика). Рисунок на раковинах бывает различным либо в виде зигзагообразных, либо волнистых зазубренных поперечных или прямых продольных полос. Иногда полосы имеют темнокоричневый цвет. Реже следы цветного орнамента встречаются на раковинах плоскоспиральных головоногих. Рисунок из поперечных изогнутых полос, напоминающих полосы на раковинах современного наутилуса, установлен у миоценовых *Aturia*, мезозойских *Eutephoceras* и др. На раковинах юрских и меловых амmonoидей обнаружены цветные полосы поперечного и продольного направления. Полосы бывают либо коричневыми, выделяющимися на светлом фоне поверхности раковины, либо белыми на коричневом фоне. Продольные полосы расположены на боковой стороне раковин, их насчитывается от одной до нескольких.

Двустворчатые моллюски: установлено 150 раковин четырех родов устриц из сеномана и турона Ферганы, Алайского и Заалайского хр. с пигментацией в виде коричневых полос и пятен; несколько раковин каридид из сарматских отложений Украины с концентрическими полосами, параллельными линиям нарастания; раковина *Tellina* из маастрихта Северной Дакоты с рисунком в виде чередующихся концентрических полос различной ширины и различной тональности коричневого цвета и т.д.

У брахиопод окраска выражается в основном в виде сплошных или прерывистых радиальных либо концентрических полос, реже рядов цветных пятен. Цвет полос и пятен в различных случаях бывает черным, красным, каштановым, коричневым, серым или бледно-голубым. Иногда окраска может быть сплошной, как у современных лингул. Самый факт прижизненной пигментации раковин не вызывает сомнений. Об этом говорят прекрасная сохранность пигмента, правильная и симметричная ориентация окрашенных полос и пятен и приуроченность окраски в основном к раковинам определенной группы брахиопод — теребратулидам. Из 35 палеозойских видов брахиопод с окрашенной раковиной 16 принадлежит к девонским и 15 из них являются теребратулидами. На территории СССР раковины брахиопод с рисунком в виде радиальных полос, описаны Н.В. Калашниковым (1967 г.) из каменноугольных отложений бассейна р. Печоры. Этим автором наблюдалась также сплошная окраска, в основном, соломенно-желтого, реже черного цвета раковин беззамковых брахиопод.

Известны единичные случаи находок трилобитов с прижизненным рисунком: на пигидиуме мелких трилобитов из кембрия штата Алабама (США) обнаружены поперечные полоски от светло- до темно-серого цвета, а пигидиум трилобита из нижнего карбона США имеет два ряда темно-коричневых полукруглых пятен вдоль оси и два ряда коротких поперечных линий того же цвета.

В связи со сложностью вопроса в настоящее время еще нет каких-либо работ, специально освещающих условия сохранения прижизненной окраски. Наиболее благоприятной для сохранения пигментации является восстановительная среда, так как ОВ в этих условиях испытывает наименьшую степень разрушения. Например, внешний слой раковины мол-

люсков — периостракум, имеющий часто цветной рисунок, в этих условиях может сохраняться в осадке длительное время. Как считает Н.В. Калашников (1967 г.), хорошая сохранность сплошной природной окраски у беззамковых брахиопод обусловлена их хитиново-известковым или известково-фосфатным составом. Так как у замковых брахиопод периостракум сохраняется хуже, то сплошная окраска у них встречается в очень редких случаях. Н.Н. Яковлев (1934 г.) предполагал, что некоторые следы окраски на поверхности раковины возникают вследствие неодинакового выветривания различно окрашенных частей, в результате чего остается рисунок окраски без сохранения ее самой.

ХИМИЧЕСКОЕ РАСТВОРЕНИЕ СКЕЛЕТНЫХ ОСТАТКОВ

Растворение первичного минерального вещества скелета — это решетка, через которую удается пройти далеко немногим остаткам организмов. В осадке во время его диагенеза имеет место частичное или полное растворение скелетного материала. Интенсивность процесса растворения остатков в осадке зависит от целого ряда факторов: содержания CO_2 , степени щелочности или кислотности иловых вод, окислительно-восстановительного потенциала, химического состава раствора, температуры и давления, величины остатка, его химического и минералогического составов, общего количества скелетной массы, степени выветрелости остатков и т.д. Остановимся на некоторых случаях растворения остатков, которые установлены на ископаемом материале.

Степень и скорость растворения известковых скелетов зависит, в первую очередь, от количества CO_2 в осадке. Особенно активным бывает тот CO_2 , который образуется в самой осадке в результате разложения захороненного ОВ. В осадке, содержащем незначительное количество ОВ, процесс растворения будет замедленным. Например, в осадках, которые накапливаются в подвижной водной среде теплых бассейнов (на открытых пляжах и мелководьях, в зоне рифов и т.д.) CO_2 явно нехватает, чтобы растворить огромную массу карбонатов в ракушечниках или биогенных сооружениях. Как указывает Н.М. Страхов (1962 г.), с возрастанием массы раковинного материала улучшаются и условия его сохранения. Но в застойных условиях бассейна накопление органики идет усиленно и осадки бывают насыщены ею в высшей степени. ОВ всегда много в тонких глинистых алевритистых и карбонатных осадках, накапливающихся обычно в нижнесублиторальной и эпibatальной зонах, не говоря уже о тихих заливах, лагунах и лиманах. Этим обстоятельством, по-видимому, объясняется тот факт, что в темных бескарбонатных глинах или сланцах остатки с известковым скелетом очень редки и, как правило, представлены отпечатками раковин (таврическая серия нижней юры Крыма, аспидные сланцы средней юры Кавказа, глины лейаса о. Борнхольма и т.д.).

Насколько CO_2 активен в отношении известковых раковин, захороненных в осадке, показывают следующие примеры. По данным Н.М. Милославской (1955 г.), при значительном накоплении в осадке CO_2 про-

исходит прижизненное растворение раковин зарывающихся двусторчатых моллюсков *Macoma baltica*. Как отмечает Б.П. Жижченко (1968 г.), в Черном море при изучении колонок современных осадков, взятых в зоне развития мидиевого ила, было установлено, что толщина известкового слоя их раковин в верхней части колонок сопоставима с его толщиной у живущих форм; в средней части этот слой имел уже заметные следы растворения; примерно в одном метре от поверхности дна от раковин остается только верхний нерастворимый органический слой, периостракум.

В Ферганском палеогеновом бассейне установлен интересный случай полного растворения раковин гастропод *Turritella* в процессе фоссилизации. Здесь, в нижнеалайских алевролитах остатки этого рода сохранились лишь в виде отпечатков в макушечных областях раковин устриц *Turkostrea*. Устрицы прикреплялись к раковинам туррителл, живым или мертвым, лежавшим на дне, затем вместе с ними попадали в осадок и испытывали влияние растворяющего фактора, скорее всего CO_2 . При этом растворились только раковины гастропод, а раковины устриц сохранились. Можно заключить, что растворение раковин туррителл произошло в осадке и, что они состояли из менее устойчивого минерала — арагонита, в отличие от кальцитовых раковин устриц [9]. Этот пример еще раз свидетельствует о выборочности захоронения на стадии фоссилизации. Обнаружение в глинистых верхнеюрских сланцах Золенгофенского местонахождения одного экземпляра аммонита, у которого от раковины остался только отпечаток, вследствие ее растворения в осадке, в то время как аптих сохранился полностью, является классической иллюстрацией этого же процесса. Можно предположить, что раковина аммонита была арагонитовой, аптих же — кальцитовым.

Нет сомнения, что установление и тщательное изучение каждого случая растворения скелетных остатков организмов в осадке помогают в той или иной степени восстановить некоторые особенности геохимической обстановки на стадии литификации осадка.

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ СКЕЛЕТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Процессу минерализации подвержены, в первую очередь, скелетные остатки, имеющие в своей первичной структуре различные пустоты, поры или каналы, например, скелеты губок, кости позвоночных. Пористость скелета является или первичной (губки), или вторичной, возникающей вследствие разложения менее устойчивых ОБ во время захоронения или фоссилизации (кости). Очень мелкие полости могут возникнуть и в самом минеральном веществе скелета в результате распада органической матрицы. Минеральные вещества, содержащиеся в растворе грунтовых или иловых вод, вместе с последним проникают в пустоты и постепенно их заполняют, пропитывают. Процессом минерализации, в первую очередь, обусловлено окаменение костей позвоночных животных, утрачивающих вследствие этого пористое строение и приобретающих характер плотного и тяжелого образования, благодаря чему они и могут находиться в ископаемом состоянии длительное время. При этом часто сохраняются исклю-

чительно тонкие элементы костной структуры, которые в дальнейшем, в процессе фоссилизации могут также заместиться минеральными соединениями. Известны случаи полной пропитки пиритом скелетов мезозавров в битуминозных сланцах лейаса Бразилии. Минерализующее вещество чаще всего отличается по цвету от скелетного вещества, подчеркивая этим те или иные структурные элементы. Например, пирит, проникший во все поры в раковинах брахиопод *Waldheimia numismalis* из лейаса ФРГ, подчеркнул их точечное расположение [45].

ЗАМЕЩЕНИЕ ПЕРВИЧНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА

Органическое вещество растений и животных и скелетные их остатки, захороненные в осадок, в условиях повышенного содержания минеральных соединений в иловых водах или циркулирующих минеральных растворов в породе могут заместиться теми или иными так называемыми фоссилирующими веществами. В результате этого метасоматического процесса в земной коре повсеместно образуется несметное число псевдоморфоз или точнее биоморфоз (фито- или зооморфоз) по различным остаткам организмов.

Многообразии вариантов замещения поистине удивительно. Х. Лэддом [51] и Н.П. Малаховой [24] составлены специальные таблицы, демонстрирующие различные случаи метасоматоза (табл. 4 и 5). Из таблиц видно, что остатки организмов замещаются почти всеми известными порообразующими минералами. Наиболее распространено замещение карбонатами, прежде всего, кальцитом и доломитом, всевозможными окислами металлов и кремнекислотой, сульфидами, сульфатами, силикатами, фосфатами и др. Все эти минеральные соли в тех или иных количествах содержатся в осадке (породе). Например, кремнекислота и значительная часть карбонатов образовались в процессе осаждения из воды, фосфаты — в процессе окисления, а сульфиды — в процессе восстановления. В метаморфических породах, где метасоматоз протекал более активно, наблюдается замещение твердых остатков не только простыми, но и сложными минералами (например, амфиболом, хлоритом, тальком) и агрегатами минералов. Большое число замещенных микропалеонтологических остатков описано Н.П. Малаховой [24] из метаморфических толщ Урала. В нередких случаях в результате массового замещения остатков металлосодержащими соединениями происходит их полное орудование, т.е. превращение в рудное полезное ископаемое (местонахождение в этом случае становится месторождением).

Можно отметить некоторые особенности метасоматоза органических и минеральных соединений остатков организмов.

Биоморфозы по ОВ. Замещение ОВ остатков может происходить на любой стадии фоссилизации. Элементы внутреннего строения органического остатка сохраняются лишь в том случае, если их замещение произойдет достаточно быстро, до распада органики или до момента ее глубокого изменения. Если ОВ животных замещается всегда, будучи

Минеральные псевдоморфозы по остаткам ископаемых организмов
 H.S. Ladd [51], с изменениями

Фоссилизирующий минерал	Органические остатки	Тип породы и возраст	Местонахождение
Борнит	Растения	Песчаники и сланцы, С	Нью-Мексико, США
Халькантит	То же	Красноцветы, Р (?)	Оклахома, США
Халькопирит	Рыбы	Черные сланцы, Р	Тюрингия, Мансфельд
Киноварь	Растения	Не указаны	Бавария, ФРГ
Ковеллин	То же	Песчаники и сланцы, С	Нью-Мексико, США
Азурит	"	Красноцветы, Р	Оклахома, США
Доломит	"	Валун, N	Калифорния, США
Малахит	"	Не указаны	Нью-Мексико, США
Оникс	Арахиды	N (?)	Аризона, США
Сидерит	Растения	Бурые угли, Р - N	Богемия
Агат	Стволы деревьев	Песчаники, не указан	Аризона, США
Халцедон	Рыбы	Сланцы, К	Южная Дакота, США
Яшма	Растения	Песчаники	Аризона, США
Мелаконит	То же	Песчаники и сланцы, С	Нью-Мексико, США
Уранинит	Кости динозавра	Не указан, J	Нью-Мексико, США
Карбонат-флюорит-апатит	Кости слона	Крупнозернистый песчаник, N ₂	Калифорния, США
Вивинит	Кости рыб	Известняки, D	Нью-Йорк, США
Анальцим	Насекомые	Известковые конкреции в сланцах, N ₁	Калифорния, США
Тальк	Листья растений	Аспидные сланцы, J	Франция

уже в мертвом состоянии, то растения в исключительных случаях могут хотя бы частично заместиться минералами при жизни, так сказать, на корню. Например, в Йеллоустонском парке в Северной Америке, в районе Горячих ключей, быстро окаменевают даже стволы современного леса, не испытывая предварительно никакого изменения.

Фитоморфозы. Замещение минералами обычно испытывают более массивные и крупные растительные объекты (древесина, крепкие плоды и семена, плотные толстые листья), но нередки случаи окаменения и тонких нежных остатков, таких как листья, спорангии, тонкие стебли и черешки с сохранившимися тончайшими деталями их клеточного строения. Подобные части растений в минерализованном состоянии особенно часто встречаются внутри так называемых угольных почек или колболов ("coal - balls") - преимущественно известковых стяжений, или конкреций в толще угля (Кузбасс, Донбасс; Ланкашир в Англии, местами во Франции, близ г. Бэрривилл в США и пр.). В колболох углей Карагандинского бассейна, например, найдены прекрасно сохранившиеся стволы *Medullosa* и *Lyginodendron*. Довольно часто встречаются ископаемые или окаменелые леса, представляющие собой отпрепарированные выветриванием пни деревьев, захороненные в прижизненном положении, ОВ которых заместилось тем или иным минералом (по А.Н. Криштофовичу, 1957 г.): а) стоячие пни лепидофитов со стигмариями: Шотландия, близ

Минеральные псевдоморфозы по остаткам ископаемых организмов, обнаруженные на территории СССР. По Н.П. Малаховой [24], с изменениями

Минерал	Органические остатки	Вмещающая порода и возраст	Местонахождение
Пирит	Кораллы, двусторчатые моллюски	Колчеданная руда, зеленокаменная толща, улутауская свита, D ₂	Южный Урал, Сибай
Магнетит	Растительные остатки	Хромоникелевая руда, J	Северный Кавказ, р. Малка
Кварц	Аммонит	Альбитофир, J	Северный Кавказ
Кварц	Брахиопода <i>Strophalosia gigas</i> Netsch и фораминиферы <i>Cornuspira</i> , <i>Nodosaria</i>	Известняки, P ₂ kz	Река Вятка, д. Городище
Малахит	Стволы деревьев	Песчаники, P	Урал, Красноуфимск
Апатит	Радиолярии	Фосфориты, K ₁ v	Верховья рек Вятки и Камы
Бирюза	Кости и зубы позвоночных	Различные породы, содержащие полевые шпаты и апатит, PZ	Угана, р. Исфара
Фосфорит	Фузулиниды	Обломочные известняки, P ₁ a	Южный Урал, р. Домбар
Хлорит, тремолит, тальк	Брахиоподы <i>Schellwienella</i> , <i>Lingula</i> , <i>Camarthoechia</i>	Зеленокаменная толща, талькхлоритовые сланцы, C	Урал, Миасский район
Полевой шпат	Водоросль <i>Lithotamnium</i>	Туфогенные песчаники, K	Северный Кавказ
Кордиерит	Фораминифера <i>Eovolulina</i>	Сланцы, D ₃	Северный Кавказ
Глауконит	Радиолярии	Фосфориты, K ₁ v	Верховья рек Вятки и Камы

Глазго, парк "Виктория", б) громадные лигнитизированные стволы в Казахстане (р. Чидерты); некоторые стволы достигают в поперечнике почти 2 м, в) окаменелые пни каменноугольного леса близ г. Атбасара в Казахстане (из почвы здесь выдается приблизительно на 20 см около 10 пней толщиной до 40 см, имеющих древесину типа *Dadoxylon*).

Механизм, время и условия замещения растительных остатков в боль-

шинстве случаев не могут быть установлены достоверно, так как этот процесс сложный и проявляется в разнообразных формах. Основываясь на фактах, А.Н. Криштофович (1957 г.) высказывает некоторые соображения об общих условиях замещения растительных остатков: 1) в захоронениях в зоне влажных лесов и болот окаменение не наступает, а если сохраняется целый пень, то он может быть заменен самой породой, без следов окремнения, 2) в угленосных отложениях паралического (прибрежно-морского) типа происходит обызвествление с образованием коллоидов, 3) окремнение наблюдается в толщах с вулканическим материалом и в песках, накопившихся в зоне засушливого климата.

Зооморфозы по ОВ. Посмертные остатки животных (покровы, мягкие тела и отдельные органы) также могут испытать замещение минеральными образованиями. В отличие от фитоморфоз находки зооморфоз по ОВ встречаются в отложениях значительно реже. Замещение органического остатка должно начаться на первой стадии фоссилизации в условиях содержания в осадке значительного количества органики, в первую очередь ОВ животного происхождения. Чаще всего наблюдается фосфоритизация, пиритизация и окремнение покровов, мягких тканей и органов.

Фито- и зооморфозы по скелету. Результаты метасоматоза минеральных образований организмов могут быть выражены в разных формах: 1) при замещении на основе "атом на атом" обычно сохраняется внутренняя структура скелетного остатка любой сложности и 2) при замещении на основе "минерал на минерал" эта структура уничтожается, но сохраняется форма, размеры, а также поверхностные элементы строения остатка (последнее может также иметь место и в случае растворения первичного минерала скелета и отложения на его месте нового минерала при условии, что такое растворение произошло в плотной породе). Нередко частичное, или, наоборот, сложное однократное или многократное замещение. В большинстве случаев без дополнительных геохимических, литологических и геологических данных невозможно точно разобраться в вопросе о времени и условиях замещения: на какой стадии фоссилизации оно произошло и в какой зоне — в осадке или в породе, в зоне метаморфизма или гипергенеза? Эта сложность обусловлена тем, что процессы метасоматоза имеют место на всех этапах образования местонахождений — от момента захоронения остатков в осадке (а иногда они начинаются раньше) до момента разрушения окаменелостей в зоне поверхностного выветривания.

Рассмотрим основные разновидности процесса метасоматоза и остановимся кратко на той роли, которую играют некоторые природные минеральные так называемые фоссилирующие вещества, в процессе замещения остатков организмов. Среди процессов замещения наибольшее значение имеют кальцитизация, доломитизация, пиритизация, фосфоритизация, окремнение, сульфатизация, глауконитизация и некоторые другие.

Кальцитизация. Кальцит (CaCO_3) — гексагональная модификация карбоната кальция, является основной составной частью скелетного вещества огромного числа организмов, поэтому он практически всегда присутствует в морских осадках. Значительное большинство кальцитовых

раковин в процессе фоссилизации не испытывает коренных изменений своего химического и минерального состава. Некоторые из них лишь претерпевают перекристаллизацию или грануляцию. Арагонитовые же раковины, как правило, замещаются кальцитом. При этом сохраняются все структурные особенности скелета. Сохранение арагонита в ископаемом состоянии — исключительно редкое явление. Благодаря присутствию в осадке CO_2 кальцит и, особенно арагонит, переходят в раствор, где становятся очень активным фоссилирующим минералом, способным заместить скелетные образования любого химического состава. Нередко, например, при кальцитизации кремневых скелетов их микроструктура хорошо сохраняется.

Доломитизация, или замещение доломитом ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) особенно развито в отношении карбонатных скелетов морских организмов, а также известняков. Источником магния могут служить растворенные в морской воде соли магния — MgSO_4 , MgCl_2 . Небольшая примесь MgCO_3 попадает в осадок, освобождаясь из карбонатных скелетов в результате их растворения под воздействием CO_2 . По данным И.В. Хворовой [42], в диагенезе магний может перераспределяться и концентрироваться в линзах и неправильных телах, формирование которых обычно заканчивается к моменту полной литификации породы. Доломит в карбонатных породах дает обычно небольшие примеси, пятна и линзы разнообразных очертаний и может частично или полностью замещать первично известковые остатки. При доломитизации органогенных известняков (например, в карбоне Восточно-Европейской платформы) доломит сначала развивается по микрозернистому кальцитовому цементу, иногда замещая его целиком, затем по раковинам фузулинид, состоящим из пелитоморфного, микрозернистого кальцита, и, в случае высокой степени доломитизации, он появляется в остатках кораллов, брахиопод, иглокожих, мшанок и др., образованных более крупными кристаллами кальцита. В эти остатки с периферии внедряются доломитовые ромбоздры, которые у иглокожих бывают намного крупнее, чем в основной тонкозернистой породе. Доломит в большом количестве встречается в ископаемых рифовых телах, замещая скелеты рифостроющих и рифолюбивых организмов, например, водорослевые известняки триаса Альп [45]. Доломитизация отмечается и в более глубоких отмерших частях некоторых современных рифов. При доломитизации микроструктура скелетных остатков быстро исчезает, и в шлифах можно наблюдать нередко лишь их неясные очертания.

Пиритизация. Обычными сульфидами в породах осадочного происхождения, таких как тонкозернистые глины и алевролиты, битуминозные и угленосные отложения, являются пирит, марказит и сидерит.

Пирит и марказит (FeS_2) образуются в самых разнообразных геологических условиях. Известны шаровидные конкреции пирита и марказита в песчано-глинистых, угленосных, бокситоносных и др. отложениях. Их образование в этих породах или рудах связывается с разложением ОВ без доступа свободного кислорода в относительно глубоких участках водных бассейнов. В метаморфических сланцах пирит обычно отмечается в виде метакристаллов, возникающих во время метаморфизма.

Пиритом и марказитом наиболее часто замещаются растительные остатки: древесина, иголки, семена и др. остатки. Например, Р.Ф. Геккер (1980 г.) сообщает об уникальной находке фрагмента пиритизированного ризофора стигмари из угленосной толщи (тульского горизонта) нижнего карбона под г. Боровичи Московской синеклизы. Широко распространено замещение соединениями железа различных бактерий. Так, в мансфельдских медистых сланцах и битуминозных сланцах лейаса ФРГ открыто множество пиритизированных серобактерий [45]. Фоссилизированные клетки железобактерий обнаружены в железных рудах Кривого Рога, в железистых сланцах протерозоя бассейна р. Ангары и нижнего палеозоя хр. Каратау, в гематитовых рудах нижнего кембрия Енисейского кряжа [22]. По данным А.Г. Вологодина, (1947 г.), остатки бактерий в виде пропитанных железом нитей встречаются в пермских железистых оолитовых известняках в бассейне р. Печоры, а также скопления изогнутых, тесно расположенных нитей, состоящих из бактериоподобных палочек, найдены в железистом цементе пермских красных песчаников того же района. Железобактерии в виде скоплений нитей обнаружены также в бокситах кембрия Восточных Саян, девона Урала, мезозоя Алтая. По мнению А.Г. Вологодина, обстановка формирования бокситового осадка была благоприятной для массового развития бактерий. Фоссилизация их проходила очень быстро, так как изменение бактерий выражено лишь в некоторой расплывчатости очертаний структуры.

Пиритизация мягких частей захороненных животных организмов также довольно обычное явление. Известны граптолиты из верхнесилурийских известняков Скандинавии, внешняя оболочка которых замещена пиритом. Пиритизация протекала по телам морских звезд, обнаруженным в нижнедевонских темных сланцах во всемирно известном местонахождении Хунсрюк близ Бунденбаха (ФРГ). При данном процессе происходит обычно полное уничтожение любой структуры мягких тканей. У хунсрюкских звезд вместо органических тканей и органов имеются лишь слепки полой формы или полные псевдоморфозы замещения [45]. Нередко у двустворчатых моллюсков на внутренней поверхности створок в местах прикрепления мускулов — замыкателей можно обнаружить крупные кристаллы пирита, свидетельствующие о захоронении раковин вместе с остатками мягкого тела, по крайней мере с фрагментами плотных мышц мускула. В сланцах кембрия Швеции встречены трилобиты *Acero-care*, у которых хитиновые панцири были сверху покрыты, инкрустированы тонким налетом пирита [45]. Л.Р. Кокс в 1960 г. сообщил об уникальном случае сохранения в виде ядер пищеварительного тракта у двустворок *Nuculana (Dacryomya) gaveyi* из лейаса Англии благодаря его пропитыванию железистым веществом (его точный химический состав автором не приводится).

Пирит образует инкрустационные кристаллические щетки на стенках газоносных камер аммонитов. Процесс замещения самих стенок начинается иногда либо с этих щеток, либо с заполнения полости раковины. Например, из лейаса юга ФРГ известна находка псевдоморфозы по раковине аммонита, на которой в процессе замещения на месте каждой газонос-

ной камеры возникли маленькие шарообразные конкреции пирита, объединенные вместе в большую конкрецию [48]. Нередко замещение остатка начинается с заполнения полостей внутри раковин, при этом образуются так называемые "пиритовые ядра". В большом количестве в такой форме сохранности встречаются брахиоподы, двустворки, гастроподы, головоногие моллюски. Мелкие остатки выполняются и частично замещаются пиритом целиком, а крупные обычно лишь частично. В процессе фоссилизации от последних, как правило, сохраняются только замещенные внутренние ядра, а внешние обороты у аммонитов или макушечная область у гастропод бывает уничтожена. О том, что в осадок захоронились более крупные остатки, могут свидетельствовать лишь отдельные фрагменты случайно сохранившихся внешних частей раковин. При выветривании от незамещенных частей раковин может ничего не остаться. По-видимому, с этим обстоятельством связано в некоторых случаях мелкорослость, карликовость аммонитовых фаун в ряде отложений.

Нередко пирит образуется на поверхности скелетного остатка или даже полностью замещает его, когда внутри такого остатка сохранилось мягкое тело. ОВ при этом, разлагаясь, играет роль катализатора для образования железистых соединений вокруг остатка. Так, в верхнемеловых карбонатных отложениях повсеместно встречаются панцири неправильных морских ежей *Echinocorys*, у которых в области амбулакральных полей и мадрепоровой пластинки наблюдаются или кристаллы, или мелкие желвачки, а иногда корки и наплывы пирита. Можно предположить, что данные панцири ежей захоронились в осадок с остатками мягкого тела.

Пирит свободно замещает и кремневое образование (панцири диатомей, скелеты губок) в мергелях и известняках верхнего мела Европы. По-видимому, и скелетные остатки микроорганизмов на этапе фоссилизации замещались пиритом часто, но это не всегда можно установить, так как он легко разрушается при выветривании (лишь иногда в породе можно обнаружить пиритовые ядра фораминифер).

В железистых конкрециях в глинистых сланцах местонахождения Мэзон—Крик (верхний карбон Северной Америки) встречены насекомые, растительные остатки, фрагменты рыб, полные скелеты мелких стегоцефалов до 5 см в длину и их личинки: у некоторых из личинок сохранились отпечатки мягких частей тела, в том числе кишечника и желудка. И.А. Ефремов [15] предполагает, что данное захоронение образовалось в обширной мелкой луже, куда попадали насекомые и растительные остатки. В водоеме обитали мелкие тритоноподобные амфибии и их головастики, погребавшиеся в илистом осадке в условиях высокой концентрации железистых соединений вокруг остатков, что обусловило их консервацию. Уникальным примером чистой пиритизации является так называемый "рудный человек", найденный в глубокой подземной расселине в одном из Фалунских рудников в Швеции (XIII век). Одежда, тело, волосы и пр. — все было замещено мелкими золотистыми кристаллами пирита. Для прохождения процесса полного замещения понадобилось, как предполагают, несколько десятков лет.

Сидерит (FeCO_3) образуется в осадке, выпадая из коллоидов, в вос-

становительной среде: на поверхности земли в пресноводных бассейнах очень редко (под болотными почвами), но в морских осадках обычен в лагунах, заливах и приглубых участках прибрежных зон. В глинах и угленосных толщах он, как правило, представлен в форме сферосидерита в виде желваков и шарообразных конкреций. Сферосидерит играет большую роль в косервации остатков различных организмов. Его конкреции заключают часто остатки в объемном состоянии. В них встречены остатки как морских, так и болотных животных, а также наземных растений. Хорошо известны, например, сидеритовые конкреции из нижнемеловых глинистых отложений Ульяновского Поволжья с прекрасно сохранившимися аммонитами, двустворками, гастроподами и др.

Фосфоритизация. Самым распространенным фоссилизирующим минералом из группы фосфатов является фосфорит — общее название для скоплений желвакообразных агрегатов апатита (хлор — $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ и фторапатита — $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$). Эти минералы обычно имеют кристаллическую структуру, но в осадочных породах часто бывают представлены агрегатами в виде плотных землистых масс, содержащих многочисленные включения песчинок кварца, глауконита, кальцита и пр. и образующих различной формы желваки и конкреции, реже линзы и прослои в глинистых и глауконитовых песках и песчаниках. Тот факт, что в конкрециях наблюдается слоистое расположение песчинок, совпадающее со слоистостью вмещающей породы говорит, по мнению А.Г. Бетехтина (1950 г.), о том, что они возникли эпигенетически в уже образовавшихся рыхлых осадках. Фосфориты формируются обычно путем коагуляции коллоидальных растворов в условиях значительного скопления фосфора, освобождающегося при биохимическом распаде ОВ особенно богатых этим элементом животных, в первую очередь позвоночных. В море прибрежная полоса, богатая органическим детритом, особенно благоприятна для накопления фосфорита. Обычно он встречается вместе с глауконитом, часто в массовых количествах в мелководных песках и песчаниках, залегающих в основании трансгрессивных серий (например, нижнесеноманский базальный горизонт Восточно-Европейской платформы и Заскапия).

В конкрециях часто встречаются частично или полностью замещенные фосфоритом остатки растений (преимущественно обломков древесины), но особенно животных организмов (позвоночных — зубы, чешуя, кости и беспозвоночных — раковины моллюсков, скелеты губок и др.), а также копролиты. Известны фосфоритовые фитоморфозы по шишкам хвойных из альбских отложений Арденн [45]. В кембрийских фосфоритах из Каратау (Казахстан) встречены скопления желто-бурых ожелезненных клеток железобактерий и группы телец кокко-бацилярной формы; нитчатые бактерии были обнаружены также в фосфоритизированных фекалиях мелких организмов, найденных в фосфоритах из Гафзы в Тунисе [22]. Классическим примером фосфоритизации беспозвоночных является находка Р.А. Кейси (1960 г.) маленькой раковины (высотой до 10 мм) брюхоногого моллюска *Margarites (Atrina) mirabilis* в нижнеальбских песчаниках Южной Англии (Кент), у которого пищеварительный

тракт полностью замещен фосфоритом. Сохранились все петли кишечника и остатки пищевода; участок прямой кишки имеет две продольных борозды, соответствующие положению тифлозолей. Предполагается, что данный моллюск питался животной пищей, богатой соединениями фосфора. Известны также слепки змей и лягушек, извлеченные из фосфоритовых глин в районе Кверси во Франции, целые тела которых были полностью замещены фосфоритом [45, 48].

Уникальные местонахождения в этом отношении представляют собой также титонские литографские известняки Золенхофена в Баварии (ФРГ). Здесь в известняках обнаружены фосфоритизированные тела хищных костистых и акулых рыб *Undina*, *Eurycormus* и растительноядных *Lepidotus* и других пикнодонтид, а также двужаберных головоногих моллюсков, насекомых, червей и пресмыкающихся [48]. Фосфорит часто образуется также по экскрементам различных организмов. Известны, например, спиральные фосфоритовые копролиты акул и пресмыкающихся [45].

Окремнение. Кремневые псевдоморфозы по остаткам различных организмов являются едва ли не самыми распространенными в отложениях любого генезиса и возраста. Основными фоссилизирующими минералами являются кварц, халцедон и опал.

Кварц и халцедон (SiO_2) — соответственно кристаллическая и скрытокристаллическая с радиально волокнистым строением модификации кремнекислоты. Если кварц встречается в виде заметных или даже крупных кристаллов, то халцедон чаще наблюдается в виде корок, натечных почковидных форм или сферолитов, а нередко в виде желваков и конкреций различной формы и размеров (от мелких 1–2 см до крупных 1–1,5 м в поперечнике при толщине 0,2–0,5 м), носящих название кремней.

