

12

ПРОФ. Д. В.  
НАЛИВКИН

551.31/35

1423

УЧЕНИЕ  
О ФАЦИЯХ

УСЛОВИЯ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
ОСАДКОВ



МОСКВА  
ЛЕНИНГРАД

НКТИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
1932





3

## ПРЕДИСЛОВИЕ.

Курс «Учение о фациях» был введен в программу Ленинградского Горного Института (сейчас Геолого-Разведочного Института) по инициативе акад. А. А. Борисяка еще в 1922 г. Он был задуман как составная часть цикла исторической геологии, возглавляемого А. А. Борисяком. Чтение курса было поручено автору.

Новизна курса, первого в СССР, значительно затрудняла подбор материала. Аналогичные курсы отсутствовали не только в СССР, но и в Западной Европе. Большую помощь оказала монография Твенхофеля «Treatise on Sedimentation», вышедшая в 1926 г.

В дальнейшей постановке курса «Учение о фациях» наметились его подчинение курсу геологии СССР и целевая установка на изучение условий образования осадков, слагающих необъятные пространства Союза.

Пятилетний план развития промышленности вызвал небывалый, колоссальный рост геолого-разведочных работ. Для многих работников знание условий образования осадочных толщ имеет большое значение. Этот факт является лучшим доказательством практического, промышленного значения курса.

Автор выражает глубокую благодарность акад. А. А. Борисяку, непрерывно оказавшему помощь при создании курса, а также своим слушателям, давшим самостоятельными работами богатый фактический материал.

Автор.

## Г л а з а I. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ.

Понятие фация появилось в геологии около девяноста лет тому назад. В 1838 г. швейцарский геолог Грессли писал: «Я пришел к заключению, что каждое отложение в пределах своего горизонтального распространения обнаруживает довольно определенные изменения; эти изменения представляют постоянные особенности как в своем петрографическом составе, так и в палеонтологических признаках комплекса их ископаемых, причем эти изменения подчинены особым и постоянным законам». Грессли для этих изменений и предложил название фация отложений.

Таким образом мы видим, что основной причиной появления понятия фация был тот факт, что отложения однотипного же возраста, образующиеся в различных точках земной поверхности, резко различны.

Но главное развитие учение о фациях получило сравнительно недавно, благодаря все большему и большему внедрению в геологические исследования палеогеографического метода.

Учение о фациях является естественным введением в палеогеографию — науку, имеющую своей целью восстановить распределение морей и суши, воссоздать ландшафт и весь облик земной поверхности, какой она имела в минувшие геологические эпохи.

### ЗНАЧЕНИЕ КУРСА.

Учение о фациях в значительной своей части является учением об условиях образования осадков. С осадками — осадочными отложениями — связано бесконечное количество нередко крупнейших месторождений нерудных и рудных полезных ископаемых. Достаточно назвать каменные угли Кузбасса и Донбасса, бакинскую и грозненскую нефть, соликамские калийные соли, керченские и липецкие железные руды, медистые песчаники Урала и Казахстана, тихвинские бокситы, чтобы стало ясно колоссальное экономическое значение месторождений, связанных с осадочными толщами. Знание условий образования этих осадочных толщ — это знание условий образования месторождений.

Условия образования месторождений служат базой, фундаментом, на котором должно строиться все изучение данного месторождения и в частности его разведка. Знание особенностей того бассейна, в котором образовывалось данное месторождение, нередко определяет границы месторождения, определяет мощность и тип самого ископаемого, т. е. дает основной материал не только для геологических, но и для разведочных работ.

Каждый разведчик, ведущий разведку осадочного месторождения, должен знать условия его образования, должен знать те фации, с которыми оно связано, должен уметь в них разбираться. Иначе он будет ремесленником, по указаниям, чисто механически ведущим работы.

Не менее велико значение учения о фациях и для геолога. Оно отмечено Грессли девяносто лет тому назад и отмечается во всех крупнейших геологических работах. Основной задачей геолога является установление стратиграфического разреза, установление последовательности отложения осадков, а для этого прежде всего нужно знать условия их образования, знать учение о фациях. Еще большее значение учение о фациях имеет для решения другого не менее важного вопроса, а именно вопроса о распространении и границах данного отложения.

Большое значение учение о фациях имеет и для палеонтолога. Характер осадка, условия его образования — это причина, обуславливающая распределение животного и растительного мира. От условий образования осадка зависит, какие животные и растения в нем находятся. Изучение фаций позволяет восстановить физико-географические условия прошлого, а эти условия служат главнейшим фактором в распределении, а нередко в появлении и образовании тех или других форм органического мира.