Кремнекислота биогенного происхождения, согласно Н.М. Страхову (1962 г.), поступает в осадок в виде скелетных остатков организмов, состоящих из опала. В иловых водах, обычно имеющих преимущественно щелочную среду, происходит растворение этих скелетов. На более поздней стадии литификации, благодаря выпадению коллоидной массы, чаще всего в точках с пониженным рН, и образуются кремневые конкреции. В известняках и доломитах, состоящих из обломков, сгустков и детрита, окремнение обычно развивается сначала по цементу и крупным полостям внутри скелетных остатков, замещая относительно крупные кристаллы кальцита. Если этот процесс не ограничивается цементом, то окремнение захватывает и периферические части остатков, контуры которых в связи с этим искажаются. При дальнейшем окремнении халцедон или кварц развивается и по самим скелетным остаткам, полностью их замещая. В данных породах широко распространены также кремнистые конкреции. Например, в средне- и верхнекаменноугольных отложениях Восточно-Европейской платформы конкреции обычно имеют кварцево-халцедоновый или халцедоновый состав, изредка они содержат остаточную примесь опала. Часто внутри конкреций обнаруживаются окремненные скелетные остатки (раковины брахиопод, иглы морских ежей и др.). Широкое раз-

вите кремневых конкреций отмечено также в известняках верхнего мела, особенно в фации писчего мела Европы. В большинстве случаев внутри конкреций обнаруживаются те или иные окаменелости или их фрагменты. Как предполагает ряд авторов, кремнистость пород развилась в процессе диагенеза вследствие перераспределения кремнезема из скелетов губок, остатки которых особенно многочисленны.

Кремневые фитоморфозы. 1. В копролитах рептилий и млекопитающих из зоцена Вайоминга (США) обнаружены многочисленные бактерии, сходные с ныне живущими сапрофитными формами, обитающими в кишечнике; копролиты млекопитающих содержали большое количество пресноводных водорослей; бактерии и водоросли пропитаны кремнеземом и обнаруживают мельчайшие детали строения [51]. 2. В среднедевонских углях Шотландии найдены окремнелые остатки псилофитовых, стебли которых захоронились в прижизненном положении (все части растений, в том числе и споры, были пропитаны кремнеземом). 3. В палеоцене Урала наблюдается окремнение не только мелких стеблей, но и листьев и игл хвойных. 4. Деревья и другие растительные остатки "ископаемых лесов" Аметистовой горы в Йеллоустонском парке (США); здесь в вулканогенной толще мощностью до 600 м прослеживается 12 последовательных горизонтов с захороненными "на корню" лесами, которые неоднократно засыпались вулканическим пеплом и вследствие быстрой фоссилизации замещались кремнистыми соединениями — аметистом и кварцем.

Кремневые зооморфозы. Окремнению довольно часто подвергаются остатки членистоногих (трилобитов и насекомых, в особенности). Как сообщает Х. Лэдд [51], битуминозные известковые конкреции из озерных глинистых сланцев Калифорнии (США) содержали многочисленные окремнелые остатки миоценовых насекомых исключительной сохранности: клещей, пауков, жуков и мошек на различной стадии метаморфоза, нимф стрекоз и пр. Большинство организмов имело размеры менее, чем 3 мм, только нимфы стрекоз достигали 18 мм в длину. На теле и придатках некоторых насекомых сохранились ворсинки. Известны псевдоморфозы и простейших организмов. Так, в верхнемеловых кремнях найдены микроскопические зугленоподные формы с сохранившимися жгутиками. Известковые раковины брахиопод и моллюсков также часто замещаются халцедоном, местами переходящим в кристаллический кварц. При этом обычно сохраняются скульптурные особенности строения внешней и внутренней поверхности раковин. Как отмечает Т.Н. Бельская (1960 г.), на раковинах брахиопод из верхнего девона Кузнецкой котловины, благодаря окремнению стенки, обнаружена тончайшая микроскульптура.

Иногда можно видеть, что окремнение кальцитовых раковин происходит лишь участками. Например, на внутренней поверхности раковин устриц *Picnodonta vesicularis* из писчего мела нижнего маастрихта о. Рюгена (ГДР) окремнение нередко развивается либо в области связочной площадки, либо вокруг мускула-замыкателя, что А. Мюллер [48] связывает с катализирующей ролью ОВ, сохранившегося в более плотных частях мягких тканей и разлагавшегося в осадке на поверхности раковины.

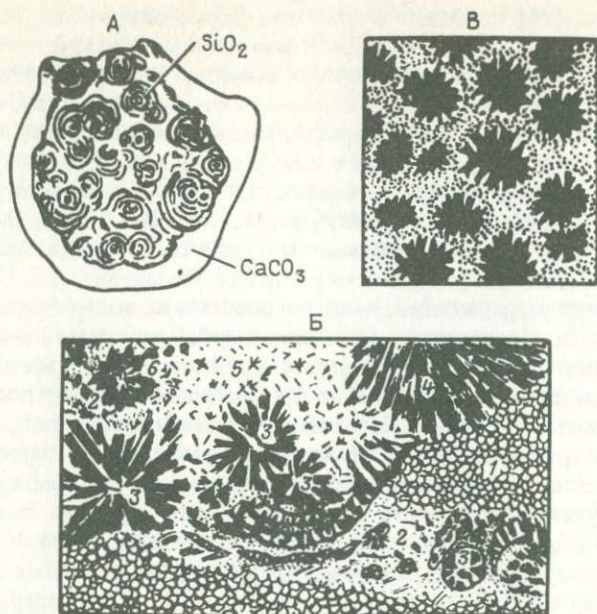


Рис. 20. Замещение кремнеземом кальцитовых раковин устриц из верхнемеловых и палеогеновых отложений Крыма (по Л.С. Белокрысу, 1959).

А — концентрические фигуры ("розочки") на внутренней поверхности створки *Gryphaea antiqua* Pf. t (XI); Б — тангенциальный срез створки *Ostrea mirabilis*, K_2m_2 ; 1—2 — слои: 1 — призматический, 2 — промежуточный, 3—4 — сферолиты: 3 — кварц, 4 — халцедонита; 5 — мелкочешуйчатый волокнистый халцедонит; 6 — кристаллики кварца на периферии сферолитов; В — горизонтальный срез створки *Gryphaea similis*, K_2m_2 (черное — кварц, пунктир — перекристаллизованный призматический слой, белое — скаленоэдрические кристаллики кальцита)

Интересная форма окремнения наблюдается довольно часто на раковинах устриц и рострах белемнитов. Так, на поверхности первично кальцитовых раковин устриц из верхнемеловых и палеогеновых карбонатных отложений Крыма нередко обнаруживаются своеобразные концентрические фигуры типа "розочек". Они занимают всю площадь или отдельные участки створок с одной, либо обеих ее сторон и пронизывают саму стенку раковины. Как показало изучение раковин под микроскопом Л.С. Белокрысом (1959 г.), в местах развития розочек частично или полностью утрачивается слоистое строение стенки. Кальцит в этих местах замещается минералами кремнезема: халцедонитом, кварцином и кварцем. Первые два минерала образуют беспорядочные или радиально-лучистые скопления — сферолиты размером до 2—4 мм в диаметре (рис. 20). По периферии кварциновых сферолитов часто развиваются кристаллы кварца (до 0,1—0,5 мм). Кварц, установленный на одной из створок, выполнил ядерную часть кальцитовых кристаллов призматического слоя раковины. Многоугольные очертания призм утрачены в связи с их перекристаллизацией, предшествующей окварцеванию.

Д.П. Найдин [28] сообщает о подобной форме окремнения на рострах кампанских белемнитов Донбасса. Халцедоновые "розочки" наблюдались на внешней поверхности, на стенках альвеолы и на внутренних расколах ростров. Окремнение ростров широко развито и в белом писчем мелу о. Рюгена. На некоторых экземплярах белемнител радиальные иглы халцедона проникают внутрь ростра как с поверхности, так и из альвеолярной полости. Вообще, в рострах SiO_2 больше в альвеолярной части (29,5 %) по сравнению с другими его участками (21,9 %). Это обусловлено тем, что в альвеолярной части захороненного ростра содержалось больше ОВ, которое способствовало развитию окремнения. По мнению Л.С. Белокрыса, Д.П. Найдина и др., концентрические розочки на поверхности скелетных кальцитовых образований представляют собой результат конкреционного замещения карбоната гелевидным кремнеземом во время раннедиагенетических процессов, возможно протекавших в породе после литификации мергелистого осадка. Это подтверждается находкой окремненных ростров в маастрихте о. Рюгена, заключенных в конкреции пирита, которые, как полагают, образовались на стадии раннего диагенеза. Во всех описанных случаях окремненные раковины устриц и ростры белемнитов приурочены к толщам пород, содержащим значительное число кремневых конкреций. Следует также отметить, что кости позвоночных и чешуя рыб окремневают редко, по-видимому, в связи с тем, что содержат большое количество фосфора.

Опал ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) — гидроокисел кремнезема, коллоидальная модификация кремнекислоты (или гидрогель); при потере воды переходит обычно в халцедон и кварц; обычно является главной составной частью некоторых организмов, слагая панцири диатомей, спикулы губок, скелеты радиолярий. В морских осадочных породах опал в виде химических осадков, образующихся при коагуляции приносимых речными водами золь кремнезема в прибрежных зонах морских бассейнов, иногда слагает целые пласты плотных стекловидных или легких пористых масс, так называемых опок, трепелов, диатомитов с остатками кремнистых скелетов мелких организмов. Золи кремнезема способны пропитывать отмершие стволы деревьев, отлагая опал и полностью их замещать с сохранением всех деталей строения ("деревянистый опал"). Опал пропитывает также деревья, захороненные в вулканических, богатых кремнекислотой туфах, инкрустирует остатки растений (листья, ветки, цветки) в минеральных источниках, воды которых насыщены кремнекислотой [45]. Замещение опалом кальцитовых скелетных образований некоторых мельчайших организмов, как уже отмечалось выше, происходит иногда не только в осадке, но и в самой толще воды [10].

Глауконитизация. Глауконит, или водный алюмосиликат железа и магния сложного состава образуется в прибрежных литоральных и сублиторальных участках морей и океанов, встречается в песчаниках, глинах, карбонатных породах, опоках, фосфоритовых слоях. Как полагает А.Г. Бетехин (1950 г.), он образуется в коллоидальном виде в условиях разложения ОВ в слабо окислительной среде. При старении гелей обычно выпадает в осадок в виде вкрапленных округленных зернышек или шариков,

часто в виде псевдоморфоз по мелким скелетным остаткам — раковинам фораминифер и скелетам радиолярий. Глауконитизация фораминифер часто начинается на очень ранней стадии их fossilization, когда они еще находятся на поверхности осадка. Нередко глауконит выполняет пустые раковины фораминифер и остракод, а также встречается в пустотах раковин двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Иногда он пропитывает поры в скелетных остатках. Например, из верхнего эоцена Баварии (район Крессенберга) известны псевдоморфозы глауконита по раковинам орбитоидов и нуммулитов с относительно хорошо сохранившейся микроструктурой [45].

Рассмотренные и указанные в табл. 4 и 5 примеры свидетельствуют о широком развитии в природе явления метасоматоза, благодаря которому в земной коре образуется огромное число различных псевдоморфоз по остаткам организмов. Детальное изучение псевдоморфоз и восстановление условий их образования имеет исключительно важное значение не только для систематики и тафономии изучаемых организмов, но и для реконструкции геохимической обстановки литификации осадков.

ЗАПОЛНЕНИЕ ОСАДКОМ ПЕРВИЧНОЙ ПОЛОСТИ В ОСТАТКАХ ОРГАНИЗМОВ, ОБРАЗОВАНИЕ ОТПЕЧАТКОВ И ЯДЕР

Большое значение для восстановления процессов fossilization имеет изучение характера заполнения осадком первичной полости в скелетных остатках и изучение поверхностей внутренних и наружных ядер, а также различных отпечатков на поверхности напластования породы. Довольно часто палеонтологические коллекции бывают представлены материалом второй категории сохранности: отпечатками и ядрами. Нередко выделение отдельных видов, родов и даже групп основано только на отпечатках. В связи с этим необходимо специально остановиться на способах заполнения первичной полости и образования ядер и отпечатков.

Заполнение первичной полости внутри остатков организмов. Первичные полости внутри скелетных остатков организмов, образовавшиеся в результате разложения мягкого тела в толще воды, на дне бассейна или в осадке, как правило, заполняются рыхлым осадком или вторичным минералом либо тем и другим. В исключительно редких случаях первичная полость остается свободной от заполнителя, лишь ее стенки обычно бывают покрыты тонкой минеральной инкрустацией. Если имеется свободный доступ рыхлого осадка в полость, то она, как правило, заполняется им полностью. При затрудненном доступе полость может заполниться лишь частично. В обоих случаях осадок нередко начинает проникать в первичную полость остатка, находящегося на дне бассейна в условиях повышенной динамики среды.

Характер заполнения первичной полости зависит как от конструкции самого остатка (например, от формы и размеров раковины, наличия первичных пор, отверстий и зияния, способа смыкания створок, от сохранности, особенно целостности стенки раковины, от наличия или отсутствия тела в раковине во время ее захоронения), так и от консистенции осадка,

скорости и степени его уплотнения. В раковины брахиопод, захороненных с сомкнутыми створками, осадок проникает через ножное отверстие и щель между створками. Полость внутри раковин зарывающихся двустворчатых моллюсков, после смерти остающихся в грунте, как правило, с сомкнутыми створками, свободно заполняется рыхлым осадком через сифональное, а нередко и через ножное зияние. Поэтому все ископаемые раковины зарывающихся бивальвий практически всегда заполнены породой и чаще всего представлены ядрами. В газоносные камеры трубчатых раковин головоногих моллюсков осадок может проникнуть по сифону или через проломы в перегородках и наружной стенке. В последнем случае, благодаря "сквозняку", осадок внутрь раковины может "пройти" вплоть до начальной камеры.

Если осадок не может проникнуть в полость, то она на последующих стадиях фоссилизации обычно выполняется полностью или частично тем или иным минералом, обычно кальцитом, выпадающим из циркулирующих в породе минералосодержащих растворов. Иногда в раковинах, захороненных с мягкими тканями, при разложении органики возникает "газовая шапка", препятствующая поступлению осадка в верхнюю часть раковины. Кстати, раковины с такими "газовыми шапками", благодаря их подъемной силе, могут изменить свою первоначальную ориентировку в осадке, что может отразиться в характере заполнения полости. Это обстоятельство надо учитывать при изучении переориентированных раковин с частичным заполнением.

Основные типы заполнения первичной полости в остатках организмов показаны на рис. 21. Поясним некоторые из них. Полное сложное однородное заполнение осадком имеет место в том случае, если сначала часть полости заполняется им при одном положении самих остатков (раковин), а затем оставшаяся часть полости заполняется при другом их положении. Изменение первоначального положения раковины бывает обусловлено, главным образом, оползанием осадка или силами гравитации при смещении центра тяжести (например, в случае захоронения в вертикальном или наклонном положении раковин головоногих моллюсков), или наличием газа в полости.

В полостях раковин с частичным осадочным или осадочно-минеральным разнородным заполнением верхняя поверхность раздела между породой и пустотой или минералом обычно отмечает первоначально горизонтальную плоскость. Эту плоскую поверхность раздела или просто плоскость раздела (plane of composition) используют в практике в качестве геологического уровня, а остатки организмов, в полостях которых она имеется, называют окаменелостями — ватерпасами [43].

Во время фоссилизации скелетные остатки организмов или их псевдоморфозы часто растворяются, и на их месте образуются вторичные полости, которые могут остаться свободными или в дальнейшем заполниться вторичными минеральными соединениями. Таким образом, вторичная полость, как правило, не может быть заполнена тем же самым материалом, из которого состоит порода.



Рис. 21. Основные типы заполнения первичной полости в окаменелостях.

вг — вторичная генерация кристаллов, вс — вторая стадия заполнения осадком, ж — жеода, ос — остаточная полость, часто с тонкой минеральной инкрустацией по стенкам, пр — первичная генерация кристаллов, пп — первичная полость, пр — поверхность или плоскость раздела, пс — первая стадия заполнения осадком

Образование внутренних и наружных ядер. Внутренние ядра. Внутренним ядром называется определенная форма (тип) сохранности окаменелости в виде естественного слепка-отливки, образовавшегося в результате заполнения рыхлым осадком или вторичным минералом первичной полости в скелетном остатке организма, воспроизводящего его форму и размер и негативно отражающего структуру внутренней поверхности, а иногда позитивно и структуру внешней поверхности остатка (core — англ., steinkern — нем.). По происхождению и характеру строения внутренние ядра можно разделить на простые или обычные и сложные. Простые внутренние ядра — слепки, поверхность которых имеет лишь негативное отражение внутренней поверхности скелетного остатка (рис. 22, Б-7, В-18). Например, обе стороны внутреннего ядра раковины двустворчатого моллюска с двумя неразобщенными створками могут нести симметричные негативные отпечатки мантижной линии, мускулов-замыкателей, мускулов ноги, зубного аппарата, внутренней связки. На внутреннем ядре раковин брахиопод часто видны мускульные отпечатки, следы прикрепления рук и другие признаки. Наиболее часто внутренние ядра образуются в пустотелых раковинах моллюсков, брахиопод, фораминифер, некоторых иглокожих и трубчатых червей, но сравнительно редки они в остатках растений и позвоночных.

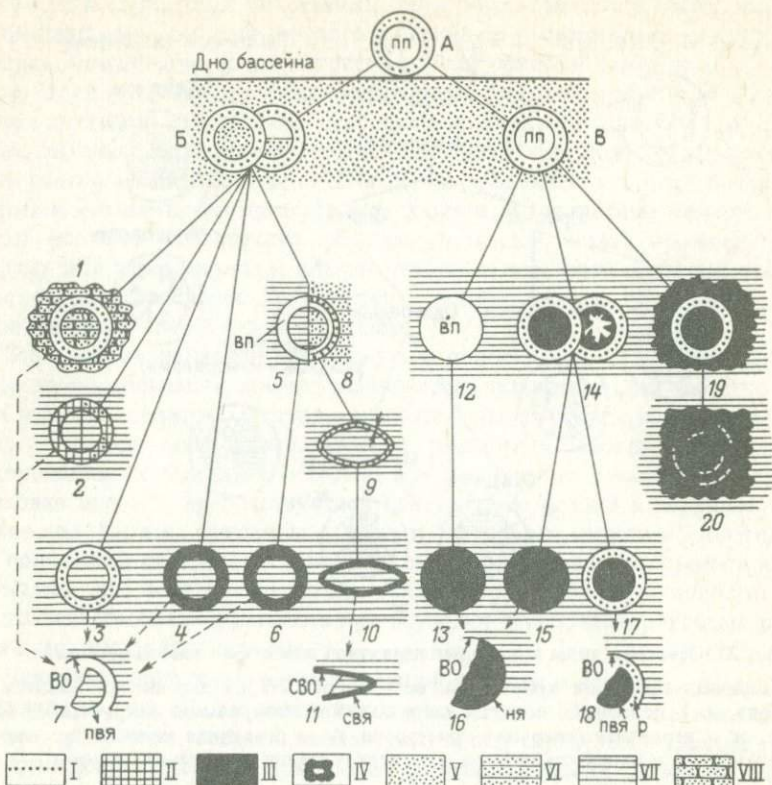


Рис. 22. Заполнение полостей в остатках организмов, образование отпечатков и ядер на примере раковинных моллюсков.

А – исходная раковина с первичной полостью; Б – первичная полость целиком или частично заполнена осадком: 1 – образование конкреции вокруг раковины, 2 – перекристаллизация первичного минерального вещества стенки раковины, 3 – окаменение раковины без существенных изменений ее структуры и состава, 4 – метасоматическое замещение раковины вторичным, фоссилизирующим минералом, 5 – растворение раковины в породе и образование на ее месте вторичной полости, 6 – вторичная полость выполнена вторичным минералом, 7 – образование простого внутреннего ядра и внешнего отпечатка, 8 – растворение раковины в слабо уплотненном глинистом или мергелистом осадке, 9–11 – последующие стадии образования сложного внутреннего ядра и сложного внешнего отпечатка; В – первичная полость не заполнена осадком; 12 – растворение раковины в породе, 13 – вторичная полость выполнена вторичным минералом, 14 – первичная полость целиком или частично заполнена вторичным минералом, 15 – метасоматическое замещение раковины вторичным, фоссилизирующим минералом, 16 – образование наружного ядра и внешнего отпечатка, 17 – окаменение раковины без существенных изменений ее структуры и состава, 18 – образование простого внутреннего ядра и внешнего отпечатка, 19–20 – образование конкреции: 19 – без замещения и 20 – с замещением стенки раковины.

Стенка раковины: I – с сохранившейся структурой, II – перекристаллизованная; III – вторичный минерал; IV – конкреции; осадки: V – рыхлые, VI – слабо уплотненные; VII – порода; VIII – сильно сцементированный известковистый песчаник; во – внешний отпечаток, вп – вторичная полость, ня – наружное ядро, пвя – простое внутреннее ядро, пп – первичная полость, р – раковина, сво – сложный внешний отпечаток, свя – сложное внутреннее ядро.

Заполнение полости внутри пустой раковины нередко начинается еще на дне бассейна, благодаря намывным движениям воды. Дальнейшее заполнение таких раковин продолжается в текучем, рыхлом осадке. Если раковина захоронилась с мягким телом, то осадок может проникнуть внутрь лишь после разложения органики. Внутренние ядра бывают сложены не только осадочными породами, но и вторичными минеральными веществами. Такие ядра образуются в том случае, если осадок по тем или иным причинам не мог проникнуть в первичную полость. В дальнейшем, уже в породе, вследствие циркуляции растворов полость внутри раковины выполняется частично или полностью вторичными минералами. Нередко на поверхности таких "минеральных ядер" сохраняются структурные элементы внутренней поверхности раковины.

Если первичная стенка раковины окаменеет без существенного изменения, то элементы строения внутренней поверхности остатка имеют, как правило, хорошую сохранность. В том случае, если раковинное вещество растворяется в породе, а полость, образовавшаяся на ее месте, обычно выполняется вторичным минералом, то соотношения структурных элементов на поверхности ядра могут быть искажены процессами кристаллизации или они будут полностью уничтожены.

Что касается растительных остатков, то внутренние ядра могут образовываться путем выполнения осадком или вторичным минералом внутренних полостей дугообразных или полых стволов и стеблей, а также пустот в плодах (например, в орехах). При отмирании некоторых известкывыделяющих зеленых водорослей (мутовчатых сифоней — семейство *Dasycladaceae*) после распада органического вещества остается полая трубка с многочисленными порами на месте боковых ответвлений. При фоссилизации внутренняя полость трубки с боковыми порами, заполняясь осадком или вторичным минералом, превращается во внутренне ядро. Внутренние ядра скелетных остатков позвоночных организмов образуются в результате заполнения осадком или минеральным материалом полостей в их костях или черепах. Хорошо известны внутренние ядра мозговых полостей различных позвоночных из многих местонахождений и горизонтов с сохранившимся негативным рисунком мозговых извилин.

Сложное внутреннее ядро — слепок, на поверхности которого отражены негативный отпечаток внутренней и позитивный отпечаток внешней поверхности раковины (рис. 22, Б-8—11). Образование такого явления возможно на конечной стадии литификации тонких глинистых и мергелистых осадков в условиях синхронно развивающихся процессов: продолжающегося уплотнения еще незатвердевшего окончательно осадка и замедленного растворения стенки известковой раковины по направлению изнутри наружу. В этом случае происходит постепенное сближение и затем наложение друг на друга к этому времени сформировавшихся двух поверхностей: поверхности внутреннего ядра и поверхности отпечатка раковины на породе. Следствием чего на внутреннем ядре отразится негативный отпечаток внутренней и позитивный отпечаток внешней поверхности раковины. А оттиск на вмещающей породе, наоборот, будет представлять негативный отпечаток внешней и позитивный отпечаток

внутренней поверхности раковины. Чем тоньше была раковина, тем меньше будет искажение отпечатков. Наиболее часто встречаются сложные внутренние ядра, на которых можно различить только элементы внешней поверхности раковины, а элементы внутренней поверхности бывают полностью затушеваны. Например, сложные внутренние ядра раковин аммонитов с развитой в той или иной степени скульптурой (берриаселлиды, литоцератиды и др.) в мергелях титона и берриаса Феодесийского района Восточного Крыма или аммониты из нижнеюрских посидониевых сланцев и нижнетитонских зольнхофенских литографских известняков ФРГ [48].

Наружные ядра. Наружным ядром называется определенная форма (тип) сохранности окаменелости в виде естественного слепка-отливки, образовавшегося в результате заполнения вторичным минералом полости, оставшейся в породе после разрушения остатка организма, и воспроизводящего его форму и размеры и позитивно отражающего структуру внешней его поверхности (cast — англ.) (рис. 22, В-16). Наружное ядро всегда является минеральной псевдоморфозой по остатку. Так как внешний отпечаток должен сформироваться до момента выполнения вторичной полости, возникающей на месте остатка, то необходимым условием для этого является затвердевание осадка, окружающего остаток, т.е. превращение осадка в породу. В таком случае при нормальных условиях вторичная полость может быть выполнена только вторичным фоссилизирующим веществом. Значит ядра раковин моллюсков, сложенные осадочной породой и имеющими на своей поверхности скульптурные элементы, присущие внешней поверхности раковины, не могут являться наружными. Но в литературе при описании окаменелостей такие ядра сплошь и рядом называются наружными. По нашему представлению они являются сложными внутренними ядрами (рис. 22, Б-11).

На поверхности наружного ядра, если минеральное вещество, из которого оно состоит, не является кристаллическим, иногда можно видеть позитивное отражение элементов строения внешней поверхности остатка — копию с отпечатка этой поверхности на породе. Отпечаток на породе будет представлять, в свою очередь, негативное отражение внешней поверхности остатка.

Образование отпечатков. Отпечатком называется определенная форма (тип) сохранности окаменелости в виде естественного оттиска мягкого тела или скелета в породе, воспроизводящего контуры и размеры всего остатка или его части и обычно отражающего элементы строения внешней поверхности окаменелости (mould, mold — англ., Abdruck — нем.). При сохранении отпечатка сама окаменелость может присутствовать (в случае ее отделения от породы при сборе или препарировке) или быть уничтожена, в первую очередь, растворена в процессе фоссилизации. По происхождению и характеру строения отпечатки можно разделить на простые, или обычные, и сложные.

Простые отпечатки представляют собой оттиски одной какой-либо поверхности остатка. В большинстве случаев они являются негативной копией внешней поверхности (рис. 22, Б-7, В-16, 18). Чтобы получить

позитивную копию, необходимо с такого отпечатка сделать искусственный слепок. К такому типу отпечатков относятся обычные отпечатки мягкого тела, раковин и других скелетных образований беспозвоночных, отпечатки трупов и скелетов позвоночных, отпечатки листьев, стеблей, веток и стволов растений, захороненных в осадке любого осадочного бассейна (например, отпечатки бесскелетных организмов из докембрийских песчаников Эдиакары, Австралия; офиур из сланцев девона Гольцмадена, ФРГ; отпечатки перьев птиц, медуз и безраковинных головоногих моллюсков в плитчатых известняках верхней юры Золенгофена (ФРГ); рыб и насекомых из верхнеюрских рыбных сланцев Каратау, Казахстан; псилофитовых из девона Кузбасса и т.д.). Простыми отпечатками являются следы хождения и ползания различных животных.

Отпечатки большинства плоских или уплощенных окаменелостей представляют собой так называемые двусторонние отпечатки, когда при расколе породы вдоль плоскости напластования и выпадения окаменелости на одной пластине породы остается негативный оттиск верхней или боковой (правой) стороны, а на противоположной пластинке — негативный оттиск нижней или боковой (левой) стороны того же самого остатка (например, в первом случае листа, во втором — рыбы). Наличие двусторонних отпечатков остатка, например, листа, указывает на то, что он сохранялся в осадке длительное время до полной его литификации. Распознавание отпечатка такого типа облегчается, если на месте листовой пластинки сохраняются остатки углистой пленки — фитолеймы листа. Но по листу в некоторых случаях могут образоваться и так называемые односторонние отпечатки, представляющие собой оттиски одной и той же стороны листа в негативном и позитивном выражении. Согласно А.Н. Криштофовичу (1957 г.), это явление можно объяснить так. На верхней поверхности отмерших и медленно разлагающихся в воде листьев нередко образуется минеральная, большей частью железистая пленочка, с примесью терригенной взвеси (мельчайших глинистых частиц). При захоронении листа мог бы образоваться нормальный двусторонний отпечаток, но органическое вещество листа может разложиться до момента затвердевания осадка, и последний займет его место вследствие уплотнения субстрата. В результате на одной пластинке породы мы будем иметь отпечаток верхней поверхности инкрустирующей пленки, являющейся негативом верхней стороны листа, на другой же пластинке породы — отпечаток нижней поверхности минеральной пленки, или настоящий позитивный отпечаток той же, верхней стороны листа.

Внешние отпечатки могут образоваться не только в нормальном водном бассейне, но и в наземных условиях [51]. Так, отпечатки древесной коры нередко встречаются на стенках вертикальных трубок в лавовых потоках или пелловых покровах. Трубки возникают в результате сгорания деревьев и представляют собой, как правило, отвесные шахты. Известны вертикальные трубки диаметром до 45 и глубиной до 150 см в потоке лавы в штате Валенсия в Нью-Мексико. Некоторые из них на стенках имели знаки, сходные с отпечатками коры сосны *Pinus ponderosa*. Лавовый поток, который вытекал во время извержения вулкана Килауэ на

Гавайях в 1868 г., поглотил древесные папоротники *Cibotium chamissoi*, оставив лишь отпечатки их листьев. Хорошо известен также отпечаток почти целого тела носорога в миоценовом базальте Grand Coulee в штате Вашингтон (США). Рядом с отпечатком располагались искривленные, раздробленные и минерализованные кости и зубы носорога.

Отпечатки древесной коры могут быть обнаружены также на внутренних стенках труб-роhrenштейнов, сложенных обычно железистым веществом и представляющих крустификацию по стволам и пням деревьев, возникшую в результате циркуляции в осадке или почве грунтовых вод. Древесина в этих условиях разлагается и о некогда существовавших деревьях можно судить по сохраняющимся их крустификациям, которые местами образуют целые "каменные леса" (пустыня Кызылкумы). Сложные внешние отпечатки, представляющие наложенные друг на друга отпечатки внешней и внутренней поверхностей раковины, были рассмотрены ранее (рис. 22, Б-11).

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ РАЗРУШЕНИЯ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ В ЗОНЕ ГИПЕРГЕНЕЗА

Местонахождения, сформировавшиеся в осадочной толще в процессе захоронения и фоссилизации остатков организмов, являются частью равновесной системы литосферы. В таком равновесном состоянии они могут находиться в земной коре неопределенно долго. Но в связи с горообразовательными движениями часть местонахождений выводится из глубоких слоев литосферы в ее поверхностные слои, где они оказываются в неравновесном состоянии с новой средой. С этого момента местонахождения вступают в зону влияния атмосферных агентов, и чем ближе к поверхности залегает местонахождение, тем активнее влияние на него атмосферы (на суше) или гидросферы (в море).

В зоне поверхностного выветривания, или гипергенеза, в условиях воздействия качественно новых факторов происходит интенсивное изменение и переработка окаменелостей до полного уничтожения как отдельных окаменелостей, так и целых, нередко крупных местонахождений. Таким образом, на последнем этапе тафономического цикла остатки, теперь уже на уровне окаменелостей, в зоне выветривания проходят последнюю решетку выборочности. В тектонически подвижных областях одно и то же местонахождение могло испытывать влияние поверхностного выветривания неоднократно в результате колебательных движений земной коры. Именно этим обстоятельством обуславливается, в частности, явление асинхронного переотложения окаменелостей, с которым можно столкнуться в любом районе и на любом уровне стратиграфической колонки. Процессом гипергенеза обусловлено также и то, что многие окаменелости или были растворены, или испытали неоднократное замещение минеральными соединениями. Нередко это обстоятельство упускается из виду и любая псевдоморфоза по остатку организма рассматривается как продукт диагенеза.

Ведущую роль в преобразовании пород и содержащихся в них окаме-

нелостей в зоне гипергенеза играют кислород, углекислый газ, вода и другие окислы. В результате проникновения поверхностных и подземных вод в толщу породы, а значит и в тело местонахождения, начинаются процессы химического преобразования минерального вещества окаменелостей и вмещающих их отложений. Происходит окисление, растворение, замещение, гидролиз и другие изменения. Если толща, содержащие местонахождения, вследствие продолжающегося поднятия участка земной коры выводятся выше современного базиса эрозии, то вступают в действие факторы физического выветривания (эрозия и денудация). В итоге размываются покрывающие слои, а затем вскрывается и само тело местонахождения. В крупных водных бассейнах в результате абразии дна и берегов могут быть вскрыты и разрушены местонахождения в условиях ниже базиса эрозии.

Характер доминирующих процессов выветривания зависит, в первую очередь, от климатического фактора. Как отмечает Н.М. Страхов (1962 г.), в зоне влажного, гумидного климата преимущественное развитие получают химическое и биохимическое выветривание. В зоне сухого, аридного климата доминирует физическое выветривание. Резко замедляются химические процессы и в тундре. Существует общая закономерность зависимости скорости выветривания от главных факторов: чем выше температура, чем больше влаги, кислорода или углекислоты, тем активнее протекают процессы выветривания. Следует отметить, что скорость изменения и разрушения зависит не только от факторов внешней среды, но также и от строения самого местонахождения, в первую очередь, от сохранности и характера фоссилизации окаменелостей и от структуры и степени литификации окружающих пород.

Размах современного гипергенного химического преобразования окаменелостей и физического разрушения местонахождений, оказавшихся на дневной поверхности, поистине огромен. Масштаб и механизм деструкции местонахождений в наши дни дает нам представление о несметном числе местонахождений, сформировавшихся в прежние эпохи истории Земли и уничтоженных подобными процессами в течение последующих миллионов лет. Естественное вскрытие местонахождений наземной фауны и флоры, особенно крупных, может иногда происходить в течение очень длительного времени. Как указывает И.А. Ефремов [15], обширные площади, занятые отложениями палеозоя в Южной Африке и Советском Союзе и кайнозоя в Северной Америке, Европе и Азии, вскрывались денудацией на протяжении нескольких миллионов лет и все еще несут в себе большое число богатейших местонахождений. Небольшие захоронения, естественно, разрушаются намного быстрее и полностью исчезают из геологической летописи. Местонахождения морских организмов, представленные пластами или толщами органогенных пород, занимающих часто значительные площади и протягивающихся на огромные пространства, будут разрушаться, наоборот, длительное время. Таким образом, гипергенные процессы в течение всего времени экспозиции будут оказывать влияние на местонахождение в целом и на каждую окаменелость, в частности.

Остановимся на кратком рассмотрении основных процессов гипергенеза. Они по сути дела те же, что воздействуют на посмертные остатки первичного исходного комплекса при их аккумуляции на стадии некроценоза и танатоценоза и на нелитифицированный осадок. Отличие заключается в том, что в данном случае они оказывают воздействие уже на измененные, фоссилизированные остатки (окаменелости) и на породу.

Основными процессами гипергенеза, действующими на окаменелости, являющиеся окисление, растворение, заполнение пустот, замещение, эрозия и абразия.

ОКИСЛЕНИЕ

Окислительные процессы в толще пород особенно активно протекают на тех глубинах, которые определяются уровнем грунтовых вод. Большую роль при этом играют поверхностные или дождевые воды, несущие растворенные O_2 и CO_2 . В 1 л дождевой воды содержится 25–30 см³ газа, в составе которого 30% кислорода, 60% азота и 10% CO_2 . В присутствии кислорода и воды особенно активно окисляются и разлагаются минералы сульфидной группы, образуя сульфаты, гидроокислы, карбонаты и другие кислородные соединения. Так, пирит в зоне окисления разлагается по линии сульфат закиси железа – сульфат окиси железа – гидроокись железа (лимонит) и свободная серная кислота, переходящая в раствор. В результате этого процесса не только в обнажениях, но и в коллекциях или на витринах музеев красивые кристаллические пиритизированные окаменелости со временем превращаются в кучки ржавого лимонитового порошка, если они не будут соответствующим образом предохранены от воздействия кислорода и влаги. Сидерит в зоне окисления также неустойчив и переходит в лимонит, гетит или гидрогематит. При этом происходит разрушение сидеритовых конкреций и содержащихся в них окаменелостей.

РАСТВОРЕНИЕ

Данный процесс хорошо известен и заключается в том, что высокоактивные поверхностные и грунтовые воды, обогащенные CO_2 , проникая по трещинам и полостям в породу на различную глубину, растворяют находящиеся в ней окаменелости, сложенные карбонатом кальция, а продукты растворения выносят из породы. В случае безвыборочного растворения порода также выщелачивается полностью или частично. В последнем случае она приобретает пористый, ноздреватый облик. Как показали проведенные И.Н. Гинзбургом (1960 г.) экспериментальные исследования, скорость прохождения воды через карбонатные породы зависит от характера их пористости. Например, коэффициент фильтрации для доломита равен 10^{-7} см/с, известняка 10^{-9} см/с. Если исходить из геологического масштаба времени, то даже при малой скорости фильтрации вода может пройти в породе значительное расстояние. Например, при скорости воды 3 см в год (коэффициент фильтрации равен 10^{-7} см/с)

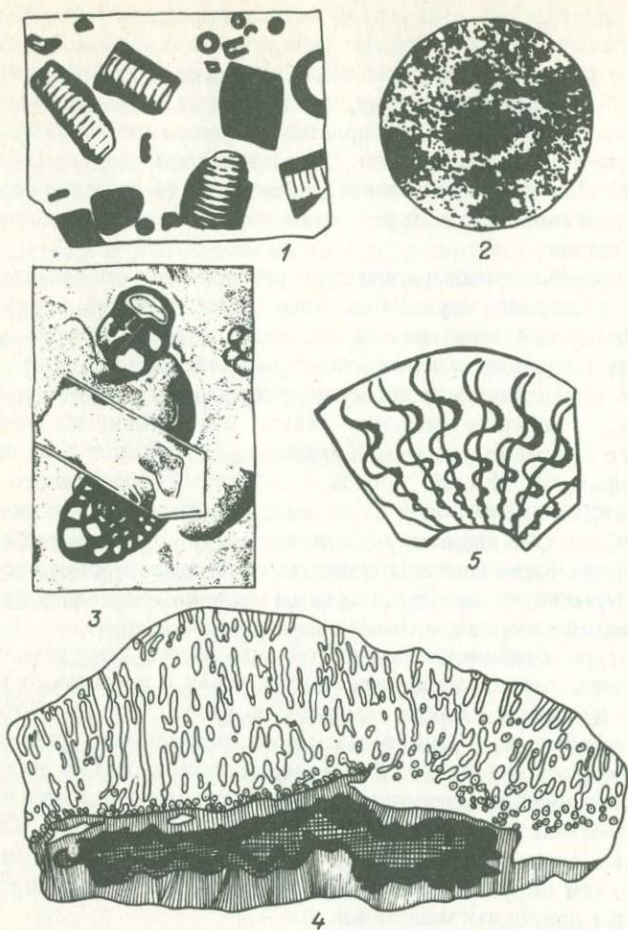


Рис. 23. Формы изменения окаменелостей в зоне гипергенеза

1 — растворение фрагментов кальцитовых стеблей морских лилий *Stenocrinus tyropis* в песчанике (форма стеблей сохраняется благодаря ядрам центральных каналов, выполненных породой, $\times 0,5$), D_2 ef (А.Н. Müller, 1963), 2 — растворение известковых раковин фузулин в доломите с последующим заполнением пустот вторичным кальцитом (черное), бассейн Волги, р. Моржвава, Самарская лука. C_3 (по М.Э. Нонинскому, 1913), 3 — известковые раковины фораминифер *Eostaffella mosquensis* и вмещающий известковый песчаник заместились кварцем (в идиоморфном кристалле кварца сохранились следы ассимилированной раковины в виде ее теневого контура, $\times 100$), Урал, р. Большой Ик, Р. Моржвава, Самарская лука. C_3 (по Н.П. Малаховой, 1967), 4 — замещение кремнеземом известкового скелета *Chaetetes* (окремнение начинается из центральных частей колонии, хететес сверху и сбоку оброс колонией табулятного коралла *Syringopora*, белые участки — известняк, $\times 0,5$), Подмоскowie, С, 5 — обломок внутреннего ядра аммонита *Ceratites semipartitus* с двойными лопастными линиями (псевдосептами), $\times 1$, ФРГ, район г. Ахенхаузена, Т, верхние цератитовые слои (А.Н. Müller, 1976)

за 3330 лет она пройдет толщу карбонатных пород в 100 м. Но так как доломиты оказываются в 2–3 раза более устойчивыми к воде, чем известняки, то за 1 год из доломитов будет вынесено 0,0054 %, а из известняков 0,27 % от массы слоя породы. За 3330 лет из доломита будет вышелоно 18 % кальция и магния, пористый же известняк того же объема полностью растворится за 400 лет. Если проходящие через карбонатные породы воды к тому же постоянно дренируются (в случае уровня грунтовых вод ниже слоя известняков), то на породах развиваются процессы карстообразования.

Именно процессом поверхностного растворения объясняется факт нахождения в породе внутренних ядер окаменелостей, окруженных пространством, ранее занятым тем или иным скелетным образованием. Выборочность растворения известковых окаменелостей в зоне гипергенеза нередко определяется первичным минеральным составом исходного остатка. Так, в нижнеготеривских сильно известковистых песчаниках юго-западного Крыма гастроподы *Harpagodes*, *Ampullospira* и др. представлены, как правило, ядрами, иногда с остатками раковинного слоя, а устрицы *Amphidonta*, *Arctostrea* и др. не несут заметных следов растворения. Это связано, по-видимому, с тем, что раковины гастропод к моменту выветривания были сложены менее устойчивой разностью вторичного кальцита, заместившего при фоссилизации первичный арагонит. Раковины же устриц с самого начала состояли из первичного кальцита.

В литературе сообщается также об отпечатках панцирей морских ежей в доломите верхнего карбона Подмосковья и пустотах от раковин фузулинид в доломите карбона Предуралья (рис. 23) и др. Хорошо известен факт обеднения микроостатками (раковинами фораминифер и остракод) одного и того же слоя в местах выхода его на дневную поверхность по сравнению с невыветрелыми участками обнажения и с более глубокими частями слоя, вскрытыми буровыми скважинами. Окремненные скелетные остатки, находящиеся в известняке, лучше противостоят растворению, чем окружающая порода. На поверхности таких пород обычно наблюдается природная мацерация.

Ядра окаменелостей также подвергаются процессу растворения. Первичная скульптура на ядрах обычно сначала сглаживается, затем полностью исчезает. У некоторых двустворчатых моллюсков с груборебристой раковиной в результате равномерного растворения последней в зоне выветривания может произойти перенос внешней скульптуры на гладкое внутреннее ядро, в связи с чем оно приобретет облик наружного ядра. В отличие от обычного внутреннего ядра, на поверхности которого негативно отражается скульптура внутренней поверхности раковины, приведенная разновидность ядра будет нести позитивное отражение внешней скульптуры. Если не сохраняется хотя бы фрагмент стенки раковины, то вторичную (внешнюю) скульптуру на поверхности внутреннего ядра можно принять за скульптуру внутренней поверхности раковины и тем самым описать вид, не соответствующий действительности.

С процессом гипергенного выветривания, скорее всего, связано еще одно своеобразное явление — так называемое удвоение лопастной линии

на внутренних ядрах некоторых аммонитов [48]. В результате растворяющего действия воды на поверхность внутреннего ядра аммонита, сложенного карбонатной породой, на месте лопастной линии, представляющей периферическую часть поперечной перегородки в раковине, образуется линейное углубление, повторяющее ее контуры. Это углубление в процессе выветривания ядра без существенных изменений проектируется вертикально вниз, что ведет к образованию так называемой псевдолопастной линии. Но поскольку перегородки, разделяющие газоносные камеры, уходят внутрь и при этом значительно упрощаются, на их месте при сильном выветривании поверхности ядра иногда возникает тонкий гребень, соответствующий перегородке и пересекающий псевдолопастную линию (см. рис. 23, 5). По мере усиления выветривания обе пересекающиеся линии все больше удаляются друг от друга, так что по расстоянию между ними можно судить о степени выветрелости ядра.

ЗАПОЛНЕНИЕ ПУСТОТ

В случае медленной фильтрации воды через породу и при достаточной ее минерализации происходит выпадение вещества, находящегося в растворе. Это вещество закупоривает и выполняет поры в породе, что еще больше снижает скорость фильтрации и усиливает выпадение из раствора и дальнейшую перекристаллизацию вещества. Если вещество выполняет полость, оставшуюся от ранее растворенной окаменелости, то получается псевдоморфоза, сохраняющая форму и размеры, но лишенная внутренних структурных элементов (внешнее ядро). Например, в доломитах карбона Предураля, содержавших большое число раковин фузулинид, последние были растворены, а их место занял вторичный кальцит (см. рис. 23, 2). Он выполняет не только полости от раковин, но и пропитывает всю массу породы.

ЗАМЕЩЕНИЕ

Поверхностное замещение, или гипергенный метасоматоз происходит в результате циркуляции в толще породы холодных пересыщенных минеральных растворов. Замещение особенно активно протекает тогда, когда фильтрация вод через породу идет очень медленно. При этом усиливаются реакции обмена с первичными минералами породы. Процесс может сопровождаться также выпадением вещества из растворов. Некоторые вещества, благодаря реакции с водой (гидролизу), образуют трудно растворимые гидроокислы, которые при большой концентрации могут второй или очередной раз заменить вещество окаменелости. Число таких минералов и соединений достаточно большое.

Характерная особенность гипергенного метасоматоза — замещение новообразованным веществом исходного минерала с сохранением его объема и конфигурации. Это обусловлено тем, что растворение исходного минерала и образование на его месте нового вещества происходит в очень узких полостях-щелях. Как отмечает В.В. Добровольский (1977 г.), процесс замещения при гипергенезе идет двумя путями: 1) вторичный

минерал растет единым крупным кристаллом (0,1–1,0 мм) и постепенно замещает исходный минерал такой же величины или 2) в теле первичного минерала появляются изолированные центры роста (0,01–0,02 мм) дисперсных новообразований; число их увеличивается и они постепенно занимают весь объем исходного минерала; этот процесс ускоряется в случае развития мельчайших трещин в минералах. Как показали исследования с помощью сканирующего микроскопа, между первичным и вторичным минералами всегда имеется плоская щель около $1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-5}$ см. Аналогичные трещины-щели развиваются в любых горных породах в зоне выветривания. По ним вода и растворы могут проникать и в такие участки, которые кажутся на первый взгляд монолитными. В связи с этим гипергенный метасоматоз может активно происходить в толщах пород, находящихся еще далеко от поверхности земли.

Наиболее широко распространенной формой эпигенетического замещения известковых окаменелостей и вмещающих их карбонатных пород является окремнение. Возможной причиной, вызывающей осаждение кремнезема из раствора, циркулирующего в толще, является уменьшение щелочности поровых вод, что связано с подкислением среды в условиях зоны гипергенеза, обусловленной, в свою очередь, усиленным растворением CO_2 в поровых водах. Последний же в поверхностных условиях присутствует в избыточном количестве. Окремнение пород на дневной поверхности связано с переходом SiO_2 из растворимого состояния в нерастворимое. Если в воде, циркулирующей в толще пород, растворимая SiO_2 находится в равновесии с CO_2 , то при выходе воды на поверхность она освобождается от CO_2 , и тогда избыток SiO_2 в новых равновесных условиях выпадает. Воды углекислых минеральных источников осаждают таким образом опал.

Известны многочисленные случаи гипергенного окремнения карбонатных скелетных образований [24]. Приведем некоторые из них. При замещении кремнеземом пермских пород Урала, содержащих известковые раковины фузулинид, происходит иногда образование идиоморфных кристаллов кварца, как бы секущих раковины фораминифер (см. рис. 23, 3). Наличие тектина в стенке раковины препятствовало кварцу полностью ассимилировать карбонат, в результате в кристалле остались следы в виде теневого контура той части раковины, которая попала в кристалл. В большинстве случаев при образовании псевдоморфоз кварц замещает либо только стенку, тогда контуры всей раковины и отдельных камер полностью сохраняются, либо замещается вся раковина с полной переработкой (перекристаллизацией) внутренней ее части и вследствие этого потерей всех ее структурных особенностей. Скорее всего с гипергенным замещением связано широкое распространение окремнения остатков различных организмов в каменноугольных известняках Подмосковья. На отдельных образцах видно, что окремнение колоний гидроидных или кораллов начинается иногда с центральных ее участков и неравномерно развивается к периферии (см. рис. 23, 4). Во многих случаях замещаются не только скелеты, но и сама порода [19]. Нередко в зоне гипергенеза опаловые псевдоморфозы по растительным остаткам со вре-

менем замещаются кварцем. Так как опал является неустойчивым соединением, то он в процессе дегидратации теряет воду и кристаллизуется, замещаясь халцедоном. Последний затем переходит в кварц с полным уничтожением внутренней структуры окаменелости.

Если в карбонатной толще циркулируют грунтовые воды, проходящие также через зону окисления рудных сульфидных месторождений, то в результате реакций обменного разложения часто наблюдается замещение кальцита другими минералами (гипсом, доломитом, смитсонитом, малахитом и др.) по реакции: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (при окислении пирита) $+ \text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гипс) $+ \text{CO}_2$ или $\text{ZnSO}_4 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{ZnCO}_3 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гипс). Возможно, благодаря этому процессу, образовались известные гипсовые псевдоморфозы по древесине.

В пермских медистых песчаниках Западного Приуралья часто встречаются псевдоморфозы малахита по растительным остаткам. Как предполагает А.Г. Бетехтин (1950 г.), малахит здесь образовался в результате реакций проникавших сюда медистых растворов с карбонатом, содержащимся в цементе и растительных остатках. Первоисточником меди могли служить медные залежи Урала, усиленно разрушавшиеся в континентальную позднепермскую эпоху. Малахит образуется исключительно в зоне окисления медных сульфидных месторождений, особенно, если они залегают в известняках. Механизм его образования в карбонатных породах сводится к следующему: медный колчедан или халькопирит в зоне выветривания химически разрушается и дает сульфаты меди и железа. Растворимый сульфат меди вступает в реакцию с раствором бикарбоната кальция и выпадает в виде гелей (отсюда широко распространенные натечные формы малахита): $2\text{CuSO}_4 + 2\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CuCO}_3 \cdot x\text{Cu}(\text{OH})_2$ (малахит) $+ \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гипс) $+ 3\text{CO}_2$.

В зоне выветривания месторождений свинца и цинка, благодаря циркуляции растворов в полостях породы, иногда происходит замещение окаменелостей этими минералами [45]. Так, кости поздне третичных животных, накопившиеся в одной из пещер близ рудника Брокенхилл в Родезии, были fossilized фосфатом цинка и свинца. На современных коралловых рифах фосфорная кислота, образующаяся из гуано птиц, по трещинам проникает на глубину и превращает известковую породу с содержащимися в ней остатками организмов в фосфорит. Псевдоморфозы глауконита по микроостаткам в зоне выветривания не сохраняются, так как этот минерал неустойчив к процессам выветривания. Углекислота очень быстро переводит его во вторичный карбонат железа и лимонит. В среднеолигоценовых песках под Штеттином (ГДР) обнаружены бурые шарики лимонита, которые, как предполагают, произошли из продуктов преобразования рассеянного глауконита; шарики содержат либо остатки с блестящими раковинами, либо их внутренние ядра [45].

ЭРОЗИЯ И АБРАЗИЯ

На суше, на дневной поверхности, благодаря комплексному воздействию экзогенных процессов, окаменелости разрушаются очень активно. Основными процессами их деструкции являются эрозия и денудация.

В результате местонахождение может быть полностью разрушено, а окаменелости водными потоками и силой тяжести перемещены на новое место, т.е. переотложены, или тонкозернистые породы, содержавшие остатки организмов, будут размывы и вынесены, а окаменелости, как более тяжелая фракция, останутся на месте и из них образуется обогащенный фосфиленосный слой (остаточное конденсированное местонахождение). Отдельные окаменелости при длительном лежании на поверхности обнажения распадаются на отдельные части, иногда обусловленные их структурными особенностями. Например, ростры позднемерловых белемнитов, по мнению Д.П. Найдина [28], раскалываются по спинно-брюшной плоскости потому, что она возникает в результате вторичных превращений вещества ростра еще в осадке. На некоторых позднеюрских рострах иногда происходит отслаивание слоечков кальцита или отщипывание ("раздевание ростра"). При этом нарушается первичное соответствие числа молодых и взрослых форм, так как этот процесс протекает на различных рострах неравномерно (ростры *Cylindrotheutis* в верхнеюрских фосфоритовых глинах в карьерах Воскресенска).

Разновидностью поверхностной эрозии является механическое разрушение скелетных остатков в зоне вечной мерзлоты. Как сообщает О.В. Суздальский (1967 г.), раковины моллюсков, захороненные в четвертичных рыхлых песках на севере Сибири (Усть-Енисейская впадина), в результате многократного замерзания и разморозания поверхностных участков обнажения сильно дробятся и полностью разрушаются (морозобойный эффект). Вглубь обнажения наблюдаются убывание количества битых раковин и снижение степени их раздробленности. Это обстоятельство должно учитываться при изучении осадочных толщ в областях распространения вечной мерзлоты.

В море главными факторами разрушения местонахождений является абразия. Благодаря ей происходят размывание пород и переотложение окаменелостей на любом участке бассейна — от берега до центральных районов океана. Огромной разрушительной силой обладают также мутьевые потоки, действующие особенно активно на континентальных склонах морей и океанов. Большую роль в разрушении коренных карбонатных пород и окаменелостей играет биотический фактор (биоэрозия). Несметное число сверлящих организмов биохимически протравливают или механически сверлят плотные известняки, мергели, колонии организмов, стенки биогермов, конкреции фосфоритов и т.д. Иногда одна и та же окаменелость или конкреция может сверлиться одними или другими организмами несколько раз, благодаря ее неоднократному перезахоронению (см. рис. 15). Большую разрушительную силу имеют также процессы обычного химического растворения (выщелачивания).

РАЗРАБОТКА ТАФНОМИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ

Разработка тафномических классификаций местонахождений ископаемых организмов является одной из задач тафномии. От правильной расшифровки генезиса местонахождения в большой степени зависит

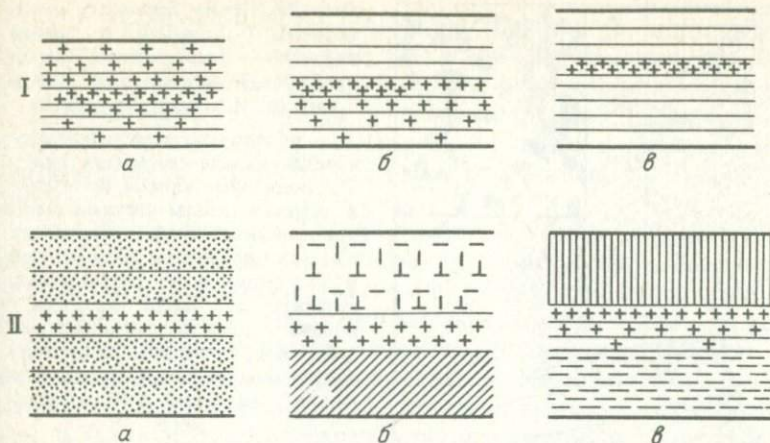


Рис. 24. Группы и типы местонахождений, выделенные по морфологическим признакам (по И.А. Ефремову, 1950).

Объяснение в тексте

реконструкция обстановки, в которой происходило накопление скелетного материала, обстановки седиментации, а значит и общей палеогеографической обстановки.

В основу классификации местонахождений водных беспозвоночных организмов большинством исследователей положен морфологический критерий — биостратомические признаки скопления окаменелостей. Выделяются типы местонахождений (ориктоценозов): рассеянный, пятнистый, линзовидный, пластовый и др. (см. табл. 8).

Более сложный вопрос — создание классификаций местонахождений позвоночных организмов. Значительное число классификаций, предложенных разными авторами, может быть отнесено к разряду генетических, так как они основаны не только на биостратомических признаках, но и на анализе генезиса отложений, заключающих костные остатки. Отметим две основные тенденции в создании классификаций местонахождений позвоночных организмов: они разрабатываются пока применительно к конкретным группам организмов, преимущественно к наземным позвоночным, и в их основу кладутся различные критерии. Исходя из этого, мы ~~может~~ сделать вывод, что в настоящее время тафономия находится лишь на пути создания общей тафономической классификации местонахождений водных и наземных ископаемых организмов.

В качестве примера приведем отдельные классификации местонахождений ископаемых организмов, основанные на различных критериях.

И.А. Ефремовым [15] выделено несколько типов местонахождений палеозойских наземных позвоночных, объединяющихся в две группы. Для каждого типа реконструируется обстановка захоронения костных остатков.

Группа I. Костеносные слои петрографически не отличаются или сла-

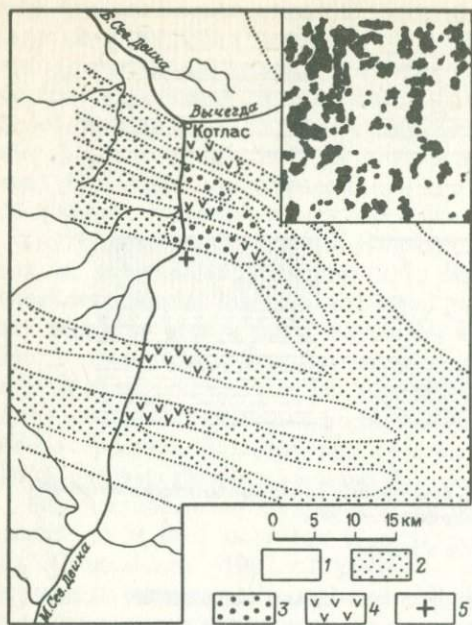


Рис. 25. Схема дельтовых русел пермского возраста в районе главных северодвинских местонахождений наземных позвоночных (по И.А. Ефремову, 1950)

1 - области затопленной дельты с медленным течением (мергели); 2 - подводные каналы, промытые в осадках дельты струями быстрого течения; 3-4 - скопления в песчаных линзах: 3 - костей и скелетов, 4 - растительных остатков, 5 - линза "Соколки"; врезка - план расположения песчаных линз с конкрециями со скелетами пресмыкающихся, линза "Соколки", раскопки В.П. Амалицкого

бо отличаются от подстилающих и покрывающих отложений (обстановка седиментации в зоне захоронения в течение длительного времени существенно не изменялась):

Тип 1. Обогащение породы остатками происходит постепенно; самое значительное их количество приходится на среднюю часть костеносного пласта; выше него идет также постепенное уменьшение количества окаменелостей (рис. 24, Ia) (в одной и той же обстановке сохраняются условия для длительного и постепенного захоронения танатоценозов).

Тип 2. Обогащение породы идет постепенно, затем наблюдается их резкое исчезновение (рис. 24, Ib) (обстановка захоронения такая же, как в типе 1).

Тип 3. Обогащен только один слой из всей серии однотипных слоев (рис. 24, Ic) (накопление остатков происходило в результате быстрого захоронения массового танатоценоза).

Группа II. Костеносные слои резко отличаются от подстилающих и покрывающих отложений (обстановка седиментации в зоне захоронения изменчива).

Тип 1. Подстилающие и покрывающие отложения петрографически одинаковые (рис. 24, IIa); костеносный слой имеет небольшую ширину и мощность, в плане линзовидный или лентовидный (резких изменений в обстановке не происходило; тип связан с появлением местного временного потока переменной силы; захоронения данного типа приурочены в основном к подводным дельтовым руслам (рис. 25).

Тип 2. Подстилающие и покрывающие отложения разнородны: первые грубо-, вторые — тонкозернистые; между ними нет постепенного перехода (рис. 24, Пб); основное количество остатков приурочено к костеносному слою; выше могут встречаться лишь мелкие остатки (изменение обстановки резкое; накопление остатков происходило в момент перелома седиментационного процесса в сторону уменьшения силы потока или струй).

Тип 3. Костеносный слой представляет собой переходную пачку между разнородными подстилающими (более грубыми) и покрывающими (более тонкими) отложениями (рис. 24, Пв); обогащение костеносного слоя происходит постепенно; максимальная численность остатков — на контакте с покрывающими породами (изменение обстановки постепенное; условия, благоприятные для накопления остатков, нарастают постепенно: сначала отлагаются наиболее крупные кости и их фрагменты, затем материал более цельный и лучшей сохранности, и, наконец, в последнюю фазу в захоронение будут попадать полные скелеты, принесенные в виде плавающих трупов).

А. Зейлахер [49] одним из первых предложил классификацию местонахождений наземных и водных организмов, основанную на характере общей обстановки седиментации и аккумуляции остатков. Местонахождения объединены в две группы в зависимости от характера расчлененности и сохранности скелетных образований.

Группа I. Местонахождения — концентраты (Konzentrat — Lagerstätten) (скопления расчлененных скелетных образований):

а) конденсированные местонахождения: концентрация остатков происходит при отсутствии или низкой скорости осадконакопления (горизонты конденсации);

б) россыпные местонахождения: концентрация остатков обусловлена процессами сортировки (бонебеды — костная брекчия, русловые отложения);

в) местонахождения ловушки-концентраты: аккумуляция остатков происходит в результате заполнения полостей (выполнение карстовых расселин или нор зарывания).

Группа II. Местонахождения — консерваты (Konsevat — Lagerstätten) (скопления, как правило, цельнокостных остатков, сохранивших органическое вещество):

а) местонахождения — стагнаты: осаждение и концентрация остатков в сапропелевых отложениях в анаэробных условиях (черные сланцы, литографские известняки);

б) местонахождения — обрушения: консервация остатков обусловлена их быстрым захоронением в осадке, отложенном в восстановительной среде (фация органического ила; например, гунсрюкские сланцы);

в) местонахождения ловушки-консерваты: быстрое погребение остатков в консервирующей среде (в торфе, янтаре).

А.Б. Юрген [46] местонахождения каменноугольных и пермских позвоночных — тетрапод классифицировал по способу накопления остатков. В зависимости от характера переноса и сортировки остатков позвоноч-

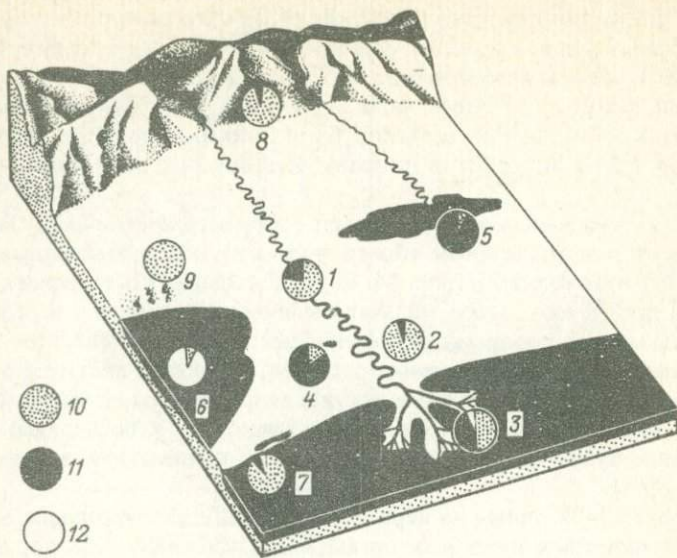


Рис. 26. Обстановки образования местонахождений каменноугольных и пермских тетрапод (А.В. Юрген, 1977).

1 – русло и прирусловые отмели; 2 – пойма; 3 – дельтовая бухта; 4 – небольшое и 5 – большое озеро, 6 – внутреннее море; 7 – лагуна; 8 – карстовая трещина; 9 – субазральные отложения; 10–12 – экологический состав организмов (в местонахождениях различного генезиса сильно варьирует; приведенные соотношения приблизительные): 10 – наземная, 11 – озерная и 12 – морская фауна

ных местонахождения объединяются в две группы – А и Б.

Местонахождения Группы А образовались при значительном влиянии переноса и сортировки (рис. 26, 27):

Тип А-1. Накопление остатков в условиях переноса и сортировки в водной среде.

а) перенос и сортировка в водном потоке (в русле и на прирусловых отмелях);

б) перенос временными потоками и накопление в карстовых полостях при быстром иссякании воды (заполнение трещин);

в) падение на дно отделившихся частей скелета от дрейфующих трупов.

Тип А-2. Перенос и накопление остатков при воздействии хищников и падаледов.

Местонахождения Группы Б образовались без значительного влияния переноса и сортировки (рис. 28):

Тип Б-1. Накопление остатков вследствие массовой гибели организмов в самом бассейне или в непосредственной близости от него.