И, обратно, особенности строения вымерших животных и растений позволяют нам судить об условиях образования тех осадков, в которых они погребены.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ «ФАЦИЯ».

Современная фация — это часть земной поверхности, на всем своем протяжении обладающая одинаковыми физико-географическими условиями и одинаковой фауной и флорой.

Ископаемая фация — это пласт или свита пластов, на всем своем протяжении обладающая одинаковым литологическим составом и заключающая в себе одинаковую фауну и флору.

Фация — это единица ландшафта. На фации подразделяются все ландшафты, вся земная поверхность. В палеогеографии фация является такой же основной систематической единицей, какой в зоологии является вид. Точно так же как весь органический

мир, все животные и растения делятся на виды, вся земная поверхность, все моря и континенты делятся на фации.

Совокупность животных и растений, связанных с данной фацией, называется биоценозом.

Как пример возьмем Черное море. Его дно состоит из следующих фаций. У берега располагаются фация скал, фация песка и фация галечника-конгломерата. Дальше от берега встречаются только фация песка и фация ила, и наконец на глубинах выше 200 м развита одна фация ила. Эти фации в свою очередь подразделяются на более дробные фации, напр. фация ила на глубинах от 60 до 200 м подразделяется на фации фазеолинового ила, мидиевого ила и теребеллидного ила. Эти фации получили название от тех животных, которые в них преобладают.

Другим примером возьмем Кавказский хребет. На его вершинах развиты фация ледниковых отложений, фация элювия, фация озерных отложений. Ниже по склону преобладают фации речных отложений, фации осипей, фации оплывин и обвалов. Наконец у подножия преобладают фации конусов выноса, фации речных долин, фации наземных песков и суглинков, фация лесса.

### РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ГРАНИЦЫ ФАЦИЙ.

Площадь распространения фаций резко различна; иногда она достигает громадных размеров, напр. красная глубоководная глина в Тихом океане занимает площадь значительно большую, чем вся Северная Америка. С другой стороны, некоторые устричные банки, представляющие особую фацию с своеобразным биоценозом, занимают площадь в несколько десятков квадратных метров.

Установить какую-нибудь закономерность в размере площадей отдельных фаций невозможно. Можно отметить только, что в прибрежной области моря до глубин 40 — 60 м фации наиболее разнообразны и занимают сравнительно небольшую площадь. На глубинах от 60 до 400 м фации значительно более однообразны и больших размеров. Наконец на глубинах выше 2 000 — 3 000 м число их измеряется единицами, но по площади они колоссальны.

Также изменчивы площади распространения наземных и лагунных фаций. Но они никогда не достигают таких размеров, каких достигают фации глубоководных морских отложений.

Мощность фаций также крайне изменчива. У некоторых фаций она измеряется сотнями метров, иногда километрами, как напр.: неогеновые наземные конгломераты Средней Азии, верхнеюрские рифовые известняки Кавказа или триасовые доломиты Тироля. Зато у других фаций мощность измеряется несколькими сантиметрами, напр. у прослоев кремнистых сланцев, у глауконито-фосфоритовых фаций и т. п.

Различен и характер перехода одной фации в другую, т.е. их границы. Одни фации постепенно переходят в другие, напр. морские пески постепенно и нередко медленно переходят в илы. Иногда же наоборот граница между фациями резка и внезапна, как напр. граница между строматопоровым или мшанковым рифом и в притык примыкающими к нему глинами и песками.

### ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ФАЦИЙ.

Все фации подразделяются на три большие группы:

1. Морские фации.
2. Лагунные фации.
3. Континентальные фации.

Наибольшим распространением пользуются морские фации. На втором месте стоят континентальные фации: наземные и пресноводные. Последнее место занимают лагунные фации, имеющие однако чрезвычайно большое промышленное значение.

### Сравнение основных типов фаций.

Признаки	Морские фации	Лагунные фации	Континентальные фации
1. Fauna	Морская	Морская солоноватоводная, пресноводная, наземная	Пресноводная, наземная
2. Отложения	Характерны мощные известняки. Широко развиты пески	Известняки небольшой мощности. Преобладают глины и пески. Обычны гипс, соль и угли	Известняки очень редки. Преобладают пески и глины. Много галечников. Уголь и соли не редки
3. Мощность	Значительная, обычно измеряемая десятками и сотнями метров	Наибольшая, измеряемая сотнями метров, нередко километрами	Обычно небольшая, до немногих сотен метров; реже более значительная
4. Слоистость	Наиболее правильная	Смешанная, то правильная, то неправильная	Чаще неправильная и неясная, реже правильная
5. Площадь распространения	Весьма большая	Сравнительно небольшая	Значительная

## Глава II.

### МОРСКИЕ ФАЦИИ.

Материал по морским фациям разделен на две части. В первой части излагаются условия образования осадков и формы их накопления, в связи с чем здесь рассматриваются: 1) морское дно, его рельеф и зоны; 2) влияние движений воды на образование осадков; 3) форма их накоплений; 4) области накопления осадков; 5) скорость накопления и мощность осадков, и наконец 6) внешние признаки осадков.

Во второй части описываются основные типы осадков.

#### МОРСКОЕ ДНО.

##### Рельеф морского дна. Подразделение на зоны.

Морское дно делится на три зоны:

- a) шельф с глубинами от 0 до 200 — 400 м;
- b) континентальный склон — от 200 до 2 000 — 3 000 м;
- c) ложе мирового океана — от 2 000 до 10 000 м.

Эти зоны Ог (3)<sup>1</sup> называет соответственно литторальной, батиальной и абиссальной.

О площади распространения различных глубин дает представление следующая таблица:<sup>2</sup>

Глубины в м	Площадь распро- странения данной глубины в млн. кв. км	То же в процентах ко всей площа- ди морского дна
от 0 до 200	30,6	8,4
> 200 > 2 000	34,45	9,3
> 2 000 > 3 000	36,45	9,9
> 3 000 > 4 000	79,01	21,7
> 4 000 > 5 000	112,72	30,8
> 5 000 > 10 000	72,26	19,9

Мы видим, что площадь шельфа — литторальной зоны всего 8,4% всей площади морского дна. Площадь континентального склона — батиальной зоны немного более — 19,2%. Площадь ложа мирового океана — абиссальной зоны — 72,4%.

Казалось естественно было бы ожидать подобного соотношения и в бассейнах прошлого. Но, что весьма интересно, в них мы на-

<sup>1</sup> См. библиографию в конце книги.

<sup>2</sup> Таблица составлена по курсу океанографии Крюмеля (9), дающему весьма много фактического материала.

блудаем как раз обратную картину. Осадки абиссальной зоны, вместо того чтобы резко преобладать, почти совершенно отсутствуют. Осадки батиальной зоны распространены мало. Осадки же шельфа пользуются подавляющим распространением.

Это обратное соотношение обычно объясняют теорией перманентности (постоянства) материков и океанических впадин. Эта теория считает, что в течение всей истории земли континенты оставались континентами, а океанические впадины — ложем мирового океана.

### Шельф.

Для наименования этой зоны было предложено несколько названий. Крюммель предложил название континентальный шельф, Шокальский — континентальная отмель, Берг — «мелководье», предлагалось также название «континентальная ступень». Последнее название является наиболее точным переводом, так как буквальный перевод слова «Shelf» значит — полка, ступень. В дальнейшем мы будем употреблять термин шельф без всяких дополнений.

**Распространение шельфа.** Шельф окаймляет материки и архипелаги островов в виде узкой полосы, то расширяющейся, то почти исчезающей.

Обычная ширина шельфа 60 — 70 км. Наибольших размеров она достигает у северных берегов Сибири, доходя до 600 км. Весьма значительных размеров шельф достигает у северного и восточного побережья Северной Америки, вдоль восточного берега Южной Америки, у западного побережья Европы, вдоль западного берега Африки.

Наименьшие размеры шельфа имеет у берегов, сложенных третичными складчатыми горными цепями. Иногда он совершенно отсутствует, и сразу от берега начинается континентальный склон. Такую картину мы наблюдаем вдоль западного побережья Северной и Южной Америки, у восточного берега Японии и Марианских островов, вдоль западного берега Австралии, у южного берега Аравии, по северному берегу Бискайского залива и т. д. Профили морского дна в областях этого типа приведены на рис. 1.

**Рельеф.** Как общее правило морское дно никогда не бывает горизонтально. В зоне шельфа в большинстве случаев углы падения измеряются несколькими десятками минут, редко встречаются углы падения в несколько градусов и в исключительных случаях достигают нескольких десятков градусов.