Подтип 1. Накопление трупов в стоячих водоемах:

а) в небольших, в том числе торфяных озерах;

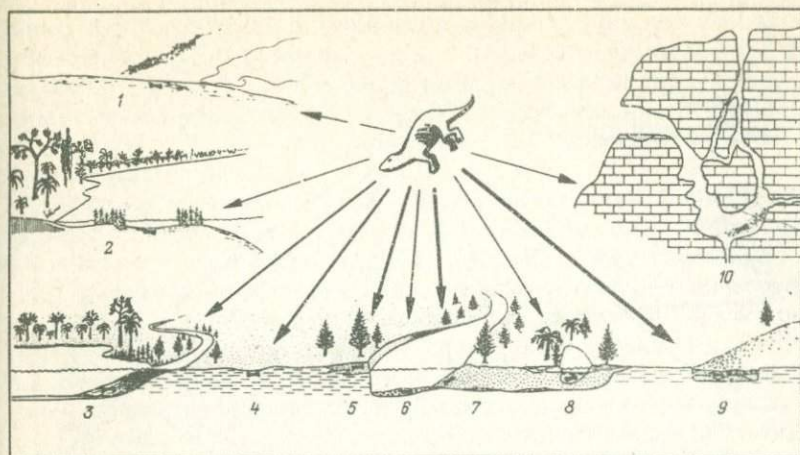


Рис. 27. Обстановки образования местонахождений наземных позвоночных при значительном влиянии переноса и сортировки (А.В. Jürgen, 1977).

1 – прибрежный песок; 2 – береговая линия озера; 3 – дельтовое озеро; 4 – пойма; 5 – естественный прирусловой вал; 6 – русловой остаточный гравий; 7 – песчаная коса, 8 – озеро-старица; 9 – русловые отложения; 10 – заполнение трещин (толщина стрелок) – относительная частота встречаемости соответствующих типов местонахождений)

б) в эстуариях, дельтовых бухтах, прибрежных лагунах, мелководных внутренних морях.

Подтип 2. Накопление групов в тонкозернистых глинистых осадках:

- а) погружение плавающего група в жидкий пластичный ил;
- б) внезапное погребение животных подводным оползнем или осадками суспензионного облака;
- в) накопление организмов, обитающих в дельтовых заливах, в результате их массовой гибели при перемешивании пресноводной и морской воды вследствие подпруживания реки; последующее захоронение остатков происходит в тонкозернистых осадках, выпавших из взвеси;
- г) накопление в дельтовых озерах животных, обитавших как в них, так и в их окрестностях, во время затопления этих озер подпруженными водами.

Тип Б-2. Накопление остатков в "ловушках".

Подтип 1. Погружение групов в консервирующую среду (озокерит, асфальт, торф, болотный ил, песок-пльвун).

Подтип 2. Попадание мелких животных в полости стволов сигиллярий, находившихся в полузатопленном состоянии и сохранявших длительное время вертикальное положение.

Г.А. Бачинский [5] местонахождения неогеновых и антропогеновых наземных позвоночных Украины классифицировал по генезису содержащих их отложений. Им предложен термин "тафонсмический тип", под которым понимается "тип осадочной породы, которая может содержать

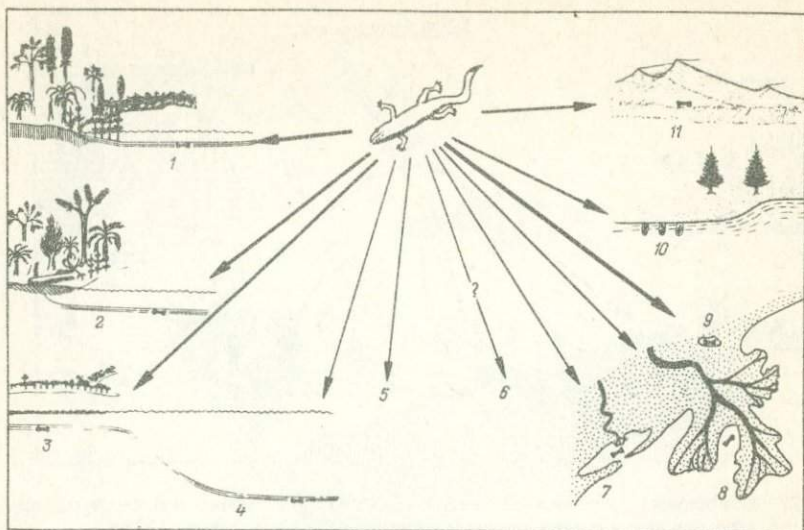


Рис. 28. Обстановки образования местонахождений наземных позвоночных без значительного влияния переноса и сортировки (А.В. Jürgen, 1977).

1 — эвтрофное и 2 — заболоченное озеро; 3 — мелководная бухта озера; 4 — озерный бассейн, 5 — внутреннее море; 6 — залив или бухта; 7 — лагуна; 8 — дельтовое озеро; 9 — дельтовое озеро; 10 — пересыхающее озеро; 11 — дюны (толщина стрелок — относительная частота встречаемости соответствующих типов местонахождений)

местонахождение ископаемых костей” [с. 65]. Тафономический тип он подразделяет на тафономические фации, представляющие собой “фации, богатые захоронениями”. Г.А. Бачинским предложена следующая тафономическая классификация местонахождений.

1. Пещерный тафономический (Т.) тип; тафономические фации: а) грогов и навесов, б) горизонтально-наклонных пещер, в) пещер со входом в крутых обрывах, г) вертикальных колодцев и шахт.

2. Тафономический тип субазральных мелкоземных отложений водоразделов; фации: а) открытых водораздельных площадей, б) тальвегов оврагов и балок, в) пологих склонов оврагов, балок и речных долин.

3. Аллювиальный Т. тип; фации: а) пойменная, б) русловая, в) дельтовая.

4. Торфовый Т. тип.

5. Битумный Т. тип.

6. Прибрежно-морской Т. тип.

В классификации В.Г. Очева [32] “тафономический тип” рассматривается в качестве наиболее дробного подразделения.

Термин “тафономическая фация” В.Г. Очевым не используется, так как, с его точки зрения, “тафономическому типу в литологии соответствует понятие “генетический тип”, а не фация как часть слоя” (с. 139).

Тафономический тип диагностируется на основании трех характеристик: генетических признаков вмещающих отложений, биостратомических особенностей и экологического состава захороненного комплекса организмов. В.Г. Очевым для позднепермских и триасовых наземных позвоночных востока Европейской части СССР предложена классификация тафономических (Т) типов местонахождений (М) и дана их биостратомическая характеристика.

1. Прибрежно-морской Т. тип — разрозненные остатки пресноводных животных, захороненных совместно с морской фауной (М:Т₁ — гора Большое Богдо, лабиринтодонтовый комплекс паратозуховой фауны).

2. Субаквально-дельтовый Т. тип — концентрированные линзовидные захоронения; остатки разрознены, часть их окатана, но присутствуют и целые скелеты, ориентированные спиной вниз (сплавленные группы) (М:Р₂ — р. М. Северная Двина, парейазавровый комплекс; Т₁ — Донгуз I, лабиринтодонтово-дицинодонтовый комплекс эриозуховой фауны).

3. Субазально-дельтовый Т. тип — концентрированные линзовидные захоронения; остатки разрознены, особенно в основании отдельных косых серий песчаников и алевролитов; целые скелеты практически не встречаются, так как сплавленные группы выносились в субаквальную часть дельты (М:Т₁ — район Липовской балки на Донской луке, лабиринтодонтово-архозавровый комплекс паратозуховой фауны).

4. Аллювиальный русловой Т. тип (обычно связан с пристержневым аллювием) — редкие, рассеянные захоронения; остатки разрозненные, часто окатанные; концентрация костей наблюдается лишь в конгломератах (М:лабиринтодонтово-архозавровый комплекс различных триасовых фаун).

5. Аллювиальный прибрежно-пойменный Т. тип (обычно связан с прирусловыми отмелями, поймами и водоемами дельтовых склонов) — заметные концентрации в линзах и невыдержанных прослоях; остатки слабо разрознены, принадлежат, в основном, крупным животным (М:Т₁ — Рассыпное, Кызыл-Сай II, архозавровый комплекс паратозуховой фауны).

6. Плувиально-поточковый Т. тип (связан с отложениями временных потоков) — концентрированные линзовидные захоронения; остатки разрозненные и окатанные; в кровле иногда цельнокостные остатки в положении сплавленных групп (М:Т₁ — Донгуз XII, лабиринтодонтово-архозавровый комплекс).

7. Озерно-прибрежный Т. тип (связан с прибойной зоной) — участками концентрированные захоронения в виде маломощных невыдержанных прослоев; остатки разрозненные, редко цельнокостные (прибитые к берегу группы) (М:Р₂ — Самбулак, батрахозавровый и Т₁ — Бердянка I, дицинодонтовый комплексы).

8. Т. тип побережий — редкие рассеянные захоронения цельнокостных остатков, сохранивших прижизненную ориентировку животных, увязших в топком грунте (М:Р₂ — Котельнич на р. Вятке, парейазавровый комплекс; Т₁ — Бердянка I, мелкие дицинодонты).

9. Т. тип пересохших водоемов — редкие концентрированные линзовидные скопления остатков с признаками прижизненной ориентировки

некоторых животных (М:Р₂ — Донгуз VI на р. Донгуз, захоронение батрахозавров в прослое эвапоритового известняка; Т₁ — Бердянка II, где в линзе косослоистых песчаников встречено 20 скелетов крупных эризухов, погибших в луже во временно пересохшем русле).

В.Г. Очев для каждого типа местонахождения приводит также экологический состав комплекса остатков организмов и дает характеристику палеофациальной обстановки. Такой подход показывает широкие возможности тафономического метода для реконструкции фациальной обстановки на отдельных участках (в зонах местонахождений) и палеоландшафта всего региона. Полученные В.Г. Очевым данные о многообразии тафономических типов местонахождений выявили ошибочность представлений о существовании в Приуралье в пермское и триасовое время единого огромного субаквального дельтового пояса.

В дальнейшем, по-видимому, по мере накопления сравнительного материала по местонахождениям ископаемых организмов и по условиям захоронения остатков современных организмов будут более точно выяснены биостратомические признаки захоронений для определенных обстановок накопления танатоценозов того или иного типа. И.А. Ефремов указывал, что "создание генетической классификации местонахождений является насущной необходимостью и во многом облегчит развитие тафономических исследований" [15, с. 128]. Он отмечал, что классификация местонахождений по генетическим признакам может быть построена лишь после проведения специальных тафономических исследований огромных местонахождений позвоночных Азии, Южной и Северной Америки и Южной Африки. В.Г. Очев видит путь создания генетической классификации в широком сравнительном анализе конкретных однотипных формаций различного возраста в разных районах, а также в претворении в жизнь программы актуо-тафономических исследований.

Методика тафономических и палеоэкологических исследований

В связи с тем, что тафономические и палеоэкологические исследования строятся в основном на анализе одних и тех же объектов — местонахождений остатков ископаемых организмов, — имеет место взаимопроникновение задач этих двух самостоятельных направлений в палеонтологии. Этим обстоятельством и объясняется включение в данную главу раздела "Палеоэкологический анализ ориктоценоза", что, естественно, обеспечивает более полное и всестороннее изучение местонахождения.

ОБЩИЕ УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ТАФОНОМИЧЕСКИХ И ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

В основе любых тафономических и палеоэкологических исследований лежит фактический материал в виде образцов, зарисовок, фотографий, записей и пр., полученный при полевом изучении разреза (обнажения, слоя). Достоверность выводов, таким образом, зависит от полноты сборов и тщательности полевых наблюдений, что, в свою очередь, связано

не только с желанием и подготовкой исследователя, но и от времени, которым он располагает при изучении конкретного разреза. Наиболее квалифицированное проведение тафономических и палеоэкологических наблюдений возможно при специальных тематических детальными «биостратиграфических работах, в которых участвуют палеонтологи и литологи. Насколько такой метод плодотворен, показали исследования Р.Ф. Геккера и сотрудников его лаборатории, изучивших комплексным палеоэколого-литологическим методом ряд палеобассейнов на территории Советского Союза. Одним из условий проведения таких работ является также неоднократность изучения тех же самых разрезов в разные годы, идущие параллельно с обработкой уже ранее собранного материала.

Особенностью методики полевых тафономических и палеоэкологических исследований является соблюдение палеонтологом при изучении разреза ряда условий. 1. По возможности отобрать максимальное число самых разнообразных образцов, чтобы получить более или менее адекватное представление о систематическом составе всех групп организмов, о разных формах сохранности и степени преобразований скелетных остатков в каждой из групп организмов. 2. Найти и отобрать особые образцы палеоэкологического, тафономического и литологического содержания. 3. Замерить, зарисовать, сфотографировать максимальное число образцов, чтобы иметь в дальнейшем объективный фактический материал. 4. Поставить перед собой и ответить письменно в полевой книжке, "не сходя с места", на следующие вопросы: а) форма и тип сохранности остатков различных организмов, б) количество остатков в породе, в) их распределение и ориентировка, г) систематический состав (количественный и качественный), д) генезис остатков, е) тип ориктоценоза, ж) следы жизнедеятельности, з) биогические взаимоотношения, и) экологический состав и прижизненные группировки организмов, к) приуроченность остатков к определенным типам пород и т.д. В процессе ответа на вопросы исследователь обычно неоднократно возвращается к сбору тех или иных образцов или предпринимает специальные поиски недостающего материала. Естественно, такая работа может быть осуществлена в поле только в течение достаточно продолжительного времени.

Как указывает Р.Ф. Геккер [8], условиями, благоприятными для проведения тафономического и палеоэкологического анализа являются: а) хорошая обнаженность пород, допускающая проведение наблюдений и сбор окаменелостей, б) хорошая сохранность окаменелостей, легкость извлечения их из породы, в) небольшая мощность толщи, г) значительная горизонтальная протяженность толщи, позволяющая проследить фациальные переходы по простиранию отдельных слоев, д) отсутствие или слабое развитие проявления метаморфизации пород, е) отсутствие или незначительность тектонических нарушений, что позволяет прослеживать отложения на большие расстояния и без пробелов. Наиболее полно эти условия складываются при изучении морских отложений эпиконтинентальных бассейнов, заливавших платформенные участки земной коры, в меньшей степени они проявляются в субплатформенных областях; геосинклинальные же области с их мощными толщами обычно метаморфизованных

пород и сильным развитием тектонических дислокаций представляют собой наиболее трудный объект для специальных палеоэкологических и тафономических исследований.

При проведении тафономического и палеоэкологического анализа необходимо различать первичные и вторичные признаки [8].

Первичные (палеоэкологические) признаки: 1) орижизненная ориентировка остатков, 2) приуроченность тех или иных форм к определенным частям слоя, соответствующим месту и времени их жизни, 3) следы жизнедеятельности организмов и их приуроченность к определенному уровню слоя, 4) орижизненные качественные и количественные соотношения видов.

Вторичные (тафономические) признаки: 1) сохранность, распределение и посмертная ориентировка остатков, обусловленные процессами захоронения, 2) вторичные изменения остатков, обусловленные процессами фоссилизации, 3) посмертные соотношения остатков представителей различных видов.

Методика изучения обнажения, сбора и упаковки окаменелостей и их палеонтологической обработки изложена в многочисленных руководствах и инструкциях, поэтому здесь нет необходимости рассматривать эти вопросы. Специфика работы палеоэкологического и тафономического направления заключается лишь в большей детальности наблюдений, в более полном и тщательном сборе материала и в последующей их интерпретации под соответствующим углом зрения. Остановимся на некоторых приемах работы в поле, касающихся методики сбора и получения иллюстративного материала.

"Палеонтологический квадрат". Подсчет количества окаменелостей обычно производится по отношению к единице площади или к стандартному объему породы. Первый случай наиболее удобен при изучении обычных палеонтологических объектов — макрофаунистических остатков беспозвоночных, некоторых позвоночных и иногда флористических остатков. Второй — при подсчете микрофоссилий (фораминифер, диатомей, спор и пыльцы и остатков мелких позвоночных). Для подсчета остатков на площади очень удобно пользоваться так называемым палеонтологическим квадратом. Он может легко быть сделан в любое время и в любой обстановке и представляет собой веревочный стандартный квадрат со сторонами равными 1 м и имеющими по углам 4 петли для железных шипов и 1–2 (также веревочных) внутренних рамки. Рамки (поперечная и продольная) крепятся на противоположных сторонах квадрата подвижно. Как стороны квадрата, так и рамки несут деления по 10 см. Квадрат при помощи угловых шипов жестко закрепляется на обнажении и подсчет остатков производится в поле, ограниченном соответствующими его сторонами и рамками. Размер расчетного поля внутри квадрата можно менять. Чем мельче окаменелости, тем меньше должны быть эти поля. Подсчет остатков ведется или полосами, или квадратами.

При помощи такого квадрата можно получить любые количественные показатели: общее количество остатков; по систематическому составу — группам, родам, видам; сохранности; генезису и т.д. Для получения срав-

нимых результатов квадрат должен ориентироваться на обнажениях однозначно: параллельно напластованию или перпендикулярно к нему. Первый способ предпочтительнее, но не всегда возможен, так как требует расчистки относительно широкой площади в глубину обнажения.

"Пробные площадки". При проведении специальных палеоэкологических и тафономических исследований нередко прибегают к очень трудоемкой расчистке так называемых "пробных площадок" [38]. Они всегда должны иметь стандартный размер (наиболее удобный — 2х1х0,3 м) и закладываться в стенке обнажения. Если мощность слоя будет меньше 1 м, то высота расчистки уменьшается, но увеличивается при этом ее длина, чтобы площадь сохранялась неизменной. Количество площадок определяется мощностью и литологией слоев, а также характером строения всей толщи. При закладке площадок учитывается положение в разрезе стратиграфических и литологических границ, поверхностей размыва и другие признаки.

На вертикальной стенке пробной площадки производится комплексное изучение остатков (состава, сохранности, распределения и пр.), сопровождающееся зарисовками и фотографированием. Лишь после этого палеонтологический материал отбирается из стенки. Сравнение полученных результатов производится от площадки к площадке (от слоя к слою) в одном разрезе или в пределах одного слоя в разных разрезах.

Неискаженные рисунки. Графический метод при изучении обнажений имеет очень важное значение [8]. Он значительно ускоряет процесс работы в полевой обстановке, а иллюстративный материал в виде рисунков, схем и диаграмм является обязательным при оформлении результатов исследований тафономического и палеоэкологического характера. Но рисунки, выполненные обычным, визуальным способом, несут в себе элементы схематичности и того или иного искажения "натуры". Последнее можно свести к минимуму благодаря двум приемам: копированию объектов на пленку и дешифрированию фотографий. Как показывает личный опыт, наилучший эффект достигается при использовании обоих способов.

Очень удобно в поле пользоваться листами плотной целлофановой пленки (например, рентгеновской с предварительно смытой эмульсией). Пленка накладывается на ровный участок поверхности обнажения (образца) и объекты копируются на ней специальным карандашом — "стеклографом" или фламастером. В случае большой площади копирования используется несколько листов пленки. Полученный рисунок затем переносится на обычную кальку или бумагу, а изображение на пленке смывается тем или иным способом для ее повторного использования. Скопированный рисунок "в натуру", в отличие от визуального, будет практически неискаженным как по размерам, так и по соотношениям между остатками. Неискаженный рисунок в натуре или с уменьшением можно получить и фотографическим способом. Для этого соответствующие изображения на фотографии "поднимают" гушью, затем ее помещают в растворитель ("кровянку"), чтобы ослабить фон, и оставшийся рисунок или доводят на месте или переводят на кальку. Данный прием можно использовать при выполнении рисунков любого назначения.

Изучение того или иного обнажения, разреза или местонахождения при палеоэкологическом и детальном биоэстраиграфическом исследовании строится в определенной последовательности. Вопросы, на которые необходимо ответить при изучении палеонтологического объекта, для удобства изложения методики нами объединены в группы по видам анализов: таксономического, гафномического и палеоэкологического. Последовательность в проведении наблюдений в каждом конкретном случае может меняться в зависимости от интереса и опыта исследователя. Более того, общие полевые наблюдения и первичная обработка данных должна вестись по возможности сразу по всем видам анализа. Но некоторые специальные палеоэкологические исследования (в частности биоценологические) возможны только после проведения тщательного таксономического и гафномического изучения.

Как уже говорилось, самым важным условием проведения всех исследований является их комплексность. Исследования по каждому виду анализа, начинаясь в поле, продолжают в камеральный период. Нередко камеральная обработка собранного материала частично производится в поле, что является исключительно важным обстоятельством, так как позволяет провести необходимые дополнительные наблюдения или сборы в тот же самый полевой сезон.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОРИКТОЦЕНОЗА

Данный вид анализа проводится на начальном этапе изучения местонахождения. Он предполагает такие сборы остатков из каждого слоя обнажения, которые были бы представительными как по качественному составу и количественному соотношению, так и по величине и сохранности окаменелостей. Очень важно, независимо от личных интересов сборщика к той или иной группе организмов, сохранить в коллекции по возможности природную пропорцию остатков.

Определение общего систематического состава.

Точность определения систематического положения собранных остатков зависит как от квалификации и опыта исследователя, так и от времени сбора и других обстоятельств. В полевой обстановке ископаемые остатки, как правило, определяются до группы, класса, отряда, реже до рода и вида. Основные и окончательные определения производятся в камеральный период силами специалистов по соответствующим группам организмов. В конечном итоге составляется возможно полный список видов, отражающий как общее количество, так и распределение по отдельным систематическим группам. Очень важно непосредственно в поле отметить отсутствие в сборах остатков тех организмов, которые известны в соседних разрезах (районах) или которые могут здесь ожидаться согласно их общему геохронологическому распространению. Наряду с остатками самих организмов, необходимо собирать и изучать разнообразие следы их жизнедеятельности.

Полученные данные по систематическому составу используются в дальнейшем при других видах анализа для дифференцированной характеристики

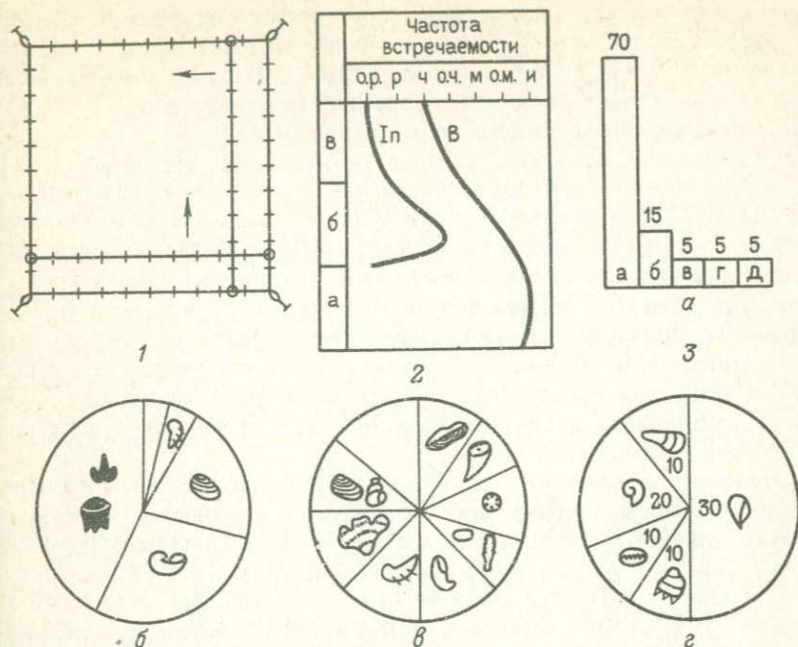


Рис. 29. Систематический состав и количественные соотношения видов или родов (таксономический анализ).

1 — "палеонтологический квадрат"; 2 — кривые встречаемости двустворчатых моллюсков: иноцерамов (In) и ухий (B) в терригенных отложениях Хатангской впадины (а — полуостров Пакса, б — р. Боярка, в — р. Хета), K_1b , сублитеральная зона; о.р. — очень редко, р. — редко, ч. — часто, о.ч. — очень часто, м. — много, о.м. — очень много, и — изобилие (по В.А. Захарову и др., 1979); 3 — общий систематический состав, или структура ориктоценоза: а — гистограмма (число особей данного рода к общему числу экземпляров, %); роды: а — *Dianchora*, б — *Pycnodonte*, в — *Chlamys*, г — *Panopea* и д — другие; K_2s , Львовская обл., песчаная сублитераль (по В.А. Собоцкому, 1978); б-г — циклограммы (величина сектора отражает количество особей соответствующей группы на единицу породы): б — песчаник литеральной зоны и в — известняк, фация переслаивания, зона прибрежного мелководья (C_2 , Московская синеклиза, по Е.А. Ивановой, 1949), г — алевроиты сублитеральной зоны (K_1b , Хатангская впадина, р. Боярка; цифры — частота встречаемости, %, по В.А. Захарову и др., 1979)

ки каждой группы окаменелостей в отдельности. Как показывает опыт палеонтологов, очень удобно в тексте, а также на любых видах графики использовать различные условные знаки или символы в виде геометрических фигур, подобранные для каждого вида или рода (рис. 29). Каждый исследователь при изучении конкретной коллекции разрабатывает свои условные знаки. Желательно, чтобы знак внешне напоминал того или иного типичного представителя соответствующей группы фауны или флоры. Но это не обязательно. Символы могут быть и в виде простых геометрических фигур (квадратов, треугольников и пр.), а также бук-

венными. Они наносятся на рисунок и несут информацию о систематическом составе организмов в слое, обнажении или точке карты. Примеры таких знаков будут приведены ниже. Очень иллюстративными бывают также различные диаграммы с нанесенными на них символами.

Определение количественных соотношений видов

Для получения характеристики общего комплекса организмов в той или иной части разреза или слоя необходимо иметь данные о количественных соотношениях между видами. При одном и том же видовом составе количественные соотношения видов, как правило, бывают различными, что и определяет характер отдельных экологических группировок. При массовых сборах окаменелостей можно получить цифры, в той или иной степени отражающие прижизненное соотношение групп, рядов или видов. Так, В.Е. Руженцевым на Южном Урале было собрано и изучено более 21000 раковин артинских головоногих; из них аммоноидеи составляли 65 %, прямые наутилоидеи и бактритоидеи 34,2 %, а свернутых и согнутых наутилоидей оказалось лишь 0,8 %.

Интересный подсчет частоты встречаемости окаменелостей произведен в фоссиленосных конкрециях глинистого и кремнистого железняка из пачки глинистых сланцев мощностью 20 м пенсильвания (верхний карбон) Северной Америки (местонахождение Мэзон-Крик близ г. Моррис в Иллинойсе) [15]: в среднем на каждые 100 тыс. конкреций — 20 тыс. пустых, 68 500 с остатками растений, 7500 с насекомыми, раками, скорпионами и др., 3900 с копролитами и чешуей рыб, 95 с остатками рыб, 4 с моллюсками и только 1 конкреция содержала скелет мелкого стегозабра. Чтобы получить представительную коллекцию стегоцефалов, потребовалось разбить огромное количество конкреций.

Для получения числовых характеристик присутствия видов и их соотношений между собой применяются различные способы.

Подсчет относительного количества видов. При оценке количественных соотношений между ископаемыми видами возникают определенные трудности, так как установленные отношения зависят от ряда привходящих обстоятельств: длительности сбора коллекции, размеров обнажения и мощности слоя, интересов сборщика, неравномерного извлечения из породы и препарирования окаменелостей из-за их разной сохранности, неадекватного определения до вида всех остатков вследствие их неодинаковой сохранности или изученности и т.д. Поэтому многие палеонтологи считают, что действительные соотношения между видами отражают не абсолютные цифры собранных экземпляров, а относительное количество представителей видов, подсчитанное или по числу экземпляров, или частоте встречаемости.

Каждый исследователь для оценки относительного количества видов, встреченных в слое или обнажении, разрабатывает определенную шкалу. Приведем некоторые примеры. 1. По встречаемости видов в двух горизонтах: е — единично, о — обычно, с — спорадически, ч — часто, м — очень часто. 2. По встречаемости представителей вида по слоям или типам пород в одном разрезе [19]: е (единично, *unicum*) — найдено 1–2 экз., р (редко, мало, *solitariae*) — найдены редкие единичные экз., ч (часты,

вкраплены, sparsae) — часты, но отдельными изолированными экз., о (обильно, copiosae) — вид встречается отдельными скоплениями большого количества экз., ф (фон, sociales) — представители вида дают общий фон, встречаясь равномерно в большом количестве. 3. По встречаемости видов в одном слое или типе пород по разным обнажениям [19]: е — единично, только в одном обнажении, р — редко, единичные экземпляры в редких обнажениях, ч — часто, единичные особи почти в каждом обнажении, о — обильно, скопления в значительном количестве, но не в каждом обнажении, ф — фон, в большом количестве экземпляров и в каждом обнажении.

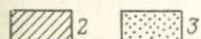
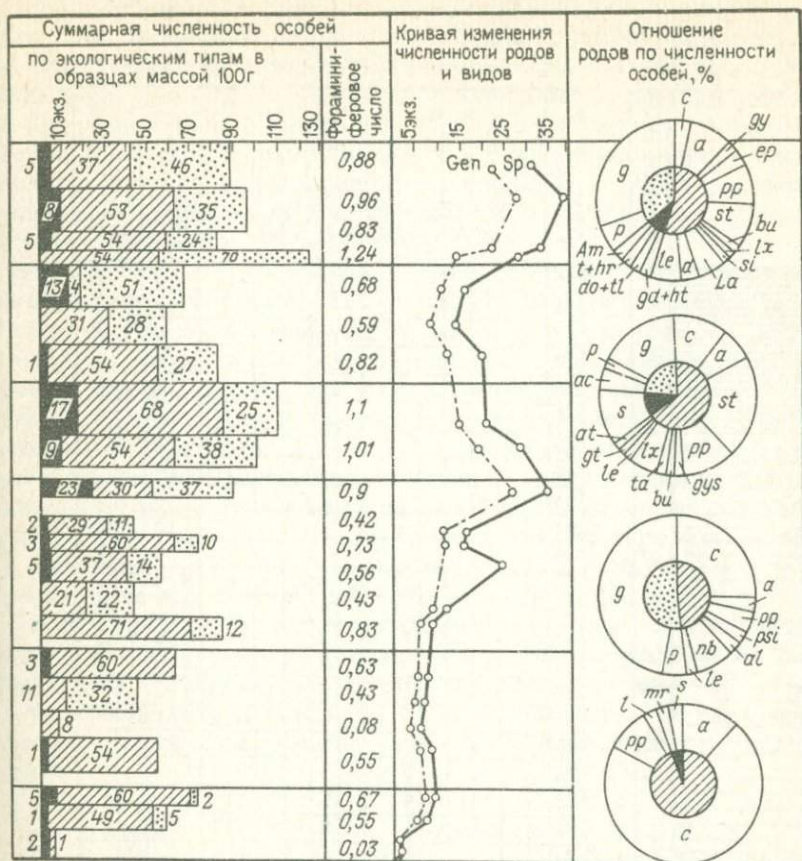
Относительное количество видов можно показать и графически, например, величиной условного знака (символа), принятого для соответствующего вида, и количеством этих знаков в разных слоях или обнажениях. При сравнении относительного количества видов по отдельным слоям, обнажениям или разрезам очень удобно пользоваться одним или несколькими, но однотипными видами графиков.

Подсчет абсолютного количества видов. В практике микропалеонтологических и палинологических исследований широко применяются статистические методы, основанные на подсчете абсолютного количества экземпляров, относящихся к определенному виду, в стандартной навеске осадка или породы (обычно 100 г). При изучении фораминифер обычно подсчитываются так называемое "фораминиферовое число" (величина суммарного содержания раковин всех видов, содержащихся в пробе в расчете на 1 г отмытого и высушенного осадка или породы), суммарное число видов или родов, число особей каждого вида или рода и т.д. Для получения "фораминиферового числа" М.С. Бараш (1970 г.) делает расчет по формуле:

$$F = \frac{K}{g \cdot 100} \cdot n,$$

где F — число фораминифер в 1 г осадка, K — % содержания раковин в осадке соответствующей фракции, g — навеска, в которой производился подсчет в граммах, n — число экземпляров фораминифер, подсчитанных в навеске. Эту формулу используют также для вычисления содержания экземпляров отдельных видов в 1 г осадка (в этом случае n — число экз. данного вида, $K/g \cdot 100$ — величина, постоянная для каждого анализа и может быть легко вычислена. Если обозначить ее "р", то формула приобретет вид $F = p \cdot n$. Формула может быть применена также для пересчета на 1 г осадка любого компонента той или иной фракции: отдельно планктонных, агглютинирующих или секреторных бентосных фораминифер, минеральных зерен, створок диатомей, раковин птеропод и остракод, скелетов радиолярий и др. При статистическом анализе иногда применяются и более сложные формулы [35].