Обычно поверхность шельфа обладает однообразным падением от континента с углами в несколько десятков минут.

Более значительные углы наблюдаются в зоне штранда (прибоя), на склонах подводных возвышенностей, так называемых

Алжир

отложное подножье средиземного моря

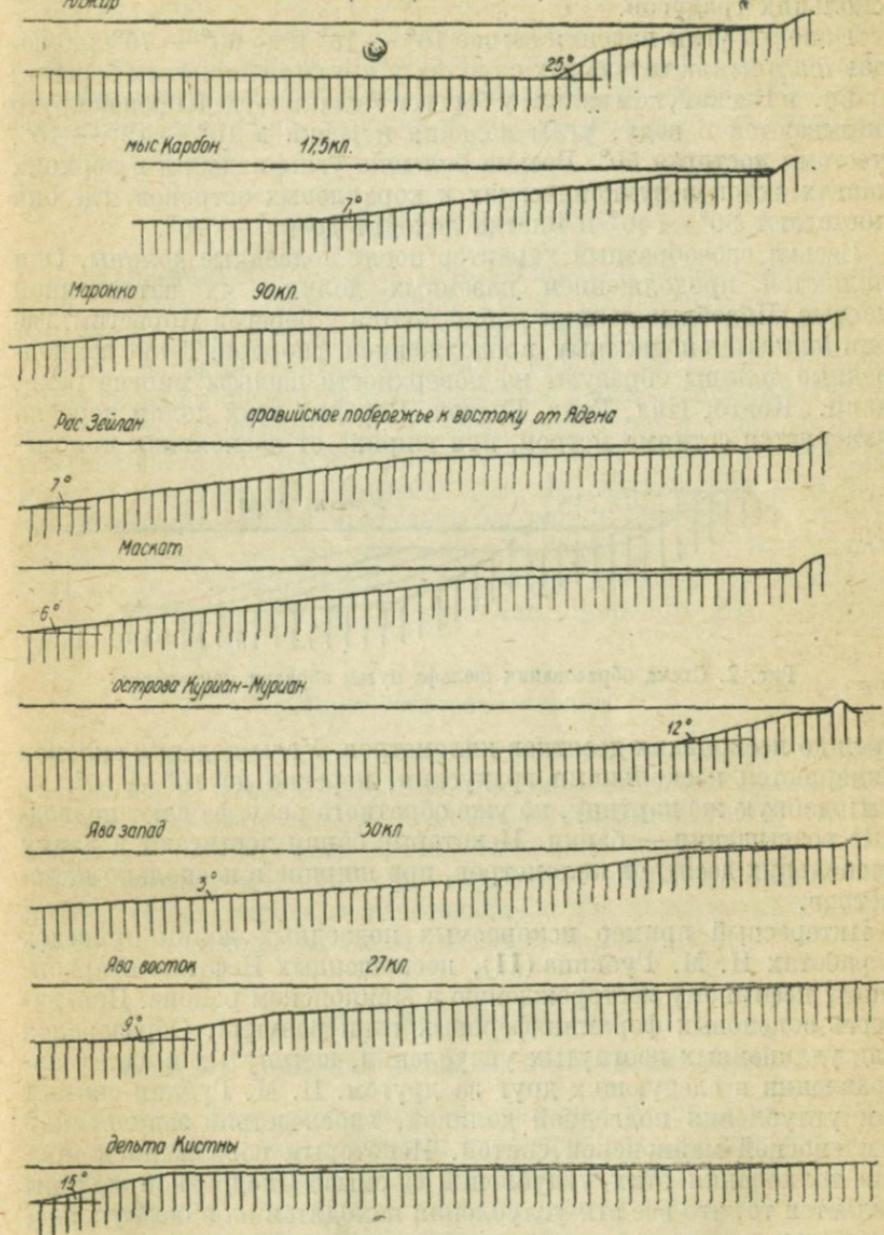


Рис. 1. Профили морского дна в областях шельфа и континентального склона.

банок, и на склонах подводных долин. Здесь углы достигают нескольких градусов.

Наконец углы падения свыше  $10^{\circ}$  —  $15^{\circ}$  и до  $60^{\circ}$  —  $70^{\circ}$  наблюдаются в исключительных случаях у крутых скалистых берегов; напр. в Бискайском заливе у берегов Испании, где Пиренеи круто обрываются в воду, углы падения нередки в  $10^{\circ}$  —  $12^{\circ}$  —  $15^{\circ}$ , местами достигая  $50^{\circ}$ . Весьма большие углы падения в верхних частях склонов вулканических и коралловых островов, где они достигают  $30^{\circ}$  —  $40^{\circ}$  и иногда доходят до  $60^{\circ}$  —  $70^{\circ}$ .