Полученные результаты в виде абсолютных цифр или в процентах приводятся в различных таблицах и на графиках. Например, в списках видов по разрезам и станциям: а) указывается число особей каждого



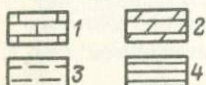
не сел. Тежева, Центральный Копетдаг (по В.Г. Морозовой и др., 1967, с изменениями)

секреторно-известковые, 3 – планктонные; комплексы: А – аномалинидовый, геринидеевый, L – лягенидовый, P – планороталиевый; Ba – бентосные агглютини-Gen – роды, Sp – виды; циклограммы: a – *Anomalina*, ac – *Acarinina*, al – *Allomorph-talina*, do – *Dorothia*, ep – *Eponides*, g – *Globigerina*, gd – *Gaudryina*, gt – *Guttulina*, La – *Lagenidae*, le – *Lenticulina*, lx – *Loxostomun*, mr – *Marssonella*, nb – *Neobulimina*, *Siphonodosa*, st – *Stensiöina*, t – *Textularia*, ta – *Tappanina*, tl – *Textulariella*

Виды фораминифер	%	Φ
<i>Globigerina pachyderma</i>	82,2	3420
<i>Globigerinita glutinata</i>	3,2	130

По количеству экземпляров, числу видов и родов и по процентному их содержанию для каждой пробы (образца) строятся диаграммы (см. рис. 29 и рис. 30).

Возраст	Мощность, м	N образцов	В и д ы														
			Ап.с.	Sp.c.	Ап.г.	С.т.	С.р.	Ас.с.	Gl.s.	Gl.p.	Нт.д.	Ап.а.	С.е.	Ас.с.	Нр.б.	Ас.г.	Нн.а
		56														2	2
		55														4	2
		54														3	3
		53														4	
		52														4	2
		51														3	4
		50														3	5
		49															
		48														5	5
		46												1	5	5	5
		45												3	4	2	
		43							4				1	3	5	2	5
		42							4					5	5	1	5
		41					1		2			1	1	5	5	1	5
		39							3				1	2	5		5
		38					5		5	1	1	5	3	1	2		
		36					5		5	1	1	5	2	1	1		
		35					5		5	1		3	1		2		
		34					5		5	1		5	3	1	2		
		33				1	4		5	1		4	1	1			
		31					5		5	1	1	5	3		2		
		30					1					1					
		27				1	4		4			3		2			
		25					3		5		1	5	2				
		24				1	2		5		1	3					
		23					2		2	1	3	5	1				
		21					1	5		5	3	3	3				
		18					1	5		5	2	1	2				
		16					2	5		5	1	2					
		12						2		2		1					
		11						2	5		5	1					
		10					1	3	5		5	1					
		9							5		5						
		8					1		3	5							
		7					2	1	2	3	3	1					
		6					1		3	3	1	1					
		5					1	1	1	4		3	1				
		4							4								
		3							2								
		2							2								



Обобщенный полуколичественный (балльный) способ подсчета. При данном способе подсчета получаются приближенные числовые характеристики, выражающие основные соотношения таксономических групп в изучаемом комплексе. Способ успешно применяется как при микропалеонтологическом, так и диатомовом анализе. Результаты подсчета числа особей (раковин, створок и пр.), проведенного обычно способом (экз/1 г сухого осадка), объединяются в группы, согласно шкале баллов, разработанной исследователем применительно к конкретному материалу и характеру задачи.

В палинологии, в частности, при изучении диатомей, для учета встречаемости каждого вида в пробе пользуются 5-ти или 6-ти балльной шкалой (Жузе и др., 1974 г.): 1 – единично (от 1 до 5 экз. в препарате), 2 – редко (10–15), 3 – нередко (20–30), 4 – часто (1–2 экз. в каждом ряду покровного стекла 18x18 мм при иммерсионном объективе 90 и окуляре 5 или 7), 5 – очень часто (несколько экз. в каждом ряду) и 6 – в массе (от одного до нескольких экз. в каждом поле зрения при том же увеличении). Для подсчета количества экземпляров определенного вида фораминифер в образце предложена также 6-ти балльная шкала, но с несколько другой нагрузкой (35): 0 – особи (экз) данного вида отсутствуют, 1 – единичные (до 5 экз.), 2 – редкие (5–15), 3 – обычные (15–30), 4 – многочисленные (30–100) и 5 – обильные (более 100 экз.).

Таким образом, баллы соответствуют интервалам значений числа особей. Этот способ позволяет оперировать не с относительными выражениями (много, мало) и абсолютными цифрами (тыс. или млн. экз.), а с числовыми характеристиками, соответствующими определенным интервалам содержаний. Номер балла указывается в списках видов, например:

Виды диатомей	Номера препаратов: 1 2 3		
<i>Hyalodiscus scoticus</i>	1	2	1
<i>Grammatophora oceanica</i>	6	3	2

или наносится на диаграмму (рис. 31). Сравнение количественных характеристик распределения видов по слоям или разрезам ведется, таким образом, на уровне баллов.

Рис. 31. Балльная оценка распространения фораминифер в среднепалеогеновых отложениях разреза Куландаг, Западная Туркмения (по Д.А. Родионову и др., 1973)

1 – детритусовые известняки; 2 – мергели; 3 – глины карбонатные; 4 – глины некарбонатные; баллы для видов: 1 – единичные (до 5 экз. в образце), 2 – редкие (5–15), 3 – обычные (15–30), 4 – многочисленные (30–100), 5 – обильные (более 100); виды: *Ac. c.* – *Acarinina ciewensis* Moroz., *Ac. r.* – *Ac. rugosoaculeata* Subb., *Ac. s.* – *Ac. subsphaerica* Subb., *An. a.* – *Anomalina affinis* Hantk., *An. g.* – *A. grandis* Vass., *An. s.* – *A. simplex* Brotz., *G. e.* – *Globigerina eocaenica* Terq., *G. p.* – *G. pseudoecaenica* Subb., *G. t.* – *G. triloculinoides* Plum., *Gl. p.* – *Globorotalia pseudoscitula* Glaessn., *Gl. s.* – *G. subbotinae* Moroz., *Hn. a.* – *Hantkeniana alabamensis* Cushm., *Hp. b.* – *Hopkinsina botryoides* Balakhm., *Hs. m.* – *Hastigerina micra* Goll., *Ht. d.* – *Heterostomella dalmatina* Lieb., *Sp. c.* – *Spiroplectamina carinata* Moroz. (виды приведены выборочно)

ТАФОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОРИКТОЦЕНОЗА

При тафономическом изучении обнажения производится сбор фактического материала для получения представления о характере и условиях захоронения остатков организмов в осадке. Необходимо выяснить: общее количество остатков на стандартную единицу породы, сохранность и целостность скелетных образований и распределение остатков в породе (их биостратономию). Тафономические наблюдения проводятся особенно тщательно и систематично. Ведутся поиски участков обнажения или слоя, а также отдельных образцов, заключающих специфическую тафономическую и палеоэкологическую информацию. Такие образцы обязательно включаются в коллекцию. Нередко берутся крупные образцы в виде

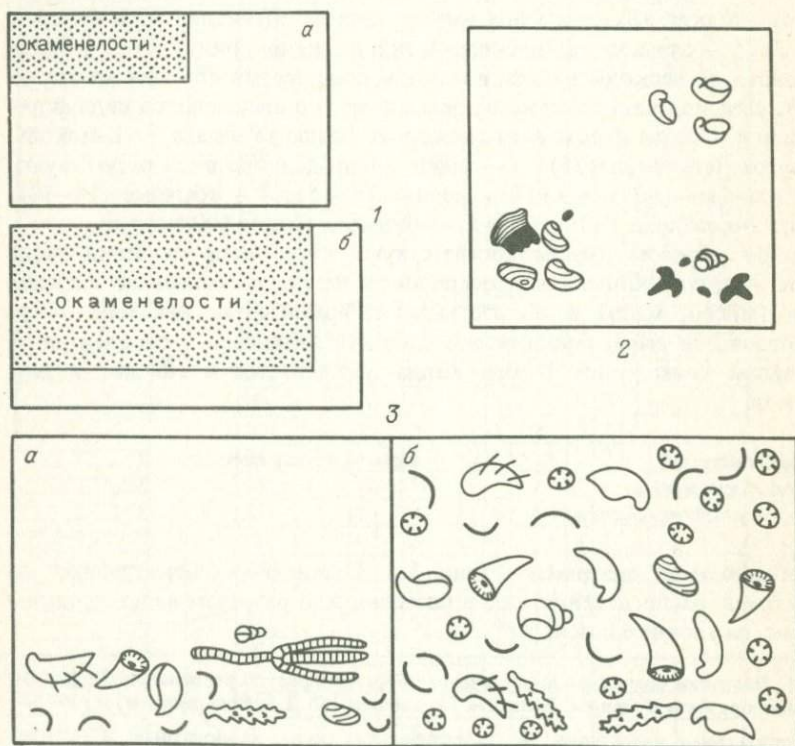


Рис. 32. Насыщенность, распределение и положение остатков в породе (тафономический анализ).

1 – насыщенность породы органическими остатками (схема): а – незначительная, б – значительная; 2–3 – распределение и положение остатков (характер захоронения), С₂, Московская синеклиза (по Е.А. Ивановой, 1949): 2 – на поверхности прослая песчаника, 3 – в толще слоя: а – в глине и мергеле (остатки приурочены, к нижней части слоя), б – в известняке (распределение остатков равномерное, сохранность и ориентировка разнообразная, сортировка отсутствует)

плит, представляющие собой, например, участок поверхности дна, для иллюстрации распределения остатков по площади, или объемные монолиты для последующего изучения положения окаменелостей в трех измерениях. Отдельные образцы с особым типом положения остатков в породе берутся ориентированными по отношению к странам света.

НАСЫЩЕННОСТЬ

Под насыщенностью понимается общее количество окаменелостей, встреченных в стандартной единице породы — на определенной площади или в определенном объеме породы (рис. 32). Остатки подсчитываются при помощи "палеонтологического квадрата" или в стенке "пробной площадки", или в стандартной навеске породы. Последний способ особенно широко применяется в микропалеонтологии и палинологии. В случае автохтонного и субавтохтонного захоронений остатков насыщенность в какой-то степени отражает плотность донного населения на том или ином участке бассейна. Особенно важно иметь характеристику насыщенности породы окаменелостями при изучении разнофациальных отложений или различных типов захоронений. Так, наибольшей насыщенностью отличаются концентрированные ориктоценозы, почти нацело состоящие из остатков организмов. Наименьшая насыщенность обычно отмечается в равномерно рассеянном типе ориктоценоза.

Насыщенность в качестве составной части входит в характеристику структуры ориктоценоза. Но необходимо иметь в виду, что количество остатков организмов в породе не всегда отвечает первоначальному их количеству в танатоценозе, а является вторичным, вследствие воздействия процессов растворения или метаморфизации. Характер насыщенности передается обычно графически путем закрашивания части прямоугольника стандартного разреза, принимаемого за единицу породы (рис. 32-1). Величина заштрихованной части прямоугольника пропорциональна общему количеству окаменелостей в единице породы.

ОБЩИЙ ХАРАКТЕР СОХРАННОСТИ ОКАМЕНЕЛОСТЕЙ

Для выявления общего характера сохранности окаменелостей производятся следующие виды наблюдений.

а. Определяются типы посмертных остатков организмов и формы сохранности окаменелостей (табл. 6 и 7).

б. Отмечается состояние поверхности окаменелости: свежая, выветрелая (корродированная), иссверленная (со следами биоэрозии и биоповреждений), инкрустированная (со следами обрастания) и т.д.

в. Изучается характер фоссилизации окаменелостей: первичность и вторичность минерального состава; характер диагенетических изменений; обугливание, фосфоритизация, окремнение и т.д.

г. Определяется сортировка: по величине, форме или весу остатков, каким-либо специфическим элементам скелета; отмечается также отсутствие сортировки.

Основные типы посмертных остатков организмов

Субфоссилии (нефоссилизированные остатки) – остатки организмов в четвертичных отложениях: трупы мамонтов в вечной мерзлоте, трупы носорогов в озокерите, мумифицированные остатки позвоночных; остатки беспозвоночных (моллюски, членистоногие и др.); растительные остатки (споры и пыльца, плоды, семена, панцири диатомей и пр.)	Биофоссилии, или фоссилии в обычном понимании (ископаемые остатки, прошедшие фоссилизацию, т.е. окаменелости)		Хемофоссилии (ископаемые остатки наиболее устойчивых органических молекул)
	Эуфоссилии (собственно окаменелости)		
	Зоофоссилии (окаменелые остатки животных организмов)	Фитофоссилии (окаменелые остатки растений)	

Таблица 7

Формы сохранности окаменелостей

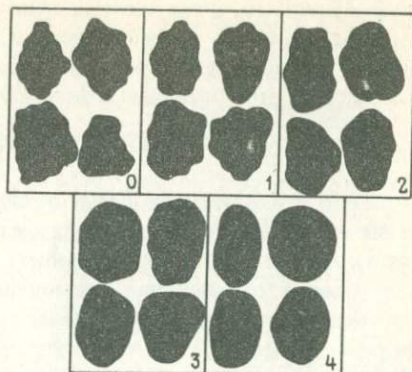
Эуфоссилии	Ихнофоссилии
I. Собственно остаток организма или его псевдоморфоза: а) полная сохранность – целый, неразобщенный скелет или основная его часть; б) неполная сохранность – разобщенные остатки скелета, определяемые фрагменты; в) неопределимый детрит II. Внешний отпечаток скелета или мягкого тела III. Ядро: наружное и внутреннее IV. Инклюдзы, или включения (например, насекомые в янтаре)*	А. Следы движения и остатки построек: I. Следы движения: а) внешний отпечаток; б) наружное ядро; II. Постройки: а) внешний отпечаток; б) наружное и внутреннее ядра Б. Следы функциональной деятельности организмов: яйца и яйцевые капсулы, копролиты позвоночных; гастролиты пресмыкающихся и птиц

*Инклюдзы к окаменелостям отнесены условно.

д. Изучается окатанность остатков. Обычно определяется средняя окатанность (в %) по методике, используемой при изучении осадочных пород.

Наиболее простым и быстрым способом оценки формы остатков является глазомерный способ – по 5-ти балльной стандартной шкале Хабако-

Рис. 33. Эталон для определения окатанности обломков по 5-ти балльной стандартной шкале (по Л.Б. Рухину, 1962).



0 – совершенно неокатанные обломки с острыми режущими краями (щебень), 1 – обломки со слегка окатанными углами и ребрами, 2 – обломки со сглаженными углами и ребрами и сохранившимися прямолинейными отрезками сторон, 3 – хорошо окатанные гальки, лишь со следами первоначальной огранки, 4 – идеально окатанные гальки с равномерно и одинаково окатанной поверхностью

ва (рис. 33): 0 – совершенно неокатанные обломки с острыми, режущими краями (щебень); 1 – обломки со слегка окатанными углами и ребрами; 2 – обломки со сглаженными углами и ребрами и сохранившимися прямоугольными отрезками сторон; 3 – хорошо окатанные гальки, лишь со следами первоначальной огранки; 4 – идеально окатанные гальки с равномерно и одинаково окатанной поверхностью. В зависимости от изучаемого материала можно несколько видоизменять признаки баллов.

Этими баллами оценивают округленность 75–100 остатков, принадлежащих одной или нескольким группам организмов, взятых из породы одной фракции. Для получения сравнимых результатов надо стремиться изучать окатанность у объектов одного типа (по размерам, сохранности и пр.). Количество остатков с соответствующим баллом окатанности умножают на величину балла, все суммируют, умножают на 25 и произведение делят на общее количество остатков по формуле:

$$p = \frac{(0n_0 + 1n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4) \cdot 25}{N},$$

где p – средняя окатанность, выраженная в %; $n_0 - n_4$ – количество остатков с баллом окатанности соответственно 0, 1, 2, 3, 4; N – общее количество измеренных остатков.

Ракушечник или костная брекчия, состоящие из хорошо окатанных остатков 4-го балла, будут характеризоваться 100 % окатанностью; сложенные из остатков со 2-м баллом – 50 % окатанностью и т.д. Например, выборка, заключающая 5 остатков нулевого, 15 – первого, 30 – второго и 12 – третьего баллов, будет иметь среднюю окатанность, равную 44 %:

$$p = \frac{(0 \cdot 5 + 1 \cdot 15 + 2 \cdot 30 + 3 \cdot 12) \cdot 25}{62} = 44 \%$$

Изучение окатанности остатков особенно важно для выявления обстановки их захоронения, в частности, установления их переноса и общей гидродинамики среды. Кроме обычного типа окатывания, возникающего в результате механического воздействия среды, в природе имеет место биотическое истирание скелетных остатков (посмертное или прижизнен-

ное). Например, рыба треска глотает живых моллюсков целиком, вместе с раковиной. Под воздействием пищеварительного сока происходит частичное растворение их раковин. Возникает, таким образом, ложная окатанность, трудно различимая на ископаемом материале.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ПОЛОЖЕНИЕ ОСТАТКОВ В ПОРОДЕ

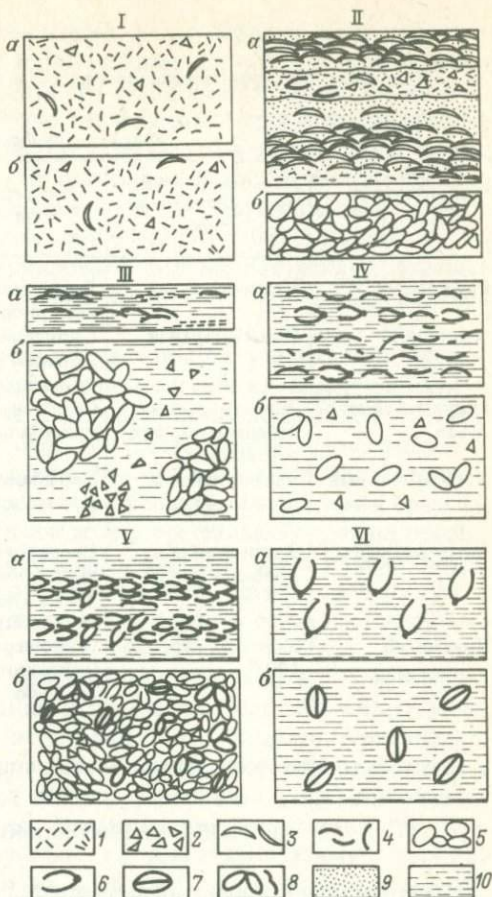
Данные наблюдения имеют исключительно важное значение для выяснения типа ориктоценоза и характера пространственной ориентировки остатков, что в дальнейшем может быть использовано при реконструкции условий образования танатоценозов и осадконакопления в бассейне. Характер распределения окаменелостей в типе породы зависит, в первую очередь, от количества исходных остатков, динамики среды и скорости накопления осадков в момент формирования танатоценозов. При этом исследователь должен иметь в виду, что последующие процессы фоссилизации могли изменить первоначальный тип захоронения в результате выборочности растворения, замещения и других процессов. Необходимо выяснить приуроченность остатков к определенным частям слоя (основание, середина, кровля) и их связь с какими-либо текстурными особенностями породы; отметить характер размещения остатков в породе, как общее, так и по каждой систематической группе (рассеянное или скоплениями, групповое или концентрированное, прослоями или линзами и пр.).

В последнее время предложено несколько классификаций типов ориктоценозов остатков водных организмов применительно к конкретным объектам исследования. При изучении каменноугольных и пермских угленосных толщ Кузнецкого бассейна с преимущественным развитием в ориктоценозах остатков пресноводных двустворчатых моллюсков выделено шесть типов захоронения [20]: беспорядочный, "ракушечная мостовая", пятнистый, рассредоточенный, спорадический, прижизненный (рис. 34). Изучение ориктоценозов беспозвоночных организмов в морских нижнемеловых отложениях севера Сибири позволило выделить три группы типов захоронения: 1) ракушняковые скопления отдельных створок (гнездовидные, линзовидные, пластообразные, типа "ракушечная мостовая" и типа "роза"), 2) редко рассеянные по слою целые раковины или отдельные створки, 3) групповые скопления [16]. При характеристике донных сообществ поздне меловых морей юга СССР предложена более сложная классификация типов захоронения двустворчатых моллюсков с учетом генезиса остатков: группа автохтонных захоронений — равномерно рассеянный, неравномерно рассеянный, ракушечная мостовая, гнездобразный, банки, иммиграционный; группы аллохтонных захоронений — гетеромерный, гнездобразный, концентрированный, полигенный, омнигенный, полимиктовый, конхоломерат [38].

Приведенные примеры показывают, что разные исследователи к выделению типов ориктоценозов подходят с разных позиций, разработка классификаций идет в основном на раковинном материале, и типы захоронений выделяются применительно к определенным объектам. Не оспаривая тот или иной метод, все же стоит обратить внимание на то, что под

Рис. 34. Типы ориктоценозов двустворчатых моллюсков в верхнепалеозойских угленосных толщах юга Кузбасса (по Н.В. Ивановой, 1973).

Типы: I – беспорядочный; II – ракушечная мостовая, III – пятнистый, IV – рассредоточенный, V – спорадический, VI – прижизненный (а – слой в разрезе, б – в плане); детрит: 1 – мелкий, 2 – крупный; створки: 3 – толстые, 4 – тонкие; 5 – створки и ядра со стороны боковой поверхности; целые ядра; 6 – сечение по линии высоты, 7 – сечение по линии длины; 8 – неразобщенные створки в плане и разрезе; 9 – песчаник и алевролит; 10 – аргиллит (положение знака – ориентировка остатков в породе)



типом захоронения, или ориктоценоза, в первую очередь, следует понимать характер распределения окаменелостей в породе, т.е. их биостратономию – механическое соотношение остатков между собой и с породой. Все остальные особенности захоронения могут быть только дополнительными. При этом надо иметь в виду не только характер распределения остатков в конкретном образце породы или в слое, но и основной тип распределения окаменелостей во всей толще отложений определенного генезиса. Естественно, в породах разного генезиса можно ожидать наличие различных типов ориктоценоза (табл. 8).

В зависимости от детальности работы типы захоронений выделяются для отдельных слоев или пачек с одним и тем же строением. Для характеристики смешанных ориктоценозов можно использовать двойное название, например, линзовидно-пластовый. Некоторые типы при необходимости могут быть подразделены на более мелкие единицы: так, в пятнистом типе можно выделить гнездовидный и гроздевидный подтипы, если изучаются прижизненно захороненные группы из раковин брахиопод или устриц. Ориктоценоз является элементарной структурной единицей местонахождения и его тип по многим случаям определяет строение последнего.

Основные типы ориктоценозов и их характерные особенности

Тип ориктоценоза	Характерные особенности ориктоценоза		
	Насыщенность породы окаменелостями	* Распределение остатков	Ориентировка остатков
Рассеянный	Незначительная	Равномерное, неравномерное	Случайная*, прижизненная
Пятнистый	Незначительная	Скоплениями в отдельных местах в виде гнезд и гроздьев	Случайная, упорядоченная*, прижизненная
Ракушечная мостовая	Значительная, но отдельными горизонтами	Скоплениями по напластованию	Упорядоченная, выпуклой стороной створок вверх
Конкреционный	Значительная в конкрециях	Неравномерное, приурочены к конкрециям	Случайная, упорядоченная, прижизненная
Линзовидный	Значительная в пределах линзы	Неравномерное, концентрированные скопления в виде линз, банок, биогермов	Случайная, упорядоченная, нередко прижизненная
Пластовый	Высокая, нередко 100 %	Равномерное и концентрированное по всему слою	Случайная, упорядоченная, реже прижизненная

*Имеется в виду только посмертная ориентировка

ИЗУЧЕНИЕ ОРИЕНТИРОВКИ ОСТАТКОВ

Изучение ориентировки окаменелостей — их пространственного положения в породе — является очень важной составной частью тафономических, палеоэкологических, а также комплексных палеогеографических исследований. Данные по ориентировке остатков используются при восстановлении некоторых условий захоронения, в частности динамики среды, определении относительной глубины и характера движения водных масс в той или иной зоне бассейна, установлении береговой линии и вдольбереговых течений, в некоторых случаях при определении характера залегания пласта, первичного наклона слоев и крутизны склона погребенных структур. В большинстве случаев в поле проводится изучение ориентировки тел самих остатков [8, 18, 19, 20, 38, 47, 48]. Но в особых случаях первичная и вторичная ориентировки окаменелостей устанавливаются по плоскости раздела, образующейся в полости остатка [43].

В поле необходимо произвести возможно большее число азимутальных замеров остатков, определить основные типы их ориентировки, отобрать специальные замаркированные образцы породы, на поверхности которых имеются ориентированные остатки, а также провести наблюдения структурных и текстурных признаков породы, могущих по-

мочь в интерпретации динамики среды и пр. Немаловажное значение имеет обнаружение признаков однонаправленной ориентировки следов жизнедеятельности и ориентированного роста обрастающих организмов, обусловленных реакцией животных на течения. Если участок породы с окаменелостями берется в качестве образца, то в таком случае необязательно производить замеры всех остатков в поле. Достаточно сделать 2—3 замера, а остальные замеры, зная первичную ориентировку образца в обнажении, произвести в камеральной обстановке. Ориентировка образца отмечается прямо на нем маркировкой, например, стрелкой, означающей то или иное направление (линию север — юг или линию падения слоя).

Техника измерения ориентировки остатков. Для установления прижизненной ориентировки большинства прикрепленных, зарывающихся и всверливающих форм, а также некоторых типов посмертной ориентировки (например, типа ракушечной мостовой, представленной выпуклыми створками), обычно бывает достаточным обследование пласта в поперечном сечении (в плоскости кровля — подошва). При изучении ориентировки удлиненных остатков конической, веретенной, валикообразной и цилиндрической формы необходимо еще установить их пространственное положение по отношению к странам света. Для этого исследуется поверхность напластования (верхняя или нижняя) и применяется горный компас.

Замеры пространственной ориентировки остатков во избежание ошибок производятся всегда одним и тем же способом. Измерение удлиненных остатков с заострением на одном конце (например, ортоконических раковин головоногих моллюсков и тентакулитов, башенковидных раковин гастропод, большинства ростров белемнитов и пр.) проводится в одном направлении, обычно по острому концу; результаты при этом способе измерения всегда однозначны, т.е. имеют один азимут. Если оба конца остатка примерно одинаковы по форме, массе и размерам (отпечатки и скелеты рыб, обломки древесных стволов и веток, отпечатки некоторых листьев, некоторые ростры белемнитов определенной сохранности), то измерение направления длинной его оси можно произвести по любому его концу; в этом случае результаты замера будут двучастными, отличающимися друг от друга на 180 °С. Иногда наблюдается пространственная ориентировка округлых или эллипсоидных остатков (раковин большинства групп двустворок, брахиопод, некоторых гастропод, панцирей трилобитов и др.). Измерение ориентировки таких остатков для получения однозначного результата производят по тем или иным структурным признакам (например, макушке, краю устья, осевой линии, выростам скелета или выступам мягкого тела и пр.). Во всех случаях измерения необходимо иметь в виду, что полученная ориентировка остатков не всегда будет отвечать их первичному положению на дне бассейна в момент захоронения, а может быть вторичной, обусловленной текучестью мягкого осадка.

При измерении ориентировки остатков на поверхности горизонтально лежащих или полого наклоненных пластов достаточно применения горно-

го компаса. Для получения первичной ориентировки остатков на поверхности моноклинально залегающих или перевернутых пластов необходимо "снять" влияние тектоники. Это можно сделать лишь в том случае, если слои испытали более или менее спокойную пликативную дислокацию. При интенсивной складчатости и разрывной дислокации толщ замеры остатков не будут соответствовать их первичной ориентировке. Для снятия влияния тектоники нередко применяют различные приспособления к горному компасу. Наиболее простым из них является небольшая прозрачная пластмассовая пластинка с уровнем и центральной стрелкой-указателем.

Техника измерения ориентировки остатков при помощи этого приспособления сводится к следующему (рис. 35).

1. Находят при помощи горного компаса или пластинки с уровнем линию простирания пласта и отмечают ее карандашом.

2. Прикладывают к этой линии пластинку длинной стороной (первая позиция) и, вращая ее вверх или вниз, совмещают ее плоскость с поверхностью пласта (вторая позиция); на кровлю пласта ее кладут нижней, на подошву — верхней стороной, пластинка приобретает, таким образом, ту же ориентировку, что и пласт, поэтому она играет роль его дубликата.

3. Вращают стрелку — указатель до совмещения ее с длинной осью измеряемого остатка, руководствуясь выбранным способом замера (например, конец стрелки должен быть всегда направлен навстречу острого конца раковины или ростра).

4. Возвращают пластинку в исходное горизонтальное положение (третья позиция); направление ее вращения должно быть диаметрально противоположно тому, которое испытал пласт во время дислокации.

5. При горизонтальном положении пластинки измеряют горным компасом азимут направления ее стрелки-указателя, получая, таким образом, первоначальное направление (первичную ориентировку) остатка в момент захоронения.

6. Записывают результат замера: при однозначном варианте — отмечают один азимут (например, острый конец ростра белемнита направлен на ЮЗ-215), при двузначном — указывают оба азимута (например, удлинённый растительный остаток ориентирован СВ-35 — ЮЗ-215).

Если результаты обобщения данных об однозначно ориентированных остатках дают четкую картину, то можно нанести их на схему или карту в виде простой стрелки или "лука со стрелой". Стрела в этом случае указывает преобладающее направление, а "лук" (дуга) — пределы колебания замеров. Если результатов замера ориентированных остатков будет много, то их наносят на круговую диаграмму для получения более ясного представления об общем направлении ориентировки остатков и для выяснения закономерностей в ориентировке последних в разных точках района путем сравнения роз-диаграмм.

Для построения круговой диаграммы (розы-диаграммы) можно воспользоваться трафареткой (рис. 36). Число окружностей на ней равно 10, каждое деление на радиусе соответствует числу замеров по выбранному масштабу. Отсчет замеров ведется не от центра круга, а от ближайшей

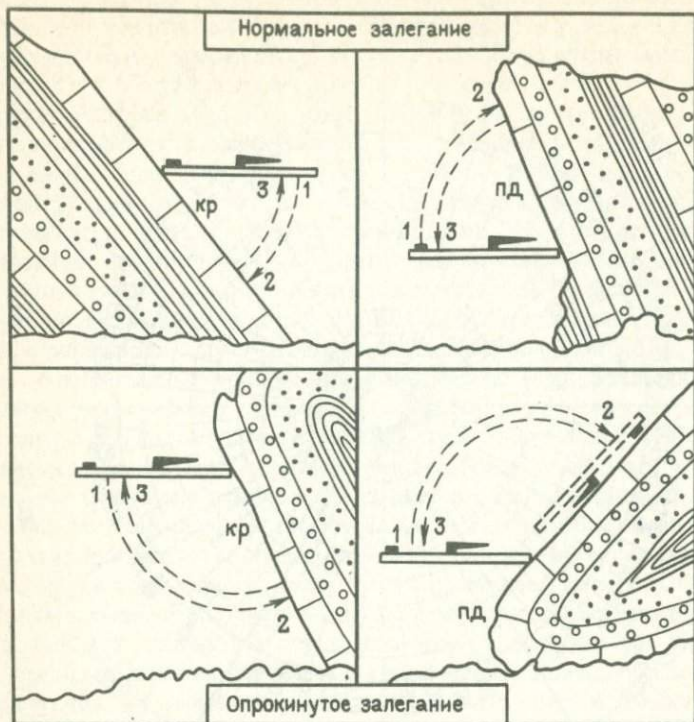


Рис. 35. Положение пластинки со стрелкой при определении пространственной ориентировки окаменелостей на поверхности пластов, смятых в складки (по Н.Б. Вассоевичу, 1954, с изменениями).

1 — исходное горизонтальное положение пластинки, 2 — способы совмещения плоскости пластинки с поверхностью пласта (при этом положении стрелка пластинки совмещается с направлением ориентировки остатка), 3 — пластинка с новым положением стрелки возвращается в исходную позицию (азимут стрелки замеряется при помощи горного компаса); кр — кровля, пд — подошва пласта

к нему окружности. Радиусы проведены через 5 м, все они объединены в интервалы по 30° , в каждом интервале выделен так называемый средний азимут (на трафаретке он выведен за пределы круга). На средний азимут и наносится согласно выбранному масштабу число замеров, проходящихся на соответствующей интервал азимуты. Например, замерено 25 остатков, разброс их азимуты приходится на интервал СВ-16 — СВ-45; масштаб: одно деление на радиусе равно 5 замерам. Значит по среднему азимуту 30° отсчитываем 5 делений и ставим точку. Нанесенные на средние азимуты точки соединяем ломаной линией. Площадь, ограниченную этой линией, можно для большей наглядности заштриховать крапом или залить краской.

Основные типы ориентировки остатков. Тот или иной тип посмертной ориентировки остатков организмов, а значит и определенный тип их за-

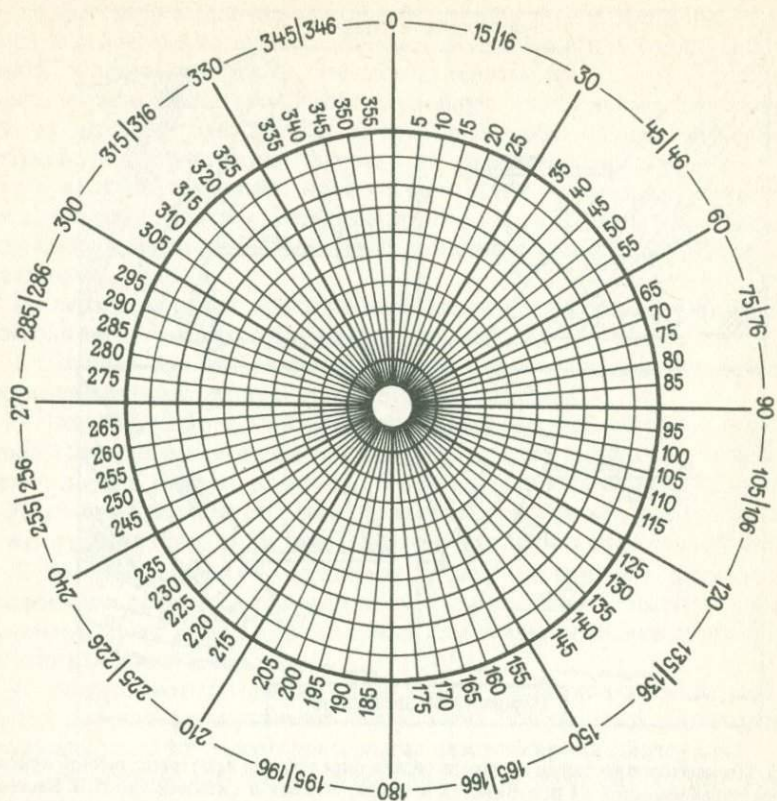


Рис. 36. Трафаретка для составления розы-диаграммы по ориентированным остаткам организмов (описание см. в тексте)

хоронения в водных условиях обусловлены, главным образом, формой, размерами и весом самих остатков, динамикой среды (в широком понимании), рельефом дна и т.д. В наземных условиях основным ориентирующим фактором является ветер.

Случайная ориентировка в водной среде возможна в нескольких случаях. В условиях спокойных отстойных вод или вблизи дна бассейна — отмершие скелетные остатки планктонных, псевдопланктонных и нектонных организмов и остатков, находящихся в состоянии некропланктона, опускаясь в толще воды в силу гравитации, на грунте получают, как правило, случайную пространственную ориентировку. Но некоторые вогнуто-выпуклые тела (например, панцири многих членистоногих) погружаются на дно выпуклой стороной вниз. Наоборот, в условиях активного движения придонных вод, но при наличии неровностей в рельефе дна ("ям-ловушек" или выступов), влекаемые потоком остатки, оказавшись над понижением или в "тени" за выступом (например, за галькой или в пони-

жениях между крупными волноприбойными валиками), теряют скорость и обычно беспорядочно падают друг на друга, часто не успевая приобрести однонаправленную ориентировку. Если же и имеются следы такой ориентировки, то она обычно связана с косой слоистостью.

Упорядоченная ориентировка в водной среде. Упорядоченная ориентировка остатков всегда возникает в условиях повышенной активности водной среды. Определяющими являются течения вдольбереговые и приливно-отливные, а также волновое движение воды. При воздействии вдольберегового течения остатки приобретают преимущественно однонаправленную ориентировку; под влиянием же приливно-отливного течения и волнового движения ориентировка остатков бывает более разнообразная, но, в основном, в двух направлениях. Тот или иной тип упорядоченной ориентировки при равных обстоятельствах зависит от формы остатка: блюдцевидные тела, перемещаясь вокруг горизонтальной оси до достижения равновесного состояния, приобретают ориентировку, в основном, в вертикальной плоскости (верх — низ); удлинённые тела, наоборот, перемещаются вокруг вертикальной оси (влево — вправо) и в связи с этим ориентируются линейно (параллельно или перпендикулярно господствующему направлению течения), т.е. в горизонтальной плоскости, получая пространственную ориентировку (по отношению стран света).

Нелинейная ориентировка остатков блюдцевидной формы. Отдельные створки бивальвий и брахиопод, плоско-выпуклые целые раковины брахиопод, панцири членистоногих) в зависимости от характера динамики среды ориентируются на дне бассейна по-разному. Блюдцеобразные тела ориентируются выпуклой стороной вниз в следующих возможных случаях: в спокойных условиях на дне плоско- или вогнуто-выпуклые раковины двустворчатых моллюсков и брахиопод сохраняют свое прижизненное положение; при свободном опускании остатков в толще воды под влиянием силы тяжести и сопротивления формы (если на дне не будет сильного бокового движения воды, способного их перевернуть, то они сохраняют такое положение). В условиях интенсивного движения воды блюдцевидные тела занимают наиболее устойчивое положение — выпуклостью вверх. Особенно часто такая ориентировка бывает у разрозненных створок бивальвий и брахиопод. Когда ориентированные выпуклостями вверх створки прилегают тесно друг к другу и покрывают значительную поверхность дна, а в ископаемом состоянии поверхность пласта, то такую форму захоронения принято называть ракушечной мостовой.

Ракушечная мостовая образуется обычно на широких пологих мелководных прибрежных участках моря или крупного озера под влиянием волнового движения воды. В этих условиях раковины бивальвий и брахиопод после смерти животных обычно расчлняются на две створки, которые перемещаются до тех пор, пока не займут положение устойчивого равновесия (выпуклостью вверх) и не перейдут в категорию неподвижных обломков. При определенной силе волны данная структура не будет разрушаться, т.е. она будет представлять собой волноустойчивую поверхность. Если ракушечная мостовая оформилась при среднем вол-

нении, то во время более сильного волнения она будет разрушена и на ее месте образуется новая мостовая. Из этого следует, что ракушечная мостовая, как волноустойчивая поверхность, выдерживает наибольшее волнение на данном участке бассейна.

Линейная ориентировка остатков конусовидной формы. Конусовидные остатки (раковины некоторых фораминифер, тентакулит, гастропод, ортоконических цефалопод, роостры белемнитов, скелеты конулярий и др.) в зоне повышенной гидродинамики, как правило, приобретают упорядоченную пространственную ориентировку, постоянно перемещаясь вокруг вертикальной оси (влево-вправо) в горизонтальной плоскости. В зависимости от характера движения воды (течения или волнения) ориентировка конических тел будет отличаться друг от друга. В зоне устойчивого донного течения остатки конусовидной формы получают линейную ориентировку, параллельную линии направления течения, т.е. удлинением вдоль течения. При этом большая часть остатков располагается заостренным концом конуса навстречу течению, а меньшая часть — по течению. Таким образом, общая модель ориентировки таких остатков имеет два противоположных неодинаковых максимума, расположенных на линии, параллельной направлению течения. Бóльший максимум отмечает устойчивое положение остатков, а меньший — неустойчивое. Наличие меньшего максимума указывает на то, что ориентировка со смещением вокруг вертикальной оси никогда не охватывает устойчивого конечного состояния соответствующих остатков. Нередко незначительная часть остатков располагается еще перпендикулярно или под углом к направлению течения, образуя минимумы по обе стороны генеральной линии максимумов. По классификации роз-диаграмм, предложенной Р. Селлеем (1968 г.), данная модель ориентировки относится к типу с двумя максимумами (бóльшим — навстречу течению, меньшим — по течению) и возможно 1–2 боковыми минимумами. Ось диаграммы параллельна направлению течения (рис. 37).

Принято считать, что большинство ортоконических раковин ортоцератид, эндоцератид, тентакулитов, башенковидных раковин гастропод, обнаруживаемых на плоскостях напластования, располагаются своими вершинами навстречу течению. Но при изучении ориентировки подобных раковин следует иметь в виду, что они в некоторых случаях получают противоположную ориентировку. Это может иметь место тогда, когда апикальные камеры раковины, наполненные газом (первично или вторично, вследствие разложения ОВ мягкого тела) получают определенную плавучесть. Такие раковины, как флюгеры, поворачиваются более легкими заостренными вершинами по течению. Жилая камера, благодаря большой массе, испытывает трение о грунт и служит точкой поворота. В связи с тем, что оба вида ориентировки имеют одинаковый тип строения, очень легко совершить ошибку, равную 180° , если учитывать лишь положение раковин. В этом случае необходимы поиски дополнительных фактов.

В зоне волнения остатки конусовидной формы приобретают ориентировку длинными осями преимущественно параллельно фронту волны, т.е. перпендикулярно вектору движения волны. В расположении заостренных концов остатков отсутствует однонаправленная ориентировка. Незначи-

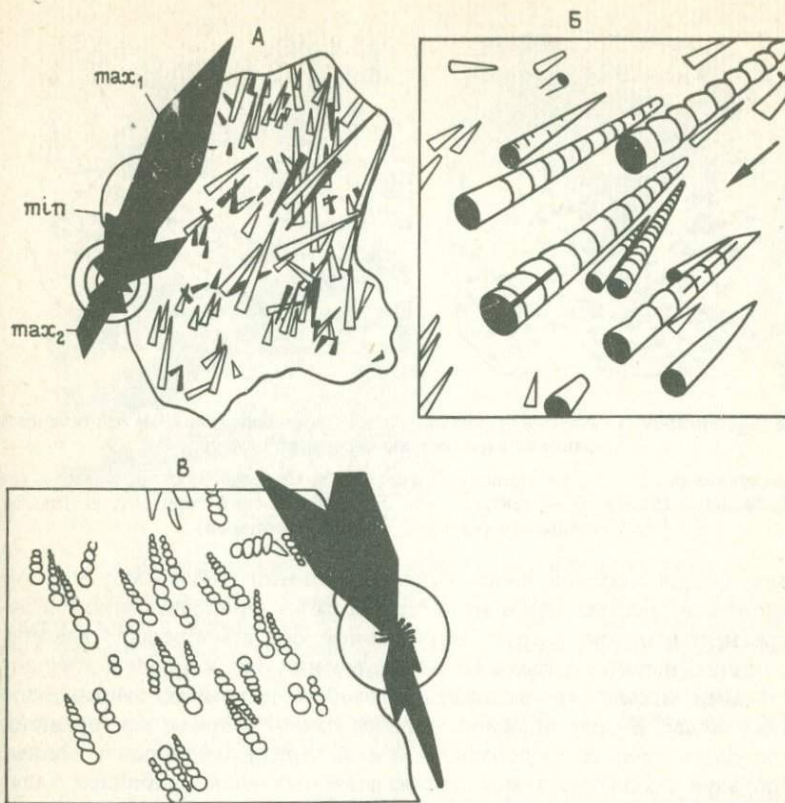


Рис. 37. Ориентировка конусовидных остатков организмов в зоне однонаправленного донного течения.

А — ортоконические раковины головоногих моллюсков (два противоположных максимума параллельны основному вектору течения, max_1 ориентирован навстречу потоку, минимумы двусторонние, почти равные); D_3 , ФРГ, район Биккен (А.Н. Müller, 1976); Б — осевые линии раковин прямых ортоцератид *Michelinoceras michelini* параллельны течению, S, копанинские известняки; ЧССР, Лочков (по Г. Крумбигелю и X. Вальтеру, 1980); В — раковины гастропод, направление потока с северо-запада на юго-восток (A. Seilacher, 1959).

тельная часть остатков залегает параллельно или под углом к направлению движения волны. Таким образом, модель ориентировки конусовидных тел в волновой зоне симметрична и имеет два противоположных практически равновеликих боковых максимума, расположенных по линии, параллельной фронту волны, и несколько одно- или двусторонних минимумов, из которых один, основной, направлен навстречу волне. Такой тип ориентировки установлен, например, на некоторых участках у раковин тентакулитов и фораминифер (рис. 38).

Линейная ориентировка остатков валикообразной формы. Удлиненные остатки валикообразной и цилиндрической форм (стволы и стебли

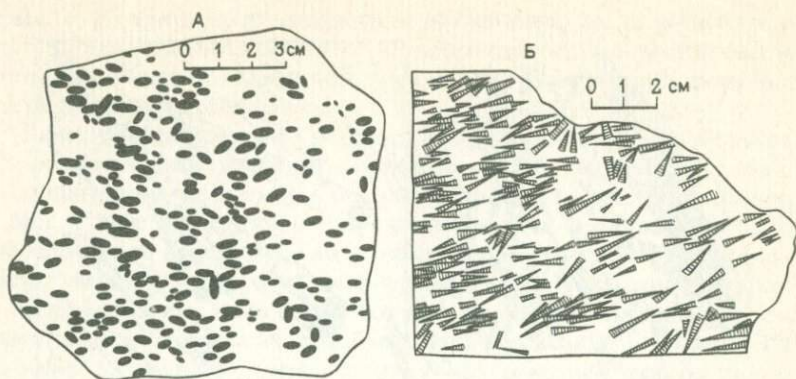


Рис. 38. Ориентировка остатков организмов в зоне волнения (длинные оси большинства раковин параллельны береговой линии).

А — фузулины, Р а г, фузулиновые известняки, Средний Урал, р. Бисерть (по А.В. Хабакову, 1962); Б — тентакулиты, S_2 , чортковский горизонт, р. Днестр, с. Костельники (из колл. О.И. Никифоровой)

деревьев, листья морской травы зостеры, обломки стеблей морских лилий, некоторые ростры белемнитов, трупы рыб и млекопитающих) в результате перемещения вокруг вертикальной оси приобретают ориентировку одного и того же типа как в зоне течения, так и в зоне волнения: продольными осями они располагаются обычно поперек направлению движения воды. В зоне волнения остатки данной формы, как правило, ориентируются своими продольными осями параллельно фронту волны, часто образуя скопления в виде так называемых волноприбойных валиков (рис. 39). Они образуются как у самого уреза воды, так и вблизи береговой линии в зоне действия волн. На современном берегу трупы рыб и млекопитающих практически всегда ориентируются перпендикулярно линии удара волны. Находясь в волне и перемещаясь вместе с нею по направлению к берегу, остатки имеют различную ориентировку, но, удаляясь от него одним из своих концов, поворачиваются и занимают в конце концов наиболее устойчивое положение. Трупы прибитых к берегу позвоночных животных, раздуваясь газами разложения, перекатываются волнами прибоя вперед и назад; при подъеме уровня воды они всплывают и переносятся выше, вглубь суши, где могут и остаться при сильном спаде воды. Мелкие остатки (пустые раковины гастропод, обрывки водорослей, бирусные двусторонки, панцири ракообразных, листья зостеры и другие предметы) обычно образуют сложно переплетенный волноприбойный валик, тянущийся вдоль берега. Также параллельно линии берега обычно на открытых пляжах тянется береговой вал, образующийся во время сильных штормов и состоящий из разнообразных остатков, не имеющих какой-либо упорядоченной ориентировки.

Нередко остатки под влиянием колебательного движения воды и при наличии точки упора, затрудняющей их перемещение, занимают взаимоперпендикулярное положение (рис. 39, Б). Оба положения являются

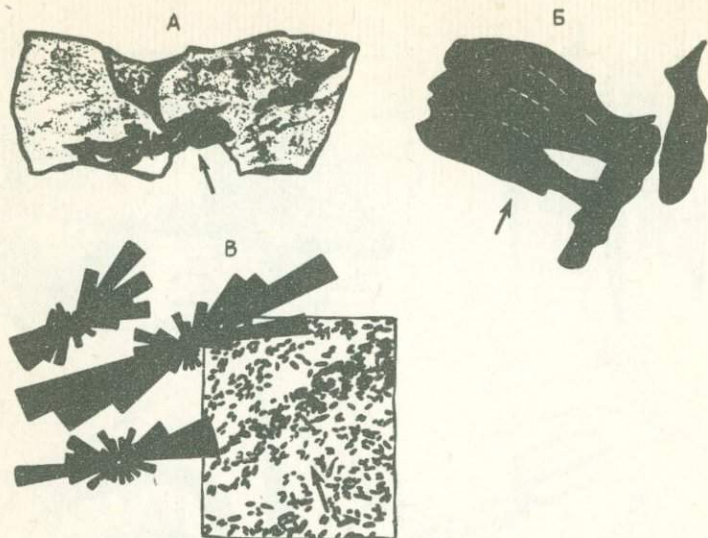


Рис. 39. Ориентировка остатков организмов в зоне волнения.

А — волноприбойный валик из рыб *Pteroniscus*, J₃, рыбные "сланцы", Казахстан, хр. Каратау, район с. Михайловское (по Р.Ф. Геккеру, 1948); Б — рыбы *Pteroniscus*, ориентированные в двух направлениях, там же; В — мелкие конусовидные гастроподы *Haplostiche* (длинные оси большинства раковин ориентированы поперек главного направления движения воды; розы биполярны, с двумя почти равными боковыми максимумами; изображена покрытая волноприбойными знаками нижняя поверхность слоя), K₁, Техас (А.Н. Müller, 1976)

устойчивыми для определенного направления волны. Благодаря ориентирующему действию волн, те остатки организмов, у которых продольные оси расположены под косым углом к вектору волны, со временем занимают наиболее устойчивое положение: те остатки, которые ориентируются параллельно фронту волны, получают по всей своей длине одинаковую силу удара, а те, что продольными осями расположены параллельно направлению волны, оказывают ей наименьшее сопротивление. Таким образом, по классификации Р. Селлея (1968 г.), общая модель ориентировки остатков валикообразной и цилиндрической форм в зоне течения и волнения будет в большинстве случаев иметь два примерно равных симметричных противоположных максимума и третий, меньший и перпендикулярный им минимум, указывающий на направление движения воды (рис. 39, В).

Ориентировка тел с удлинненными и выступающими частями. Тела таких организмов, как морские звезды, офиуры, морские линии, рыбы, пресмыкающиеся, птицы, растения, находящиеся на дне бассейна в зоне течения или волнения приобретают различную ориентировку в зависимости от строения тела, наличия мягких выростов, от характера поствитальных изменений и т.д.

Морские звезды и офиуры. Наблюдается несколько различных типов ориентировки мягких выростов их тел в зоне течения (рис. 40): а) заворачивание лучей на верхнюю сторону диска по ходу течения (сам диск

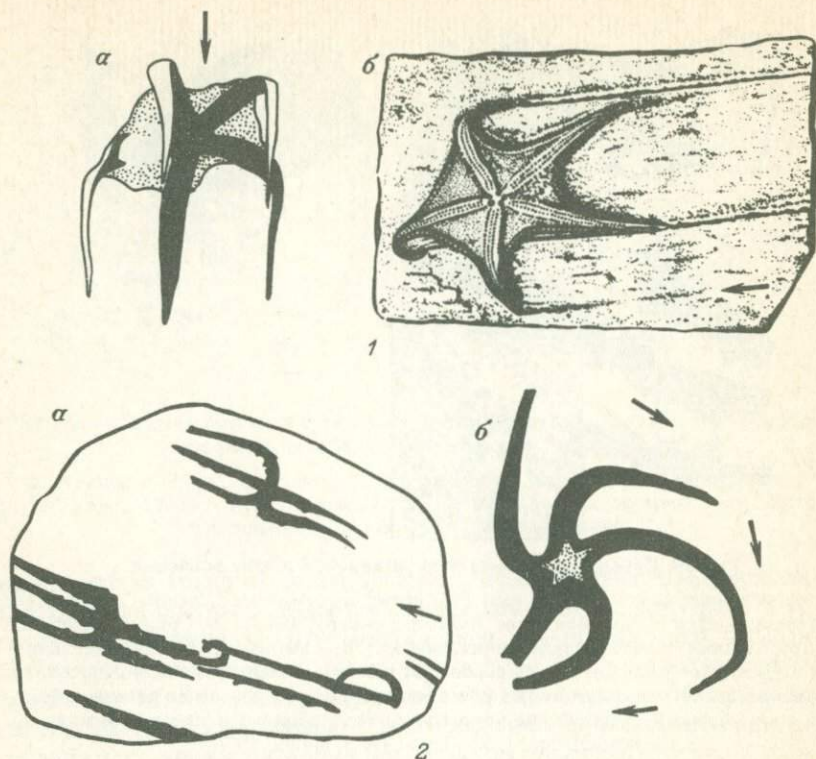


Рис. 40. Ориентировка тел офиур в зоне течения (А.Н. Müller, 1976).

1 — *Euzonosoma tishbeiniana*: а — с завернутыми на диск лучами по ходу течения, б — в положении "зонтика": диск в перевернутом положении переносился течением, а опущенные концы лучей соприкасались с грунтом, оставляя прямые борозды; 2 — *Furcaster palaeozoicus*: а — с линейным расположением лучей, параллельным направлению течения (боковые лучи отогнуты назад), D₁, бунденбахский сланец, ФРГ, Рейнланд, район Бунденбаха; б — со спиралевидно отогнутыми в одну сторону (по часовой стрелке) лучами под воздействием вихревого течения, там же

при этом остается неподвижным; такое положение лучей предполагает возможное переворачивание тела вокруг горизонтальной оси), б) переворачивание всех лучей и диска; в) положение "зонтика" (диск переносится течением, а опущенные концы лучей волочатся по грунту, оставляя прямые борозды), г) вихревое расположение лучей (концы всех лучей загнуты как бы по спирали вокруг диска; такое спиралевидное положение лучей указывает, видимо, на вихревое движение воды), д) линейное расположение лучей, параллельное направлению течения.

Морские лилии. Прикрепленные длинностебельчатые морские лилии в зоне однонаправленного течения приобретают линейную ориентировку, параллельную течению. Стебли и руки лилий вытягиваются вниз по течению, нередко устилая все дно параллельно расположенными скелетными

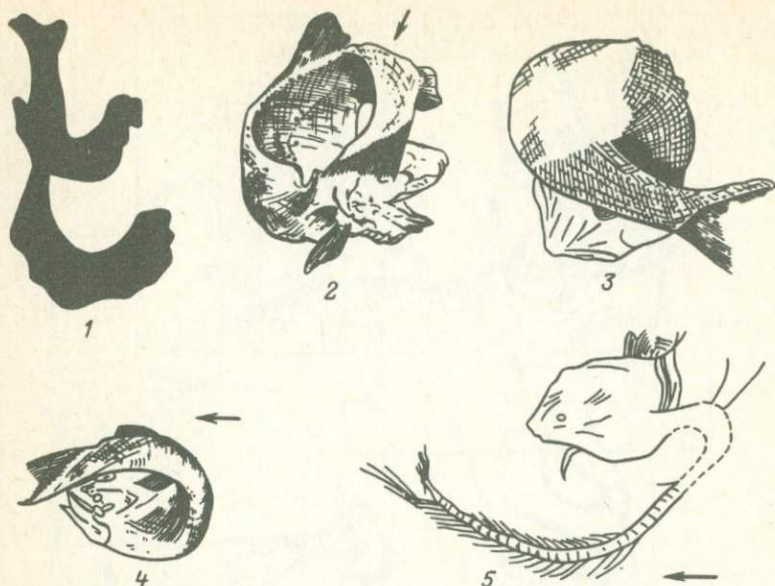


Рис. 41. Типы ориентировки рыб в зоне течения.

1 — два экземпляра *Pteroniscus* с одинаковым дугообразным типом изгиба туловища; 2 — *Pteroniscus* и 3 — *Palaeoniscus* с кольцевым типом изгиба туловища; 4 — *Pteroniscus* с петлевидным типом изгиба хвоста; 5 — *Leptolepis sprattiformis* с крючковидным типом изгиба туловища по течению (голова параллельна туловищу и направлена назад, пунктиром обозначена разрушенная часть скелета). Местонахождения: 1, 2, 4 — J₃, рыбные "сланцы" Каратау, Казахстан, (по Р.Ф. Геккеру, 1948), 3 — J₃t, плитчатые известняки Золенгофена и 5 — медистые сланцы Мансфельда, ФРГ (А.Н. Müller, 1976)

образованиями. Такая ориентировка скелетов морских лилий может иметь место как в случае сохранения прикрепления стебля ко дну, так и при его отрыве; крона лилии всегда будет направлена по течению.

Рыбы. У трупов рыб в зоне течения нередко происходит сильное изгибание туловища в сторону движения воды. Обычно передняя, наиболее тяжелая часть тела, "заякоренная в грунте", остается на месте, задняя же, более легкая и гибкая — отгибается течением в сторону по типу флюгера, в результате чего образуется в той или иной степени выраженный изгиб туловища рыбы (рис. 41). Нередко голова оказывается погруженной на определенную глубину в мягкий грунт вследствие падения трупa на дно передней, тяжелой стороной тела. Под влиянием течения хвостовой отдел у таких трупов может сильно отклониться в сторону по типу флага. При этом в месте перегиба туловища часто происходит перелом позвоночника. По мнению А. Мюллера [48], позвоночник также может переломиться в результате простого изгиба туловища после того, как голова рыбы втыкается в грунт при крутом ее падении. А так как это может иметь место

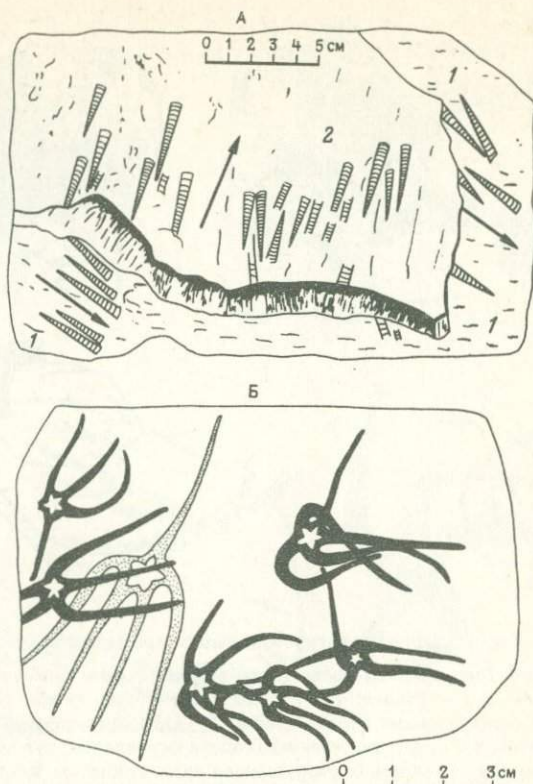


Рис. 42. Разнонаправленная ориентировка окаменелостей, свидетельствующая о смене придонных течений.

А — раковины *Tentaculites carzei* на поверхностях двух смежных плиток песчаника: 1 — нижней, 2 — верхней (предполагаемые направления течений показаны стрелками), S, песчаники Гаспе, Канада, штат Квебек, округ Гаспа (Е.М. Kindle, 1938, с изменениями); Б — отпечатки офиур *Furcaster palaeozoicus* на одной поверхности плитки (точками показана офиура, ориентированная течением; черным залиты офиуры, ориентированные противотечением), D, бунденбахский сланец; ФРГ, район Бунденбаха (R. Koenigswald, 1930)

и в спокойной воде, то остатки рыб с переломленным позвоночником не должны рассматриваться в качестве бесспорных индикаторов течений. При уплотнении осадков фоссилизирующиеся трупы рыб с резким изгибом туловища могут испытать сильную механическую деформацию, которая приведет к усугублению изгиба и усилению перелома позвоночника. В результате уплотнения осадка хвост часто вплотную оказывается рядом с головой или туловищем (крючковидный) либо перекрывает головной отдел (петлевидный) и кольцевой тип изгиба.

У трупов птиц и летающих ящеров все выступающие части (голова, шея, хвост, ноги и концы крыльев) под воздействием течения изгибаются

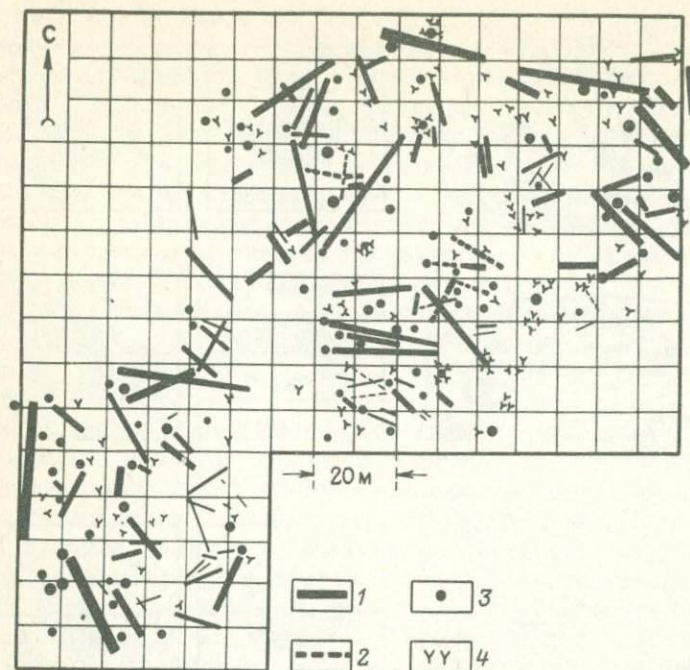


Рис. 43. Ориентировка ископаемых стволов деревьев, поваленных ветром, на поверхности пласта бурых углей.

1 — стволы хорошей сохранности, 2 — разрушенные стволы; 3 — пни, 4 — ветви и мелкие обломки стволов; N_1 , карьер Фергисмейнихт под Биттерфельдом, ФРГ (A.H. Müller, 1951)

по типу флюгера относительно тяжелого туловища и вытягиваются также параллельно направлению движения воды.

Разнонаправленная ориентировка остатков. Иногда на соседних плоскостях породы обнаруживаются остатки организмов, имеющие различную пространственную ориентировку (рис. 42). Это явление рядом исследователей связывается со сменой придонных течений.

Ориентировка остатков в наземных условиях. Случайная ориентировка имеет место, когда трупы или другие посмертные остатки организмов накапливаются в различных углублениях на земной поверхности: ямах с крутыми стенками, расселинах, карстовых воронках и т.д. в результате простого падения тел в "ловушки" или вымывания их временными потоками. Иногда обнаруживается упорядоченная ориентировка стволов деревьев, связанная с воздействием ветра (рис. 43). Преимущественная ориентировка остатков в этом случае будет параллельна направлению движения ветра (поваленные ветром деревья).

Окаменелости-ватерпасы. Характер ориентировки остатков организмов в породе в ряде случаев устанавливается не по самим окаменелостям,

деляются на нем горизонтально. Если порода, находящаяся внутри первичной полости окаменелости, обладает нормальной слоистостью, то ее также можно использовать для определения ориентировки остатка. В массивных же терригенных или органогенных, особенно биогермных, породах плоскости раздела в окаменелостях являются часто единственными признаками для установления ориентировки не только ископаемого остатка, но и для определения характера залегания вмещающей породы. В биогермных телах и рифовых массивах при росте органогенных построек, как правило, остаются те или иные, обычно небольшие пространства, окруженные скелетами рифостроящих организмов. Если эти пустоты впоследствии заполняются осадком и вторичными минералами, то образующиеся в пустотах плоскости раздела также могут быть использованы в качестве естественных уровней. Такие образования названы полостями-ватерпасами.

В большинстве случаев при изучении геологических ватерпасов, обнаруживаемых в обнажении обычно на вертикальных и крутонаклонных поперечных свежих сколах или выветрелых поверхностях пород, исследователь имеет дело не с плоскостью раздела, а лишь с линией раздела или линией древнего горизонта. В редких случаях, когда окаменелость сильно выветрелая, удается непосредственно наблюдать всю или часть плоскости раздела. Если в обнажении есть срез окаменелости вкрест наблюдаемой линии раздела, то на нем можно получить третью точку для измерения плоскости раздела. Замеры самой плоскости раздела дают наиболее достоверные результаты.