Весьма своеобразный характер носят подводные долины. Они являются продолжением наземных долин — их затопленной частью. Подобные долины наблюдаются у берегов Норвегии, где они являются подводным продолжением фьордов. Такие же подводные долины образуют на поверхности шельфа многие реки, напр. Конго, Инд, Ганг, Гудзон. Глубина этих долин нередко измеряется сотнями метров, при ширине от нескольких километров до нескольких десятков километров. Углы падения склонов измеряются несколькими градусами, нередко до  $10^{\circ}$  —  $12^{\circ}$ .

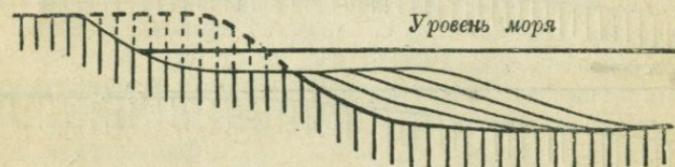


Рис. 2. Схема образования шельфа путем абразии континента.

Подобную же картину, но уже обратного рельефа дают подводные возвышения — банки. Некоторые банки достигают в длину нескольких десятков километров, при ширине в несколько километров.

Интересный пример ископаемых подводных долин приведен в работах И. М. Губкина (11), посвященных Нефтяно-Ширванскому нефтяному месторождению в Майкопском районе. Поверхность эоценовых фораминиферовых глин размыта. Образовался ряд удлиненных изогнутых углублений, вытянутых в одном направлении и следующих друг за другом. И. М. Губкин считает эти углубления подводной долиной, впоследствии заполненной нефтеносной майкопской свитой. Некоторым возражением против толкования этих углублений в смысле подводной долины является то, что все эти углубления находятся на одном уровне, тогда как у долины уровень все время понижается.

**Образование шельфа.** Шельф образуется главным образом за счет двух факторов: размывания континента и отложения вдоль его края продуктов размывания. Эти два фактора действуют

совместно и одновременно. Схема образования шельфа по Нансену (12) дана на рис. 2. Иногда шельф образуется благодаря опусканию плененезированного континента. В этом случае достаточно небольшого опускания континента, чтобы море захватило громадные площади. Вероятно подобным образом образовался чрезвычайно широкий и мелкий шельф вдоль северных берегов Сибири.

### Континентальный склон.

Континентальный склон в виде неширокой полосы окаймляет шельф, достигая обычно ширины в несколько десятков, реже сотен километров и уходя на глубину 2 000 — 3 000 м.

Углы падения континентального склона несколько больше углов падения шельфа и ложа мирового океана, но и они обычно измеряются десятками минут. Однако нередки случаи, когда в верхней части континентального склона углы падения достигают нескольких градусов. Профили наиболее крутых участков континентального склона приведены на рис. 1. Интересно, что они развиты вдоль молодых третичных складчатых гор. Это указывает на то, что складкообразовательные процессы захватывают не только сушу, но и прибрежную часть морского дна до глубин 2 000 — 3 000 м.

### Ложе мирового океана.

Рельеф ложа мирового океана наиболее приближается к горизонтальному. Обычно углы падения измеряются секундами, реже достигая десятков минут. В исключительных случаях они достигают  $1^{\circ}$  —  $2^{\circ}$  на склонах океанических пучин.

Однообразие морского дна нарушают только вулканические и коралловые острова, возвышающиеся над морским дном в виде гигантских пиков и массивов высотой от 5 до 9 км.

## НАКОПЛЕНИЕ ОСАДКОВ.

### Влияние движений воды на образование осадков.

Основным фактором, обусловливающим распределение осадков на морском дне, является движение воды. Движение воды разрушает континенты, давая материал для осадков. Движение воды переносит эти осадки, распределяя их вдоль морского берега, в зависимости от величины зерна.

Там, где движения воды наиболее сильны, отлагаются галечники; там, где они ослабевают, отлагаются пески, и наконец там, где они отсутствуют или почти отсутствуют, отлагаются глины.

Нансен (12) дает следующую таблицу:

Соотношение величины зерна осадков и скорости движения воды.