Наиболее часто окаменелости-ватерпасы представлены трубчатыми раковинами брахиопод и бивальвий, трубками серпул, панцирями иглокожих и др. Окаменелости-ватерпасы установлены в перми Приуралья, триасе и юре Памира, ордовике, девоне, карбоне, мелу и эоцене Северной Америки. Специальное изучение их во многих случаях позволяет определить первоначальное (неизмененное) и вторичное (измененное) положения захороненного остатка в осадке, различный характер переориентировки окаменелостей в породе вследствие тектонических движений, характер залегания пород, первоначальный или естественный наклон слоев во время осадконакопления, а также восстановить некоторые элементы палеорельефа, например, крутизну естественного склона рифа во время его роста и т.д. [43].

Определение первоначального (неизмененного) положения окаменелости производится путем приведения поверхности раздела внутри ее первичной полости в горизонтальную плоскость. Во избежание случайных результатов необходимо исследовать возможно большее количество окаменелостей-ватерпасов. Такое приведение легко производится при совпадении плоскости раздела в окаменелости с напластованием породы, независимо от характера залегания последней (горизонтальное, наклонное, нормальное, перевернутое) (рис. 44, Б, В). При наклонном и перевернутом залегании массивных, неслоистых пород плоскость или линия раздела используются для определения истинного угла падения пластов (α).

Определение вторичной (измененной) ориентировки окаменелостей, обусловленной текучестью слабо уплотненного осадка, возможно в том случае, если плоскость или линия раздела в окаменелостях-ватерпасах занимает различное положение, а в самой породе наблюдается нарушение нормальной слоистости (рис. 44, Г). Разноплановое положение поверхности раздела может сохраниться лишь тогда, когда заполнитель затвердел до момента нарушения осадка. Все раковины при таком типе залегания имеют случайную ориентировку, и чем выше степень деформации осадка, тем больше разница в углах между поверхностью раздела и горизонтальной плоскостью. Можно было бы предположить, что те раковины, у которых плоскость раздела горизонтальна, находятся в первоначальном положении, но это было бы ошибкой, так как при перемещении осадка все раковины получили вторичную ориентировку, и при этом произошло нарушение пространственных соотношений между ними. Рассмотренный тип ориентировки можно использовать для определения кровли слоя, выбрав для этого те окаменелости, в которых плоскость раздела параллельна напластованию или близка к этому.

Метод определения первоначального естественного наклона слоев по окаменелостям-ватерпасам применяется в районах развития погребенных структур как органического (биогермы), так и неорганического происхождения (различные подводные возвышенности, вокруг которых обычно наблюдается явление облекания). Метод успешно применяется при условии отсутствия деформации осадков в период их формирования, отсутствия сильной тектонической деформации окаменелостей и породы, и если сама толща не испытала интенсивной дислокации. Так как полость раздела внутри окаменелости всегда указывает на горизонтальное направление, то в случае горизонтального залегания пласта она совпадает с напластованием. Если же между плоскостью раздела и плоскостью напластования фиксируется угол, то последний соответствует углу первоначального наклона слоев осадка в момент их накопления. При пологом залегании пластов угол первоначального наклона осадков нередко совпадает с истинным углом падения пород. В случае крутого падения пласта первоначальный наклон слоев (угол β) представляет разницу между истинным углом падения пласта (α) и углом падения плоскости раздела окаменелости (γ) (рис. 44, Д, Е).

Благодаря применению этого метода удалось, например, определить первоначальный наклон слоев во время их накопления на западных склонах гор-одиночек раннепермских рифовых сооружений в Ишимбаевском Приуралье [43] или установить естественную крутизну, равную 43° , фронтального склона триасового Акташского рифа в юго-восточном Памире (Б.К. Кушлин, 1968 г.). Первичный наклон пласта должен учитываться также при определении истинной мощности рифа. Окаменелости-ватерпасы можно также использовать при изучении наклонно залегающих пластов с косою слоистостью, для определения палеоазимута падения первичных склонов погребенных структур и при других структурных, тектонических, фациальных и палеогеографических построениях.

Установление вторичной ориентировки (переориентировки) остатков. По ряду признаков можно установить или предположить изменение

прижизненной или первичной посмертной ориентировки остатков в результате воздействия биотических и механических факторов:

Признаки	Причина
В осадке	
Нарушение нормальной слоистости; наличие многочисленных нор и ходов роющих организмов	Биотурбация
Нарушение нормальной слоистости, наличие оползневой текстуры (деформации течения), отсутствие однонаправленной ориентировки плоскостей раздела в окаменелостях-ватерпасах	Перемещение пластичного осадка во время его течения (сползания) по пологому склону
Наличие сложного однородного осадочного заполнения первичной полости окаменелости	Смещение центра тяжести остатка, возможно перемещение рыллого осадка
В породе	
Наличие складчатости и разрывных нарушений; в случае спокойных пликативных дислокаций удается "снять" влияние тектоники	Интенсивные тектонические процессы
Наличие признаков переотложения; залегающие окаменелости в чужеродной окружающей породе	Переотложение окаменелостей

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНЕЗИСА ОСТАТКОВ ОРГАНИЗМОВ В ОРИКТОЦЕНОЗЕ

Английский палеонтолог Д. Эйджер в 1963 г. составил интересную схему, демонстрирующую как в конкретный момент остатки совершенно различных организмов, обитающих в воздухе над морем, в водной толще, на дне и в осадке или находящихся в некропланктонном состоянии, а также вынесенных с суши могут сформировать тафоценоз одного слоя осадка (рис. 45). От правильного определения происхождения остатков, встреченных в ориктоценозе, зависит точность дальнейшего палеоэкологического (в частности, палеобиоценологического) анализа, так как определение некоторых прижизненных группировок организмов типа палеоценоза ведется только по остаткам, захороненным на месте обитания (рис. 46).

По генезису ископаемые остатки организмов, находящиеся в ориктоценозе, мы подразделяем на три группы: автохтонные, субавтохтонные и аллохтонные. Наиболее важные признаки, характерные для каждой из них, следующие.

Признаки автохтонного захоронения. Автохтонным мы называем захоронение, в котором ископаемые остатки организмов находятся в прижизненном положении. Танатотоп остатков в этом случае тождествен биотопу самих организмов.

1. Остатки организмов находятся *in situ* и сохранили свою прижизненную ориентировку:

а) цементно-прикрепляющиеся бентосные организмы на плотном суб-

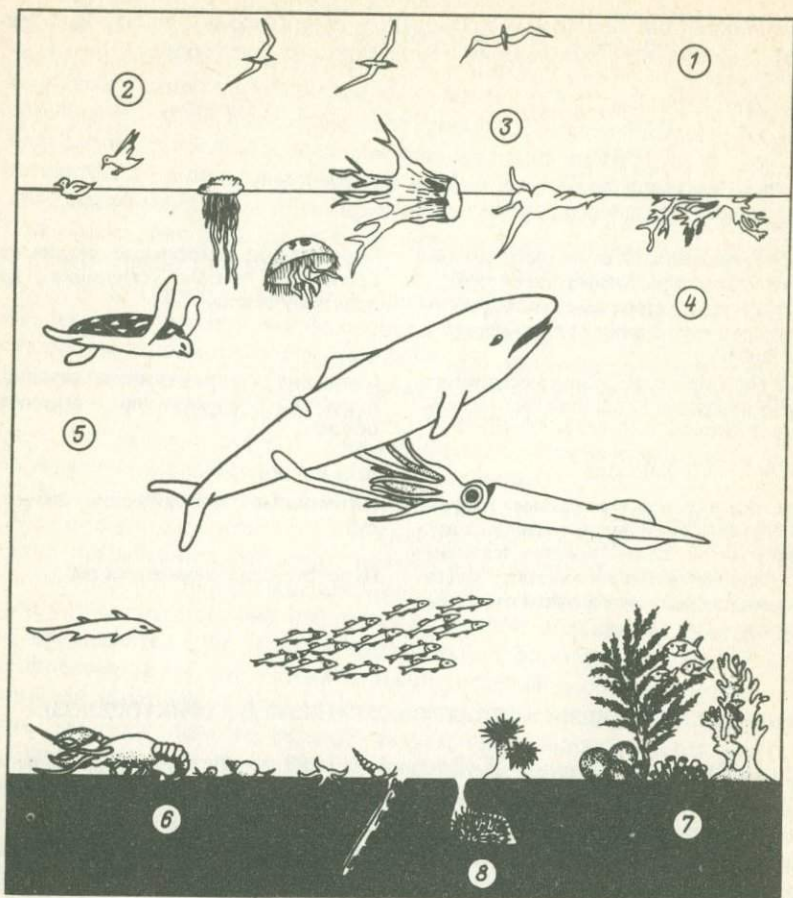


Рис. 45. Организмы с различным образом жизни и условиями обитания, которые могут накопиться на дне моря в одном слое осадка (D.V. Eger, 1963).

1 — летающие над поверхностью моря, 2 — плавающие на поверхности, 3 — вынесенные в море, 4 — прикрепленные к плавающим предметам, 5 — плавающие в толще воды, 6 — передвигающиеся по дну, 7 — прикрепленные к дну, 8 — зарывающиеся в осадок

страте дна; сохраняется весь остаток (раковина, стебель с чашечкой, колония и др.) или базальная часть скелета (в случае морских лилий, некоторых баланид; нижние створки брахиопод или бивальвий); наиболее часто в прижизненном положении захороняются колониальные рифообразующие организмы, участвующие в постройке биогермов и биостромов; автохтонными являются также те устричные и рудистовые банки, в которых раковины сохранили прижизненное положение и пр.;

б) прикрепляющиеся корнями (растения; ископаемые почвы в углях, пронизанные корешками—стигмариями палеозойских плауновидных; стоячие пни ископаемых лесов с сохранившейся корневой системой)

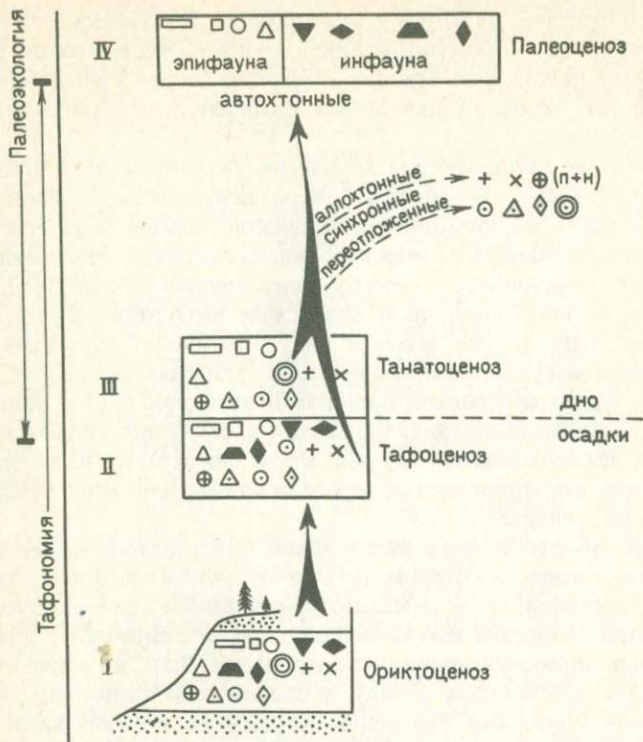


Рис. 46. Главные этапы тафономического и палеоэкологического анализа ориктоценоза.

I — изучение ориктоценоза, II — восстановление условий формирования тафоценоза, III — восстановление условий формирования танатоценоза и выяснение генезиса остатков, IV — восстановление части прижизненной (биоценотической) группировки донных организмов (палеоценоза); знаки — остатки организмов: светлые — эпифауна, черные — инфауна, с точкой в центре — переоотложенные, п + н — планктон и нектон

и "заякоривающиеся" в мягкий грунт корневидными выростами (губки, морские лилии) или "ножками" (якорные брахиоподы: довольно часты естественные ископаемые прижизненные группировки, состоящие из многих экземпляров и имеющие одинаковую ориентировку раковин макушкой вниз);

в.) лежащие на мягком грунте неподвижные бентосные организмы (брахиоподы — продуктиды и др., двустворчатые моллюски — устрицы с грифоидным типом раковины), сохранившие обе створки и прижизненную ориентировку раковин: выпуклая створка внизу, плоская или вогнутая наверху;

г.) зарывающиеся в рыхлый грунт двустворчатые моллюски и некоторые брахиоподы, раковины которых имеют обе нераскрывшиеся створки

и сохранили соответствующую ориентировку: двустворки — передним концом, брахиоподы — макушкой вниз; иногда от заднего конца раковины некоторых двустворок отходит обызвестленная грубка, предохранявшая сифоны; нередко у двустворок сохраняется минеральная псевдоморфоза по связке;

д) сверлящие двустворчатые моллюски (камнеточцы) и обитающие в грунте десятиногие ракообразные, находящиеся в своих норах и туннелях; сами норы сверлильщиков-моллюсков должны быть в автохтонном субстрате (на каменном морском дне, на раковине, в колонии или на другом остатке организма, цементно прикрепленного ко дну); наиболее часты в органогенных постройках вследствие иммиграции обрастающими организмами; надо только иметь в виду, что иногда пустующие норы сверлильщиков могут быть заняты другими организмами-колонистами.

2. Следы жизнедеятельности организмов находятся *in situ*; большинство следов хождения, ползания, зарывания и сверления являются автохтонными, за исключением тех случаев, когда они вымыты из вмещающих отложений или находятся внутри переотложенных желваков (чаще всего фосфоритовых), валунов и глыб.

Признаки субавтохтонного захоронения. Субавтохтонным мы называем такое захоронение, в котором ископаемые остатки находятся на месте обитания организмов, но не доказано прижизненное положение их остатков. Танатотоп полностью или частично совпадает с биотопом; переработка, в том числе переориентировка остатков может быть, но незначительна.

1. Имеется соответствие между экологическим типом ископаемого организма или комплекса бентосных организмов и фациальным типом породы. Например, нахождение тонкораковинных ползающих и зарывающихся двустворчатых моллюсков и лежащих и зарывающихся брахиопод, зарывающихся ежей, ползающих офиур и т.д. в тонкозернистых осадках. При этом прижизненная ориентировка может не сохраниться, так как остатки могут испытать небольшой перенос. Наибольшее соответствие у водных бентосных организмов будет наблюдаться для комплексов, обитавших в относительно спокойных зонах морей и озер. Классическим примером такого соответствия служит комплекс тонкостворчатых и малорослых двустворчатых моллюсков, приуроченных к тонким микрослоистым спиралисовым глинам миоцена, накапливавшимся в нижнесублиторальной и эпибатиальной зонах открытого моря [25]. В некоторых случаях такое соответствие отмечается и для наземных организмов (остатки летающих мышей в осадках пещер; крупные остатки растений в торфе и автохтонных углях, сформировавшихся на месте произрастания древесных пород).

2. Отсутствуют какие-либо следы выборочности по захоронению между особями одного вида и между представителями разных групп бентосных организмов; наблюдается совместное нахождение остатков особей одного вида на разных стадиях индивидуального развития.

3. Остатки зарывающихся организмов находятся в осадке, пронизанном норами (например, клешни и панцири десятиногих ракообразных в песчанике, содержащем ядра нор и ходов).

4. Отсутствуют следы механической переработки остатков организмов: сортировки, окатанности и упорядоченной ориентировки (за исключением прижизненной); но возможна биоэрозия и коррозия скелетных образований, а также расчленение крупных скелетных образований, на более мелкие части, но находящиеся рядом.

Признаки аллохтонного захоронения. Аллохтонным мы называем такое захоронение, когда остатки организмов захоронились не на месте обитания, а претерпели значительную транспортировку. Танатотоп не совпадает с биотопом. К аллохтонным элементам мы относим также и перетолженные формы.

1. Наблюдается несовпадение обстановок обитания организмов и захоронения их остатков: а) находки остатков наземных форм (позвоночных, насекомых, моллюсков, растений) в морских отложениях и, наоборот, морских организмов — в континентальных осадках; б) накопление в морских осадках остатков тех организмов, которые при жизни не были непосредственно связаны с дном бассейна (планктон, псевдопланктон, нектон, нектон — бентос).

2. Отсутствие соответствия между экологическим типом водных ископаемых организмов и фациальным типом породы (например, грубо-ребристые массивные раковины в тонких глинах).

3. Отсутствует соответствие между экологическими признаками водных организмов; принадлежащих к разным группам (например, глубоководные и мелкободные вместе).

4. Имеются следы интенсивной механической переработки: фрагментарность, окатанность, отсортированность по величине, возрасту особей, скульптуре, плавучести, отдельным створкам и т.д. и биотического влияния: исверленность и обрастание со всех сторон, что свидетельствует обычно о длительном перекатывании остатка по дну.

5. Наблюдается упорядоченная ориентировка остатков неприкрепленных организмов: "ракушечная мостовая", волноприбойные валики и пр.

6. Среди неприкрепленных организмов распространено внедрение одних остатков в полости других (раковины или створки вложены одна в другую).

7. Остатки организмов встречены отдельно от следов их жизнедеятельности (двустворки — литофаги вне своих нор).

8. Остатки организмов находятся в перетолженном состоянии.

9. Коренная вмещающая порода несет особые текстурные признаки: косяя и оползневая слоистость, рябь и т.д.

Ориктоценозы могут состоять из остатков одного генезиса (моногенные) или представлять собой остатки различного происхождения (гетерогенные). Среди первых наиболее часты аллохтонные захоронения (например, глобигериновые илы на подводных возвышенностях в океане). В подавляющем же большинстве случаев палеонтологи имеют дело с ориктоценозами, состоящими из гетерогенных элементов. Как правило, на фоне доминирующих остатков одного генезиса отмечается присутствие того или иного количества остатков другого. Возникают смешанные комплексы остатков: например, на фоне автохтонно захороненных колоний рифо-

строющих организмов в биогерме присутствуют занесенные в каверны раковины планктонных фораминифер или к субавтохтонному комплексу остатков (тонкораковинным и мелким двустворчатым моллюскам в глинах) примешиваются аллохтонные элементы (раковинки планктонных птеропод). В.А. Собоцкий [38] среди аллохтонных синхронных захоронений выделяет два типа: полигенный (перенесенные остатки различных, но только морских организмов) и омнигенный (перенесенные резко разнородные элементы морской и континентальной сред обитания — совместное захоронение раковин головоногих и двустворчатых моллюсков и растительных остатков).

Признаки переотложения окаменелостей. Как можно судить по многочисленным примерам, явление переотложения остатков организмов может выражаться в самых разнообразных формах. В одних случаях факт переотложения устанавливается непосредственно по признакам, заложенным в самом остатке, в других — по косвенным данным. Определение генетического типа переотложения окаменелостей — очень трудная, а иногда и неразрешимая задача. В настоящее время многими исследователями с тем или иным успехом используются некоторые критерии для определения переотложения. Большинство из них применимо лишь в конкретной обстановке и только некоторые являются общими. Среди последних наиболее важными являются следующие критерии.

Стратиграфические критерии. а. Резкое возрастное несоответствие между окаменелостями из одного слоя: на общем фоне окаменелостей одного облика присутствуют формы иного, более древнего или более молодого облика или даже экзотические элементы; наблюдается смешение форм из различных биозон. Чем меньше амплитуда стратиграфического интервала между горизонтами, из которого происходят переотложенные окаменелости, и отложениями, где они находятся во вторичном залегании, тем труднее распознавать факт переотложения.

б. Обратная последовательность в нормальном разрезе микроостатков, иногда многочисленных, на фоне закономерно изменяющегося во времени комплекса форм, находящихся в первичном залегании.

в. Резкое сокращение мощности, наличие поверхностей размыва — эти косвенные признаки предполагают появление переотложенных окаменелостей.

Тафономические критерии. а. Редкость находок, часто экзотичность, малочисленность отдельных форм, представленных дезинтегрированными остатками.

б. Разный характер сохранности остатков; как правило, переотложенные остатки отличаются от инситуных цветом, другим характером минерализации и кристаллизации, большей степенью коррозии и биоэрозии, окатанности, отсортированности, фрагментарности, иногда наличием корочки выветривания и пр. Однозначное использование этого критерия осложняется тем, что переотложенные остатки имеют лучшую сохранность, так как они представлены, например, более толстыми, массивными и устойчивыми скелетными образованиями, особенно микрофоссилиями.

в. Наличие во вмещающей толще (цементе) вокруг глыбовых включе-

ний ореола из остатков, которые встречаются в самих глыбах и обломках.

Литологические критерии. а. Присутствие в слое обломков осадочных пород, содержащих разновозрастные комплексы окаменелостей, чаще всего в галечниках, базальных конгломератовых и валунных горизонтах; иногда такие обломки находятся в несвойственной им фациальной или тектонической обстановке, представляя собой экзотические включения (ледниковые и тектонические отторженцы, оползневые блоки, ксенолиты в лаве и т.п.). Необходимо при этом иметь в виду, что глыбы с окаменелостями могут быть, с одной стороны, синхронными с вмещающими породами (в случае накопления, например, в подошве сгдона продуктов абразии органогенных построек), а с другой стороны, окаменелости, заключенные в глыбах другого возраста и освобожденные из нее в результате их разрушения, могут попасть в цемент вмещающих отложений.

б. Отличный от вмещающих отложений слоя литологический состав породы, сохранившейся внутри окаменелости.

в. Наличие в разрезе конденсированного горизонта (обычно содержащего фосфоритовые конкреции, а нередко представляющего собой конгломерат из фосфоритизированных раковин и ядер различных организмов) или присутствие в толще вулканогенных и ледниковых образований и т.д.

Перечисленные критерии, взятые отдельно, в некоторых случаях не могут служить убедительным доказательством наличия переотложенных остатков в разрезе. По некоторым признакам можно лишь предполагать возможность обнаружения факта переотложения. Естественно при решении вопроса о переотложении окаменелостей необходимо пользоваться, как и во многих случаях при изучении геологических объектов, комплексным методом. При тафономическом анализе очень важно установить способ переотложения окаменелостей, т.е. определить генетический тип переотложения.

ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОРИКТОЦЕНОЗА

Данные, полученные при проведении палеонтологического и тафономического анализов, используются на следующем — палеоэкологическом этапе изучения ориктоценоза. Палеоэкологические выводы в большей своей части представляют синтез полевых и камеральных исследований. В камеральный период уточняется экологический состав организмов, изучаются сравнительные данные по экологии групп, проводится статистическая обработка материала и т.д. Но в ряде случаев уже в поле можно составить представление, пусть предварительное, об основных экологических, а иногда и биоценологических, прижизненных группировках. В зависимости от постановки задачи исследования палеоэкологическому анализу подвергаются как автохтонные, так и некоторые аллохтонные элементы (в последнем случае при выяснении состава населения и условий существования организмов во всем бассейне или на крупных его участках) или только автохтонные и субавтохтонные остатки (при изуче-

нии палеоценозов и ископаемых популяций). Рассмотрение экологического состава ископаемых организмов в ориктоценозах и прослеживание выделенных группировок в пространстве следует вести по отдельным участкам бассейна, постоянно имея в виду возможность изменения структуры палеосообщества при переходе от одной палеофациальной зоны к другой.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППИРОВКИ

Выделение экологических группировок производится с различной степенью детальности и по различным признакам, как правило, по отношению организмов к основным факторам внешней среды.

Группировки организмов по образу жизни (этологические типы). Для остатков морских организмов выделяются крупные группы: планктон, нектон, бентос. Бентос делят на сидячий, лежачий, подвижный (ползающий, зарывающийся, сверлящий). Сидячий бентос подразделяют на формы цементно-прикрепляющиеся, якорно-прикрепляющиеся, биссусно-прикрепляющиеся и биссусно-цементно-прикрепляющиеся.

Этологические типы выделяются и внутри какой-либо одной группы организмов: например, среди брахиопод Е.А. Иванова [18] выделяет: якорный (раковина прикрепляется к субстрату при помощи ножки), зарывающийся (организм при помощи ножки зарывается в грунт), прирастающий (раковина плотно прирастает к субстрату всей своей поверхностью — цементно-прикрепляющиеся) и свободно-лежачий (раковина свободно лежит на дне). Двусторчатые моллюски, способные сверлить субстрат, распределяются между тремя этологическими типами: сверлящие плотный субстрат механическим путем (собственно сверлильщики, или камнеточцы), "сверлящие" известковый субстрат химическим путем (протравливатели) и сверлящие древесину (древоточцы). Среди фораминифер обычно выделяют три этологических типа: планктонные, бентосно-секреторные и бентосно-агглютинирующие. Выделенные группы удобно изобразить на различного рода диаграммах (рис. 47), в которых для каждого слоя указывается и количественная характеристика (число экземпляров раковин, относящихся к определенному экологическому типу или процентные соотношения типов).

Группировки организмов по факторам среды. Наиболее важным фактором, определяющим структуру сообщества, как известно, является трофический фактор. Для отнесения остатков организмов, встреченных в ориктоценозе, к тому или иному трофическому типу, достаточно, зная экологию изучаемых организмов, воспользоваться классификацией, разработанной для соответствующих экологически близких групп современных организмов. Например, для морского бентоса очень удобными являются классификации Е.Л. Турпаевой (1953 г.) и А.И. Савилова (1961 г.) (табл. 9).

Подобные группировки организмов выделяются и по отношению к другим факторам среды, например: 1) по условиям существования — наземные, водные; морские, солоноватоводные, пресноводные, 2) по от-

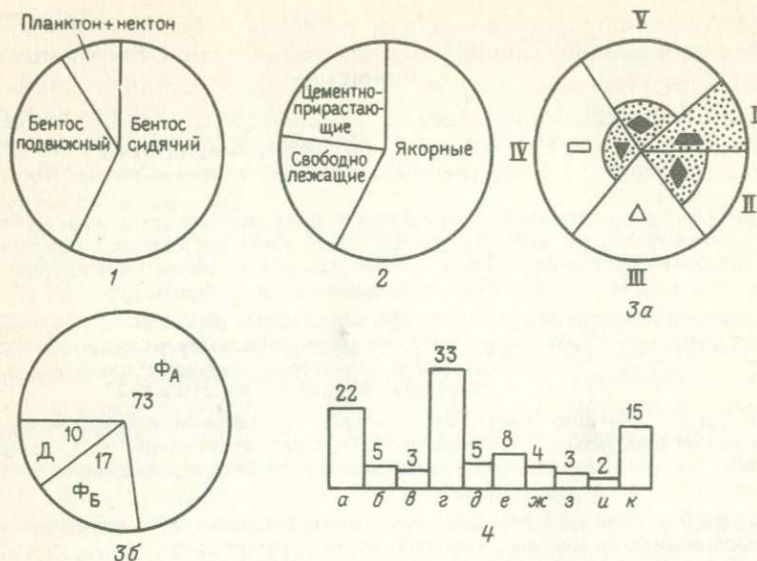


Рис. 47. Палеозоологический анализ орыктоценоза.

1-3 - циклограммы: 1 - общий экологический состав организмов (известняк, сублитораль, C_2 , Московская синеклиза, по Е.А. Ивановой, 1949); 2 - этологические типы брахиопод (там же); 3 - трофическая структура; 3а - сообщества донных моллюсков (схема): I - детритофиды, II - фильтраторы, III - растительноядные, IV - падальеды, V - хищники; каждая группа подразделяется на эпифауну и инфауну (крап); 3б - ифоцеромового сообщества: Ф_А - фильтраторы (сестонофаги) высокого уровня, Ф_Б - фильтраторы низкого уровня, Д - детритофаги (цифры - частота встречаемости, %); алевриты, сублиторальная зона, K_1b , Хатангская впадина, р. Боярка (по В.А. Захарову и др., 1979); 4 - гистограмма эколого-трофических группировок (число особей соответствующей экологической группы к общему числу экземпляров, %); а - биссусные, б - свободнолежащие, в - якорные, г - обрастающие сестонофаги, д - зарывающие отсортировывающие детритофаги, е - зарывающиеся сестонофаги, ж - роющиеся безвыборочные детритофаги, з - ползающие сестонофаги, и - некто-бентосные хищники, к - нектонные хищники; K_2sr_1 , алевритистые известняки, сублиторальная зона, с. Волчицец, Предкарпатье (по В.А. Собоцкому, 1978)

ношению к температуре - теплолюбивые, умеренных широт, холоднолюбивые, 3) по бионии - мелководные, относительно глубоководные, глубоководные, 4) по отношению к грунту - обитатели жестких и рыхлых, гравийных, песчаных или илистых грунтов; обитатели твердого каменного дна, 5) по участию в рифообразовании - рифостроители, рифолюбы и т.д. Данные о присутствии в слое представителей той или иной это - или экологической групп включаются в общую характеристику конкретного палеосообщества или населения бассейна в целом и показывают условными знаками на соответствующих диаграммах.

Этолого-трофическая классификация современных донных беспозвоночных организмов

По Е.Л. Турпаевой (1953 г.)	По А.И. Савилову (1961 г.)
Глотающие — питаются органическим веществом грунта, заглатывая его целиком (<i>Arenicola</i>)	Сестонофаги неподвижно-прикрепленные (губки, гидроидные, часть кораллов, мшанки, брахиоподы, большинство морских лилий, часть двустворок: митилиды, устрицы и др.; серпулиды)
Собирающие — собирают детрит с поверхности грунта (<i>Yoldia</i> , <i>Nucula</i>)	Сестонофаги подвижные (большинство двусторчатых моллюсков-фильтраторов: кардииды, астартиды и др., некоторые пектиниды; некоторые морские ежи амфиоподы, полихеты и др.)
Фильтраторы А — фильтруют тонкий придонный слой воды (<i>Cardium</i>)	Собирающие детрит, подвижные и неподвижные (некоторые двусторчки: нукулиды, теллиниды и др.; некоторые иглокожие: офиуры, многие полихеты и др.)
Фильтраторы Б — фильтруют более высокие наддонные слои воды (<i>Mytilus</i>)	Заглатывающие грунт, подвижные (некоторые морские ежи, многие полихеты и др.)
Ожидающие — вылавливают пищевые частицы из тока воды (губки)	Хищники, неподвижные (актинии) и подвижные (многие десятиногие ракообразные; полихеты; некоторые гастроподы: натициды; многие морские звезды и др.)

ВЫЯВЛЕНИЕ БИОЦЕНОТИЧЕСКИХ ГРУППИРОВОК

Общие замечания. Конечной целью палеоэкологического, в частности, палеосинэкологического анализа, должна явиться попытка восстановления сохранившейся части сообщества, некогда существовавшего на данном участке бассейна, т.е. выявления прижизненной или биоценотической группировки. Именно такие группировки организмов несут наиболее объективную информацию как биологического — состав и плотность донного населения, точное положение в пространстве (в случае прижизненной ориентировки), образ жизни и условия существования организмов, прижизненные связи между ними, так и геологического содержания — первичная приуроченность к конкретной части слоя, отсутствие переноса и переотложения и т.д. Информация в дальнейшем используется при фациальном анализе ориктоценозов и в конечном счете направлена на восстановление населения и условий осадконакопления в бассейне.

Задача по выявлению ископаемого прижизненного сообщества является более сложной, нежели выделение экологических группировок. Эта сложность заключается в: 1) неполноте геологической летописи — от некогда многообразного живого сообщества сохраняется лишь мизерная его часть; искажаются прижизненные соотношения видов, 2) смешения в одном слое остатков таких организмов, которые при жизни занимали одну площадь, но разные экологические ниши (например, виды, жившие

на водных растениях и обитавших на поверхности грунта), 3) добавлении к автохтонным остаткам, т.е. находящимся на месте обитания и сохранившим прижизненную ориентировку, остатков организмов, которые принесены с соседних биотопов. К этому надо добавить проблемность самих понятий "сообщество" и "биоценоз" и рассуждения о полной невозможности восстановить прижизненные сообщества, так как слишком мало сохраняется сведений о них.

Тем не менее практика палеоэкологических исследований дает нам многочисленные примеры попыток восстановления палеосообществ [8, 9, 16, 25, 38]. Для обозначения восстановленной части палеосообщества исследователями применяются различные термины: ископаемый биоценоз, палеобиоценоз, палеоценоз, изопалеоценоз, ассоциация, сообщество, палеосообщество. Большинство из них разобрано в разделе "Термины палеоэкологического содержания". Некоторые исследователи, исходя из тезиса о невозможности восстановления прижизненных взаимоотношений между организмами по их ископаемым остаткам и "необходимости придерживаться осторожности при рассмотрении и анализе ископаемых фаун во избежание вулгаризации палеоэкологии" [19, с. 23] считают неправомерным применение специальных синэкологических терминов. Е.А. Иванова, например, при выяснении отношений между отдельными группами фауны, населявшей каменноугольные моря на месте Московской синеклизы, вместо известных терминов употребляет выражение "комплекс фауны".