Скорость в м/сек.	Величина зерна осадка
0,0029	Переносятся мельчайшие частицы глобигерин
0,029	Переносятся большие обломки глобигерин
0,077	Размываются глина и ил
0,150	Переносятся очень тонкий песок
0,305	Перекатывается мелкий галечник
0,610	Передвигается галька величиной в боб
1,247	Передвигается галька в большой орех

Движения морской воды можно разбить на следующие типы:

1. Волны — прибой.
2. Прилив и отлив.
3. Течения.

Основным важнейшим типом движений воды являются волны. Наибольшей силы они достигают в зоне прибоя, всесильно обуславливая распределение и величину зерна осадка. Но большие волны действуют не только в зоне прибоя. Во время сильных бурь песок выбрасывается волнами на палубу судов с глубины до 50 м; есть указания на то, что волны сказываются на морском дне на глубинах до 100 м. Деятельность волн вызывает обычное, нормальное распределение осадков: у берега отлагается галечник или песок, дальше идет песок и еще дальше и глубже, куда уже волны не проникают, отлагается ил.

Приливы и отливы редко достигают значительной скорости и влияют на распределение осадков. Но в ряде случаев они достигают значительной силы и скорости. Так напр. в заливе Фунди у восточных берегов Северной Америки дно начисто вымыто приливными волнами и представляет голый камень. Здесь не только не отлагается никаких осадков, но и то, что было, интенсивно размывается.

Морские течения нередко являются очень существенным фактором в распределении осадков. Наибольшее значение имеют береговые течения, проявляющиеся на небольших глубинах и идущие вдоль берега. Не менее важны течения, образующиеся в проливах, нередко достигающие большой скорости и проявляющиеся на больших глубинах. Нередки случаи, когда большие океанические течения подходят близко к берегу. Тогда и они оказывают большое влияние на осадки. Примером может служить Гольфстром у берегов Флориды, где до глубины в 200 м все дно

начисто вымыто и вычищено струями течения. Своебразной группой течений являются сравнительно глубоководные течения, образующиеся у подводных барьеров и гребней и вдоль перегиба шельфа в континентальный склон. Эти течения на больших глубинах в 400 — 600 м обладают такой скоростью, что уносят весь ил, образуя чистый песок. Напр. на гребне Томсона, соединяющем Исландию с Фарерскими островами и Шотландией, течения настолько сильны, что на глубине в 600 — 700 м отлагается грубо зернистый песок. Вдоль берегов Норвегии у перегиба шельфа в континентальный склон, на глубинах от 200 до 600 м, развиты настолько сильные течения, что весь ил, а иногда и песок уносятся, и остаются только грубозернистый песок и галечник.

Течения в проливах нередко оказывают такое же действие. По данным Нансена в Скагерраке и Каттегате течение местами на глубине 165 м достигает скорости в 0,5 м/сек, т. е. уносит все кроме грубозернистого песка и гальки. Даже на глубине в 450 м скорость еще достигает 0,18 м/сек, так что и здесь еще уносится весь ил и отлагается чистый песок. В Ламанше на глубине 20 — 30 м течения настолько сильны, что уносятся весь ил и даже песок, и дно покрыто крупной галькой. По некоторым данным еще большей силы течения достигают в Индо Малайском и других архипелагах. Таких случаев много, и все они указывают, что течения проливов являются могучим фактором в распределении осадков в целом ряде районов.

Для более полной характеристики течений в Каттегате и Скагерраке приведем измерения Петерсона, данные в монографии Нансена (12).

Станция	Положение	Глубина моря в м	Глубина точки наблюдения в м	Скорость тече- ния в м/сек.
I	57°47' 11°25'	70	60	0,165
		80	60	0,16
		90	80	0,36
		88,5	80	0,35
II	57°55' 10°37'	140	60	0,32
		137	130	0,18
		133	120	0,17
III	58°12' 10°29'	298	280	0,17
		252	240	0,18
		142	135	0,20

Станция	Положение	Глубина моря в м	Глубина точки наблюдения в м	Скорость течения в м/сек.
IV	58°13' 11°1'	110	100	0,32
VI	—	120	110	0,06
VII	58°45' 9°50'	516	450	0,18
X	58°36' 10°34'	175	165	0,50
—	—	40	35	0,37
—	—	75	70	0,45

### Типы распределения осадков в зависимости от прибоя и течений.

В зависимости от силы прибоя и течений распределение осадков в зонах шельфа и континентального склона резко различно. Можно наметить три типа распределения осадков в следующих трех типах бассейнов.