Особенности ископаемых прижизненных группировок. При палеоэкологическом анализе с целью восстановления биоценологических группировок для донных организмов необходимо иметь в виду следующие особенности природных ископаемых сообществ (ИС).

1. Степень соответствия качественных и количественных соотношений видов в ИС таковым в биоценозе зависит от обстановки захоронения [26]. Чем мелководнее сообщество, тем больше в его состав входит организмов, способных сохраниться, но из-за неблагоприятных условий захоронения в грубых терригенных осадках у них тем меньше шансов сохраниться в ископаемом состоянии. Наоборот, в более глубоководных и более тонкозернистых осадках количество организмов, имеющих скелет, уменьшается, но условия для их захоронения и сохранения в ископаемом состоянии становятся более благоприятными, вследствие чего сравнительно глубоководные или обитавшие на тонких грунтах ИС полнее отражают характер исходного сообщества. Исключением из этого правила может явиться захоронение остатков мелководных организмов в условиях биогермов, где развиты в основном скелетообразующие формы и имеет место цементирующее обрастание и иммурация.

2. ИС может резко отличаться от биоценоза даже в случае автохтонного захоронения остатков, входивших в него организмов благодаря уничтожению бесскелетных форм, влиянию транспортировки (выносу некоторых остатков), разрушению части скелетного материала, в том числе под воздействием других организмов (биозрозии) и пр.

3. Концентрация остатков в ИС необязательно предполагает изобилие

живых особей на том же месте, так как возможен обильный принос остатков из соседних биотопов.

4. Площадь распространения посмертных остатков организмов данного вида (его T-ареал) всегда шире ареала, т.е. площади, занятой видом, вследствие разноса остатков по дну бассейна теми или иными факторами. Это явление отмечается как в мелководных, так и в глубоководных зонах моря.

5. Многие современные донные сообщества содержат ряд видов, очень близких по типу питания и образу жизни; их сочетание вызвано не взаимосвязанностью, а степенью доступности пищи. Таким образом, сложившиеся отношения между этими видами обусловлены одним из факторов внешней среды, т.е. биотопом в широком понимании. Эта же закономерность характерна и для ископаемого сообщества.

В большинстве случаев на ископаемом материале удастся выяснить лишь незначительное число непосредственных связей между организмами во время их сосуществования. Так, имеются примеры хищничества, паразитизма, комменсализма, инквилинизма, эпibiоза и пр., установленные на остатках различных вымерших организмов.

Методика выявления палеоценозов. Исходя из вышеуказанного, палеоэкологический анализ с целью выявления ископаемых биоценологических группировок возможен только применительно к таким донным организмам, чьи остатки находятся в автохтонном и в ряде случаев субавтохтонном захоронении. Термином, наиболее правильно отражающим качественное состояние ископаемой биоценологической группировки, я, вслед за Р.Л. Мерклиным [25], считаю "палеоценоз". Палеоценозом называется группировка ископаемых организмов, связанная единым комплексом факторов внешней среды (биотопом) и представляющая сохранившуюся часть донного биоценоза. Палеоценозу присваивается название по одному или 2-3 доминирующим родам. Он может быть подразделен на более мелкие категории — ассоциации, состоящие из одного или нескольких основных видов. Название ассоциациям дается по этим видам. Например, палеоценоз *Leda - Abra* (двустворчатые моллюски) для разных последовательных слоев одного разреза тарханских отложений Керченского полуострова представлен несколькими ассоциациями (25): слой 1. *Abra parabilis - Leda subfragilis - Cardium liverovskayae*; 2. *A. par. - L. subfr.*; 3. *A. par. - Lutetia intermedia*; 4. *Leda tenuivalva - A. par.*; 5. *A. par. - L. ten. - Cultellus scaphoidens*; 6. *A. par. - C. scaph. - Cuspidaria cuspidata*.

Таким образом, ассоциации отличаются друг от друга лишь видовым составом, что связано, в первую очередь, с незначительными колебаниями факторов внешней среды, и в связи с этим являются переходными единицами между палеоценозами. По ним можно проследить эволюцию палеоценозов во времени. Ассоциации характеризуются различным количественным соотношением входящих в нее видов. Так, Р.Л. Мерклин для восстановленных ассоциаций двустворчатых моллюсков предлагает следующую шкалу для определения значимости каждого вида: преобладающие виды (количество раковин данного вида более 50 % от общего числа раковин в выборке), характерные (количество особей превышает 25 %), сопутст-

вующие (количество особей более 10 %), случайные (единичные экземпляры двустворок или остатки нектонных и планктонных организмов). Например, при характеристике палеоценоза слоя № 3 а в тарханских отложениях в разрезе Керченского полуострова Р.Л. Мерклин [25] выделяет следующие категории остатков: палеоценоз *Leda* – *Abra*, ассоциация *Abra parabilis* – *Leda subfragilis* – *Cardium liverovskayae* виды двустворчатых моллюсков: преобладающие *Abra par.*, характерные *Leda subfr.*, *Card. liv.*, сопутствующие *Thyasira flexuosa*, *Saxicava arctica*, *Modiolus hoernesii* и др., случайные *Xylophaga dorsalis* (древоточцы).

Рассмотренный метод выделения палеоценозов и ассоциаций применим при прослеживании прижизненных группировок от разреза к разрезу по простирацию одного слоя. Примером выявления сообществ на значительных площадях и сравнения сообщества в разных регионах могут служить работы А. Буко (1979 г. и др.) по донным группировкам силура и девона. Полученные при палеоэкологическом анализе данные об экологических группах по определенным факторам и образу жизни можно показать на диаграммах (см. рис. 47).

СОВМЕСТНАЯ ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ВИДОВ ОДНОГО РОДА

Исходя из определения палеоценоза, мы можем принять допущение, что палеоценоз в определенных пределах соответствует биоценозу, слой, содержащий остатки организмов, отражает место и условия обитания организмов (биотоп), а ассоциации, выделенные в составе палеоценоза, соответствуют той группировке организмов, которая занимала определенную экологическую нишу. В таком случае, к организмам, занимавшим одну экологическую нишу, применимо "Правило несовместимости" Гаузе, или "Закон конкурентного исключения" Майра, суть которого сводится к тому, что в силу сходных требований к условиям существования два близко родственных вида обычно занимают разные экологические ниши. По-видимому, мы можем исходить из того, что законы, определявшие основные связи между организмами в древних биоценозах, ранее действовали аналогичным образом, как и в современную эпоху. Как показывают исследования современных донных биоценозов, совместная встречаемость нескольких видов одного рода представляет собой очень редкое явление. Столь же редким оно, вероятно, было и раньше. В этом отношении мы присоединяемся к точке зрения В.А. Захарова [16, с. 13], что "скорее всего, частота совместной встречаемости двух и более близкородственных видов в палеобиоценозе, по крайней мере, была сравнима с таковой в современном биоценозе". Остановимся на двух примерах.

1. В заливе Посьет (Японское море) О.А. Скарлато и др. (1967 г.) было изучено 29 мелководных биоценозов, расположенных в разных фациальных обстановках от зоны супралиторали до глубины 22 м [16]. Результаты анализа этих биоценозов с точки зрения совместной встречаемости видов одного рода имеют исключительно важное значение для палеоэкологии.

Инфауна: установлено 89,5 % биоценозов, в которых каждый род представлен одним видом; из 19 станций с представителями инфауны в 17 каждый род имел только по одному виду, и лишь в двух случаях встречены вместе два вида полихет одного рода (полихеты не имеют скелета и в ископаемом состоянии сохраняются редко).

Эпифауна: 33,3 % одновидовых биоценозов; из 26 станций с эпифауной только 9 имеют в роде по одному виду, в остальных каждый род представлен 2–3 видами, но в большинстве случаев последние также лишены скелетных образований. Наибольший интерес представляют группы раковинных моллюсков (гастропод и двустворок), остатки которых в ископаемых группировках довольно обычны. Гастроподы: в среднем в 77 % биоценозов каждый род представлен одним видом; из 28 станций на 18 роды имеют по одному, 7 — по два, 4 — по три и 2 — по четыре вида (все они относятся к роду *Littorina*). Последние случаи касаются супралиторальной и литоральной зон залива, осадки которых весьма редко сохраняются в ископаемом состоянии. Подсчитана также частота встречаемости видов гастропод по отдельным родам: из 49 родов 39 представлено одним видом, 7 — двумя, 2 — тремя и один род (*Littorina*) — 4 видами. Ни одного случая совместного нахождения двух и более видов гастропод одного рода не установлено среди форм, обитающих в сублиторальной зоне. Все двух-, трех- и четырехвидовые роды приурочены к супралиторали и литорали, где каждый из них имеет свою экологическую нишу, свой источник питания и ведет очень подвижный образ жизни. Двустворчатые моллюски: все 23 станции, т.е. 100 % биоценозов, на которых были встречены бивальвии, содержали в каждом роде по одному виду; большинство станций расположено в сублиторальной зоне, осадки которой наиболее широко распространены в ископаемом состоянии.

2. На основании изучения систематического и экологического состава и условий захоронения остатков в отложениях миоцена Керченского полуострова, представленных однородными спириалисовыми, местами алевритистыми глинами, накопившимися в тарханском море приблизительно на глубине не менее 200 м в условиях некоторой подвижности придонных вод, установлено длительное существование в ограниченном районе одного типа сообщества двустворчатых моллюсков — палеоценоза *Leda* — *Abra* [25], Этот палеоценоз сохранял свою устойчивость довольно длительное время (мощность отложений 95 м). Разновременные палеоценозы, соответствующие положению различных горизонтов в разрезе, отличаются друг от друга лишь видовым составом, т.е. на уровне ассоциаций. По типу захоронения все изученные ориктоценозы могут быть отнесены к субавтохтонным, так как в большинстве случаев не доказана прижизненная ориентировка и имеются следы переноса, местами наблюдается фрагментарность створок, их упорядоченная ориентировка выпуклостями вверх и т.д. Но значительный перенос и коренная переработка исходного комплекса исключена. Так вот, в палеоценозах всех шести горизонтов из 13 встреченных родов двустворок только один род (*Leda*) и лишь в одном палеоценозе представлен двумя видами. Причем здесь

нельзя исключать явление переноса. Из гастропод во всех палеоценозах обнаружен только один род (хищные *Nassa*) с одним видом.

Эти два примера показывают, что в биоценозах и палеоценозах донных организмов, по крайней мере, двустворчатых моллюсков, совместная встречаемость нескольких видов одного рода является исключением. Палеоэкологические исследования ориктоценозов двустворчатых моллюсков, встреченных в верхнеюрских и нижнемеловых отложениях севера Сибири, подтверждают данное правило о редкой совместной встречаемости близкородственных видов в одном палеоценозе [16]. Естественно, к чисто аллохтонным или смешанным комплексам ископаемых организмов рассматриваемое правило неприменимо. К таким комплексам относится большинство мелководных ракушечников, состоящих в основном из остатков брахиопод и моллюсков. В аллохтонных ориктоценозах типа линзы, пластового ракушечника и др. могут встретиться любые сочетания в отношении числа близкородственных видов.

Итак, в случае обнаружения в разрезе достоверного автохтонного ориктоценоза, представленного остатками донных скелетных организмов следует иметь в виду, что к такому объекту применим закон конкурентного исключения. При данном экологическом подходе к изучению ориктоценоза из одной выборки может резко уменьшиться число видов в составе одного рода, выделенных ранее по чисто морфологическим признакам. Такой подход особенно важен в популяционном анализе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.С., Найдин Д.П. Нарушения слоистости осадков литоральными беспозвоночными. — Литология и полезные ископаемые, 1973, № 4, с. 44–55.
2. Алексеев А.С., Найдин Д.П. Наблюдения за условиями переноса и захоронения раковин некоторых двусторчатых моллюсков на литорали приливного моря. — В кн.: Комплексные исследования природы океана. Вып. 4. М., 1973, с. 155–164.
3. Багдасарян Л.Л. Результаты микропалеофитологического исследования нефтей и пластовых вод. — В кн.: Микрофоссилии древнейших отложений (Тр. III Междунар. палинол. конференции). М., 1973, с. 62–67.
4. Барсков И.С. Биохимические и микроструктурные методы в палеонтологии. — В кн.: Итоги науки и техники. Стратиграфии и палеонтология. Т. 6. М., 1975, с. 5–56.
5. Бачинский Г.А. Принципы тафономической классификации местонахождений наземных позвоночных из неогеновых и антропогенных отложений Украины. — Палеонтол. сб. (Львов), 1965, № 2, вып. 2, с. 65–72.
6. Беляева Н.В. Положение фораминиферового лизоклина в разных зонах Тихого океана. — Литология и полезные ископаемые, 1980, № 2, с. 11–16.
7. Вопросы тафономии и палеобиологии (Тр. XX сесс. Всесоюзн. палеонтол. о-ва; сб. докл.). Душанбе, Дониш, 1978. 212 с.
8. Геккер Р.Ф. Введение в палеозоологию. М., Гостеолтехиздат, 1957. 125 с.
9. Геккер Р.Ф., Осипова А.И., Бельская Т.Н. Ферганский залив палеогенового моря Средней Азии, его история, осадки, фауна, флора, условия их обитания и развитие. Кн. 2. М., Изд-во АН СССР, 1962. 332 с.
10. Голубев С.Н. Реальные кристаллы в скелетах кокколитофорид. М., Наука, 1981. 161 с.
11. Давиташвили Л.Ш. К вопросу о классификации ценозов организмов и органических остатков. — В кн.: Общие вопросы эволюционной палеобиологии. Т. I. Тбилиси, 1964, с. 5–18.
12. Добровольский В.В. Гипергенез четвертичного периода. М., Недра, 1966, 238 с.
13. Друщиц В.В. О некоторых проблемах актуальной палеонтологии. — Бюл. Моск. о-ва исп. природы. Отд. геол., 1979, т. 54, вып. 2, с. 64–75.
14. Ефремов И.А. Тафономия — новая отрасль палеонтологии. — Изв. АН СССР. Сер. биол., 1940, № 3, с. 405–413.
15. Ефремов И.А. Тафономия и геологическая летопись. М., Изд-во АН СССР, 1950, 177 с. (Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. Т. 24).
16. Захаров В.А. Значение полевых литолого-палеозоологических наблюдений для исследований по систематике. — В кн.: Среда и жизнь в геол. прошлом (палео-экологические проблемы). Новосибирск, 1974, с. 8–15 (Тр. ин-та геол. и геоф. Вып. 84).
17. Зенкович В.П. Динамика и морфология морских берегов I. Волновые процессы. М. — Л., Морской транспорт, 1946. 496 с.
18. Иванова Е.А. Условия существования, образ жизни и история развития некоторых брахиопод среднего и верхнего карбона Подмосковной котловины. М., Изд-во АН СССР, 1949, 152 с. (Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. Т. 21).
19. Иванова Е.А. Развитие фауны средне- и верхнекаменноугольного моря западной части Московской синеклизы в связи с его историей. Кн. 3. Развитие фауны в связи с условиями существования. М., Изд-во АН СССР, 1958, 301 с. (Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. Т. 19).
20. Иванова И. — Н. В. Двусторчатые моллюски и условия осадконакопления. М., Наука, 1973. 164 с.
21. Колесников Ч.М. Палеобиохимические и микроструктурные исследования: в палеолимнологии (теоретические и методологические аспекты). Л., Наука, 1974. 157 с.

22. Кузнецов С.И., Иванов М.В., Ляликowa Н.Н. Введение в геологическую микробиологию. М., Изд-во АН СССР, 1962. 239 с.

23. Улисицын А.П. Распространение остатков карбонатных микроорганизмов во взвеси и в донных осадках. — В кн.: Основные проблемы микропалеонтологии и органогенного осадконакопления в океанах и морях. М., 1969, с. 241—267.

24. Малахова Н.П. Фауна в метаморфических породах Урала. Свердловск, Изд-во АН СССР, 1967. 144 с.

25. Мерклин Р.Л. Пластинчатожаберные спириалисовых глин, их среда и жизнь. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1950, 95 с. (Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. Т. 28).

26. Мерклин Р.Л. Жизненные формы и их значения для палеоэкологического анализа. — В кн.: Проблемы палеонтологии. Докл. сов. геол. на XXIII сесс. Междунар. геол. конгр. М., 1968, с. 18—26.

27. Морозова В.Г., Кожевникова Г.Е., Курьлева А.М. Датско-палеоценовые разнофациальные отложения Копетдага и методы их корреляции по фораминиферам. М., Наука, 1967. 211 с. (Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 157).

28. Найдин Д.П. Морфология и палеобиология верхнемеловых белемнитов. М., Изд-во Моск. Гос. ун-та, 1969. 302 с.

29. Найдин Д.П. Актуализм. Актуогеология. Актуопалеонтология. — Бюл. Моск. о-ва исп. природы. Отд. геол., 1979, т. 54, вып. 2, с. 49—63.

30. Образ жизни и закономерности расселения современной и ископаемой микрофауны (сб. статей). М., Наука, 1975. 439 с.

31. Осипова А.И. Из истории отечественной палеоэкологии. М., Наука, 1980, 65 с. (Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. Т. 185).

32. Очев В.Г., Твердохлебова Г.И., Миних М.Г., Миних А.В. Стратиграфическое и палеогеографическое значение верхнепермских и триасовых позвоночных Восточно-Европейской платформы и Приуралья. Саратов, Изд-во Саратовского Гос. ун-та, 1979. 160 с.

33. Радченко Г.П. Критерии и методы палеогеографических реконструкций прежних условий в областях древней суши по палеонтологическим данным. — В кн.: Методы палеогеографических исследований. М., 1964, с. 167—183.

34. Рейнек Г.-Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. М., Недра, 1981. 439 с.

35. Родионов Д.А., Забелина Т.М., Родионова М.К. Полуколичественный анализ в биостратиграфии и палеоэкологии. М., Недра, 1973. 126 с.

36. Романкевич Е.А. Геохимия органического вещества в океане. М., Наука, 1977. 256 с.

37. Саидова Х.М. Бентосные фораминиферы Мирового океана. М., Наука, 1976. 159 с.

38. Собецкий В.А. Донные сообщества и биогеография позднемеловых платформенных морей юго-запада СССР. М., Наука, 1978, 185 с. (Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. Т. 166).

39. Степанов Д.Л., Месежников М.С. Общая стратиграфия (принципы и методы стратиграфических исследований). Л., Недра, 1979. 423 с.

40. Тихий океан. Микрофлора и микрофауна в современных осадках Тихого океана (сб. статей). М., Наука, 1969, 201 с.

41. Фурсенко А.В., Фурсенко К.Б. Фораминиферы лагуны Буссе и их комплексы. — В кн.: Вопросы биогеографии и экологии фораминифер. Новосибирск, 1973, с. 49—118 (Тр. ин-та геол. и геоф. Вып. 62).

42. Хворова И.В. Атлас карбонатных пород среднего и верхнего карбона Русской платформы. М., Изд-во АН СССР, 1958. 170 с.

43. Шамов Д.Ф., Геккер Р.Ф. Окаменелости-ватерпасы и полости-ватерпасы. — В кн.: Организм и среда в геологическом прошлом М., 1966, с. 255—262.

44. Böger H. Bildung und Gebrauch von Begriffen in der Paläoökologie. — Lethaia, 1970, v. 3, p. 243—269.

45. Deecke W. Die Fossilisation. Berlin, 1923. 211 s.

46. Jürgen A. Boy. Typen und Genese jungpaläozoischer Tetrapoden-Lagerstätten. — Palaeontographica, 1977, A 156, n 4—6, s. 111—167.

47. Müller A.H. Grundlager der Biostratonomie. Berlin, 1951. 143 s.
48. Müller A.H. Lehrbuch der Paläozoologie. Bd. I. Allgemeine Grundlagen. Teil C, Jena, 1976, s. 31–164.
49. Seilacher A. Begriff und Bedeutung der Fossil-Lagerstätten. – Neues Jahrb. Geol. und Paläontol. Monatsh., 1970, n 1, s. 34–39.
50. Tobien H. Typen und Genese tertiärer Sänglerlagerstätten. – Eclogae geol. helv., 1968, v. 61, n 2, s. 549–575.
51. Treatise on marine ecology and paleoecology. Vol. 2. Paleocology. Geol. Soc. Am., mem. 67, 1957, 1077 p.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Абразионный тип переотложения 64
 Абразия 117
 Автохтонный тип захоронения (признаки) 161
 Аккумуляция минерального вещества 30
 — органического вещества 19
 Актуопалеонтология 6
 Аллогенная брекчия 70
 Аллохтонный тип захоронения (признаки) 165
 Аллоценоз 10
 Аминокислоты 23
 Апатиты 98
 Артроподоценоз 12
 Асинхронный перенос 62
 Ассоциации 172
 Астроблемы 69

Б

Белки 23
 Биогеохимический круговорот веществ 14
 Биомеханическая деструкция 33
 Биоморфозы 91
 Биостратонмия 6
 Биофоссилии 13, 140
 Биохимическое растворение 44
 Биотоп 13, 45
 Биотурбация 161
 Биоценоз 13, 54
 Биоценотические ископаемые группировки и их особенности 170
 Биоэрозия 34, 74, 118
 Битуминизация 84
 Бонебеды 121

В

Вдольбереговое перемещение остатков 45
 Виды-двойники 14
 Вложенные створки 74
 Вывыв остатков 71
 Волновое перемещение остатков 45
 Волноприбойные валики 74, 153
 Воски 25, 85
 Вторичная ориентировка 160
 Вторичная полость 104
 Вторичное местонахождение 64
 Вулканический тип переотложения 69
 Выборочность захоронения 17

Выборочность растворения 90
 Выщелачивание 34

Г

Генезис остатков 161
 Генетические классификации местонахождений 121
 Генетический тип переотложения абразионный 64
 — — — вулканический 69
 — — — денудационный 63
 — — — импактный 62
 — — — ледниковый 68
 — — — миграционный 71
 — — — оползневой 66
 — — — тектонический 71
 — — — турбидный 67
 — — — циркуляционный 71
 Геноценоз 14
 Гипергенез 19, 110
 Гипергенное замещение 115
 — заполнение пустот минералами 115
 — окисление 112
 — растворение 112
 — ядер 114, 115
 Гипс 117
 Глауконит, глауконитизация 102
 Глицины 23
 Глобулиты 25
 Гниение 82
 Гравитационное смещение 49
 — погружение 52
 Гумификация 83
 Гумус 83

Д

Двусторонние отпечатки 109
 Денудационный тип переотложения 63
 Диатомоценоз 12
 Доломит, доломитизация 95
 Дрейфовый разнос 49
 Дробление остатков 31

Ж

Жизненные формы 13

З

Закон конкурентного исключения 173
 Замещение органического вещества 79, 91
 — скелетного вещества 79, 91

Заполнение первичной полости 103, 105, 106
– трещин 121
Захоронение остатков в море 72
Зооморфозы 94, 100
Зоопланктонный транспорт 29
Зоофоссилии 140

И

Изобиоценоз 13
Изопалеоценоз 13
Импактный тип переотложения 69
Инклюдзы в янтаре 27, 140
Инкрустация 96
Ископаемые сообщества 171
Ихнофоссилии 12, 140
Ихноценоз 12

К

Кальцит, кальцитизация 94
Карбонатный лизоклин 38
Карпоценоз 12
Кварц, кварцин 99
Кератин 24
Кларит 83
Клетчатка 21
Клиппы 71
Кокколиты (фоссилизация) 81
Колболлы 92
Коллаген 24
Конденсированные слои, горизонты 65
Конхиолиты 24
Копал 26
Костеносные слои 119, 120
Костная брекчия 121
Коэффициент захоронения органического вещества 30
Ксенолиты 69
Кремни 99
Кристаллит 81
Критическая глубина карбонатов 39
Крустификация 110
Ксенолиты 69
"Купер-мен" 86
Кутикула 22, 25, 83, 86
Кутин 25, 84, 86

Л

Ледниковые отторженцы 68
Ледниковый тип переотложения 68
Ледовый разнос остатков 56
Лигнин 26, 84
Лигнит 26
Линия критической глубины распространения карбоната 39
Липтоценоз 12
Ломка остатков 31

М

Мероценоз 12
Местонахождение (типы) 119
– вторичное 64
– конденсированное 121
– консерваты 121
– концентраты 121
– ловушки 121, 123
– обрушения 121
– остаточное 63
– россыпное 125
– стагнаты 121
Метасоматоз 91, 115
Механическая деструкция остатков 31
Миграционный тип переотложения 71
Миграция нефти 71
Миксоценоз 10
Милиолиты 61
Минерализация 79, 90
Морозобойный эффект 118
Морфологические классификации местонахождений 119
Мумификация 86, 87
Мутьевые потоки 49, 67

Н

Насыщенность породы остатками 139
– вод кальцитом 37
Некропланктон 51
Некроценоз 11
Некроценозный танатоценоз 10

О

Обугливание 85
Односторонний отпечаток листа 109
Окаменелости-ватерпасы 104, 157
Окатывание 31
Окисление 82, 112
Окремнение 99, 116
– кокколитов 43
Олистоциты, олистостромы 66
Оползневой тип переотложения 66
Органическое вещество 27
Ордероценоз 14
Ориентировка остатков 73, 144
– линейная 150
– – валикообразных тел 151
– – конусовидных тел 150, 151
– – под воздействием ветра 157
– – разнонаправленная 157
– – тел с мягкими выростами 153
– нелинейная 149
– случайная 148
– (техника измерения) 145
Ориктомасса 10
Ориктоценоз 12, 130, 138, 167
Остаточные местонахождения 63

Оторфенение 83
Отпечатки (внешние и внутренние) 108

П

Палеизация 8, 80
Палеобиоценоз 13
Палеонтологический квадрат 128
Палеоценоз, определение 13
—, методика выявления 172
Палеоэкологический анализ ориктоценоза 167, 169
Палеоэкологические термины 13
Палиноценоз 12
Пассивное погружение остатков 52
Первичная полость 103
Первоначальный естественный наклон слоев 160
Перенос воздушными потоками 59
— глубинными течениями 51
— поверхностными течениями 49
— реками и водными потоками 56
— хищниками 54, 61
Переотложение остатков 62–72
— (признаки) 166
Периостракум 24, 89
Пирит, пиритизация 95
Пиритовые ядра 97
Плантеценоз 12
Плоскость (поверхность) раздела 104
Полости-ватерпасы 159
Полуколичественный (балльный) подсчет остатков 137
Прижизненное окатывание 32
— растворение 34
Прижизненная окраска и рисунок 87
Приспособление к компасу 146
Пробные площадки 129
Протеины 24
Псаммон 60
Псевдолопастная линия 113, 115
Псевдоморфозы 72, 92, 93, 117
Псевдохитин 25, 86
Псевдоценоз 12

Р

Ракушечная (раковинная) мостовая 142, 143, 144
Разложение органического вещества 27
Распределение остатков в породе 142
Растворение карбонатов 33
— кокколитов 43
Роза-диаграмма ориентировки 146, 148
"Розочки" окремнения 101
Роренштейны 110
Ряды устойчивости фораминифер 42

С

Сальтация частиц 46
Сапропелит, сапропель 84
Сидерит, сферосидерит 97, 98
Синхронный перенос остатков 45
Склеропротейны 24
Скорость погружения 52
Сложное внутреннее ядро 107
Случайная ориентировка 148
Смоля 26, 84
Совместная встречаемость видов 173
Сообщество 9, 13
Сопочная брекчия 69
Сохранность окаменелостей 139
Спорополленин 26, 84
Средняя окатанность по 5-ти балльной шкале 141
Субавтохтонные остатки 164
Субавтохтонный тип захоронения (признаки) 164
Суберин 25, 84
Субфоссилии 79, 87, 140
Суспензионные потоки 49, 67

Т

Таксономический анализ ориктоценоза 130
Таксоценоз 14
Танатомасса 10
Танатотоп 10, 45
Танатоценоз 10, 41, 54, 55, 72
Тасманит 26
Тафономические классификации местонахождений 118
— термины 10
— фации 124
Тафономический анализ ориктоценоза 138
— тип (термин) 123
— цикл 15
Тафономия, определение 4
— задачи 4
— история 5, 6
Тафоценоз 11, 72
Тафоценозный танатоценоз 10
Тектин 25
Тектонический тип переотложения 71
Типы ориентировки 144, 147
Тип ориктоценозов автохтонный 142
— — аллохтонный 142
— — беспорядочный 143
— — гетеромерный 142
— — гнездовидный 142
— — иммурационный 142
— — конкреционный 144
— — конгломерат 142
— — концентрированный 142

Тип ориктоценозов линзовидный 142, 144
-- пластовый 142, 144
-- полигенный 142
-- полимиктовый 142
-- прижизненный 143
-- пятнистый 142, 143, 144
-- ракушечная мостовая 142, 143, 144
-- рассеянный 142, 144
-- рассредоточенный 142, 143
-- спорадический 142, 143
Тление 82
Транспортировка остатков 44
Турбидный тип переотложения 67

у

Угольные почки 92
Упорядоченная ориентировка остатков 149

ф

Фамилеценоз 14
Фасетки 32
Фасеточные кольца 32
Фацетирование 32, 33
Фибриллярные протеины 24
Фитолеймы 85
Фитоморфозы 92, 100
Фитофоссилии 140
Фораминиферовое число 133
Фораминиферы в кишечнике грунтоедов 40
Фораминиферовый лизоклин 38, 53

Формы органического вещества 22
-- сохранности окаменелостей 140
Фоссилизация остатков 78
Фоссилирующие вещества 94
Фоссилии 140
Фосфорит, фосфоритизация 98
Фотосинтез (реакция) 20

х

Хемофоссилии 140
Химическая деструкция (растворение) 33, 89
Хитин 22

ц

Целлюлоза 21, 84
Ценоз 9
Циркуляционный тип переотложения 71

э

Экологические группировки 168
Эолианиты 61
Эоловый занос 61
Эрозия 117
Эуфоссилии 140
Эффект растворения известковых скелетных остатков 35

я

Ядра (внутренние и наружные) 104, 106, 107, 108
Янтарь 26

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Тафономия и ее место в палеонтологии	4
Определение, предмет и задачи тафономии	4
Развитие тафономических исследований	5
Основные термины тафономического и палеоэкологического содержания. . .	8
Общая схема образования местонахождений	14
Условия и закономерности образования местонахождений	19
Основные факторы захоронения остатков организмов	19
Акумуляция остатков организмов	19
Органическое вещество, его разрушение и накопление	19
Минеральное вещество скелетных образований, его разрушение и накопление в водной среде.	30
Транспортировка остатков организмов	44
Синхронный перенос остатков организмов	45
Асинхронный перенос (переотложение) остатков организмов	62
Захоронение остатков организмов в морских условиях	72
Гидродинамическая обстановка захоронения остатков	73
Характер захоронения остатков организмов в бассейнах на участках с различным гидродинамическим режимом	74
Основные факторы fossilization остатков организмов	78
Разрушение и изменение органического вещества	82
Консервация прижизненного рисунка.	87
Химическое растворение скелетных остатков.	89
Минерализация скелетных образований	90
Замещение первичного органического и минерального вещества.	91
Заполнение осадком первичной полости в остатках организмов, образование отпечатков и ядер	103
Основные факторы разрушения местонахождений в зоне гипергенеза	110
Окисление	112
Растворение.	112
Заполнение пустот	115
Замещение	115
Эрозия и абразия	117
Разработка тафономической классификации местонахождений.	118
Методика тафономических и палеоэкологических исследований.	126
Общие условия проведения полевых тафономических и палеоэкологических наблюдений	126
Таксономический анализ ориктоценоза	130
Определение общего систематического состава.	130
Определение количественных соотношений видов	132
Тафономический анализ ориктоценоза	138
Насыщенность	139
Общий характер сохранности окаменелостей	139

Распределение и положение остатков в породе	142
Изучение ориентировки остатков	144
Определение генезиса остатков организмов в ориктоценозе	161
Палеоэкологический анализ ориктоценоза	167
Экологические группировки	168
Выявление биоценологических группировок	170
Совместная встречаемость видов одного рода	173
Список литературы	176
Предметный указатель	179

2 р. 30 к.

4125

НЕДРА