I. Бассейны с слабым прибоем и без течений.

II. Бассейны с сильным прибоем и слабыми течениями.

III. Бассейны с сильным прибоем и сильными донными течениями.

Характеристику этих бассейнов берем из заметки автора «Пески и течения» (Вестн. геол. ком., 1927 г., № 7).

*I. Бассейны с слабым прибоем и без течений:* обособленные заливы, замкнутые бухты, лиманы, эстуарии. Галечники отсутствуют. Зона песка, если и имеется, то крайне узкая, у самого берега. Все дно покрыто черным, вязким, сильно вонючим илом, нередко с большим содержанием  $H_2S$  и серного колчедана. Ил нередко покрывает все дно бассейна вплоть до береговой линии, и тогда отсутствует даже зона песка. Нередко в массе ила встречаются отдельные большие песчинки и обломки, чаще всего заносимые сильными ветрами. Фауна состоит из немногих гастропод и пелепипод, питающихся водорослями и гниющими органи-

ческими остатками. Эти формы отличаются от форм, живущих на глубоководном илу, толстой раковиной. Когда сод ржание сероводорода значительно, то пустые раковины постепенно и сравнительно быстро растворяются. Нередко все следы фауны исчезают, и образуется совершенно немая синеватая, сероватая или черная глина со стяжениями серного колчедана.

Примером подобных бассейнов могут служить: область так называемых «Watten» по восточному берегу Немецкого моря; восточные берега Дании, где среди многочисленных песчаных островов отлагается один ил; Азовское море, где зона песка очень узка и все дно покрыто илом; Финский залив, Ботнический залив и мн. др. В тропиках такие области также не редки. Наиболее известны мангровые заросли, в которых и берега илистые, и все дно моря сплошь покрыто вязким вонючим илом. Для мангрового ила очень характерно большое количество растительных остатков, иногда в пониженных частях дна, во впадинах, скапляющихся в огромных массах. Другой интересной особенностью мангровых лесов является развитие скоплений устриц, которые здесь живут не на дне моря, а прирастают к корням и стволам деревьев. После смерти животного раковина падает на дно, и толстостенные устрицы попадают в ил, с которым при жизни они совершенно не связаны.

Береговые илы постепенно переходят в глубоководные, и граница между ними незаметна. Площадь, занятая береговыми илами, нередко бывает весьма значительна, и они тянутся вдоль берега на десятки и сотни километров.

*II. Бассейны с сильным прибоем и слабыми течениями:* большие, открытые заливы; невысокие берега открытого моря с хорошо развитым щельфом; обширные, замкнутые бассейны. Это области нормального распределения осадков. В зоне прибоя образуется галечник или грубозернистый песок; дальше идет зона песка, сменяющаяся зоной песчаного ила и затем зоной чистого ила. Здесь мы встречаем правильную зависимость между глубиной и величиной зерна осадков. Столь распространенное мнение, что чем грубее осадок, тем меньше глубина для этих бассейнов, является вполне справедливым. Но чрезвычайно важно другое обстоятельство, а именно: что подобная зависимость обязательна только для этого типа бассейнов и что у всех других типов она отсутствует. К сожалению это обстоятельство нередко забывают.

Остановимся на характеристике зон того или другого типа осадков. Конгломераты всегда тянутся узкой полосой вдоль берега. Ширина их достигает нескольких десятков метров. Фауна в них отсутствует благодаря перетиранию непрерывно движущимися гальками. Пески начинаются или прямо от уровня моря, или на некотором расстоянии от него. Первый случай мы имеем на

песчаном штранде (пляже); второй — на галечном. Ширина зоны песков также невелика; невелика и глубина их распространения. По берегам Лионского залива, описанным в классической монографии Thoulet (60), граница песков совпадает с глубиной 10 — 15 м, реже 20 м. За зоной песка идут зоны песчанистого ила и глинистого песка, и дальше область чистого ила. Зоны илистого песка и песчаного ила также тянутся вдоль берега в виде полос, несколько шире полосы песка. Чистый ил занимает главную часть дна Лионского залива, на континентальном склоне незаметно переходя в глубоководный синий ил.

В бассейнах рассматриваемого типа обычно береговые течения слабы и не влияют на распределение осадков. Но иногда течения достигают значительной скорости, и тогда последовательность зон песка, песчанистого ила и чистого ила нарушается. Среди площадей, занятых чистым илом, вдруг появляются участки неправильных, округленных и вытянутых очертаний, занятые песчаным илом и даже песком. При следовании от берега получается следующая последовательность: галечник, песок, песчаний ил, чистый ил, песчаный ил, песок, песчаный ил, чистый ил. В этих случаях зависимость между глубиной и величиной зерна осадка нарушается, и при увеличении глубины величина зерна осадков не уменьшается, а, наоборот, увеличивается. Такие области являются переходом к бассейнам следующего типа.

В постоянно движущихся галечниках пояса прибоя органические остатки отсутствуют. Даже мертвая ракушка и та перетирается между гальками. Редка ракушка и в зоне песка, состоящим образом из зарывающихся пелепипод, гастропод и плоских ежей — *Scutella*, *Clypeaster*. Интересны скопления ракушки в береговых валах, на песчаных пляжах, выше уровня моря. Эти скопления в ископаемом состоянии будут иметь вид типичных известняков-ракушняков и как таковые будут рассматриваться как мелководные отложения. На самом же деле такие ракушняки являются столь же важным и бесспорным доказательством присутствия береговой линии, как конгломераты. Их главные отличия: окатанная, битая ракушка; присутствие в цементе грубозернистого песка; нередкие известковые или железистые корки на раковинах.

В зонах песчаного и чистого илов ракушка встречается спорадически, иногда совершенно отсутствуя, иногда встречааясь довольно часто на более или менее значительных площадях. При этом мертвая ракушка находится вместе с живой. В областях с сильными донными течениями нередко образуются скопления мертвой ракушки — будущие известняки-ракушняки.

*III. Бассейны с сильными донными течениями.* В зависимости от быстроты течений и связи их с образующимися осадками

можно выделить три области: а) области, в которых отлагаются только грубозернистые осадки; б) области, в которых никаких осадков не отлагается; и в) области, в которых морское дно размывается.

К областям первого типа относятся шельф и континентальный склон Норвегии, Каттегат и Скагеррак, подробно описанные выше. Вероятно подобная картина наблюдается и у берегов других континентов, обладающих узким шельфом, омыаемым сильными течениями. Примером могут служить западные берега Южной Америки. Весьма сильные течения развиты в Индо-Малайском архипелаге, Северо-Американском полярном архипелаге, в ряде проливов и т. п. Во всех этих областях грубозернистые осадки — пески и даже галечники — встречаются на больших глубинах до 600 — 800 м. Затем аналогичное явление наблюдается у крутых, обрывистых берегов. Очень хороший пример приведен в монографии Thoulet (60). Вдоль всего низменного берега Лионского залива песок и галечник не встречаются глубже 20 м; там же, где берег режет Пиренеи, общий уклон морского дна становится более кротким, течения усиливаются, и песок с галькой встречается до глубины 30, затем 50 и наконец у мыса Среус до глубины свыше 230 м.

Весьма интересные данные о распространении зеленого, глауконитового песка с фосфоритовыми конкрециями приведены у Walther'a (1). Величина зерен глауконитового песка около 0,2 мм, иногда достигая 1 мм и больше. У берегов Калифорнии на глубинах от 180 до 550 м был найден темнозеленый и черный глауконитовый песок с зернами почти исключительно около 1 мм величиной. На Игольной банке у юго-восточной оконечности Африки на глубине 180 — 270 м зерна не только больше 1 мм, но иногда сливаются в стяжения в несколько сантиметров величиной. В Торресовом проливе на глубине 280 м глауконитовый песок отличается светлым и бурым цветом. По окраине Гольфштрома на восточном берегу Северной Америки зона глауконитового песка лежит на глубине 60 — 100 м. Все эти многочисленные указания с полной несомненностью устанавливают большое распространение областей, в которых на сравнительно больших глубинах во много десятков и даже сотен метров встречаются грубозернистые пески и даже галечники.

Области второго типа, в которых никакие осадки не отлагаются, известны мало вследствие трудности их установления. Можно привести примеры Ламанша, в котором на глубине нескольких десятков метров дно покрыто крупными валунами. Эти валуны вероятно образовались еще в четвертичный период в зоне прибоя или в речной долине. При опускании континента они оказались на значительной глубине и должны были покрыться песком и

йлом. Отсутствие этого песка и ила объясняется тем, что очень сильное донное течение уносит все осадки кроме крупных галек. Второй пример — это плато Пурталеса, образующее подводный уступ вдоль восточного берега Флориды на довольно значительной глубине. Это плато сложено известняками. Его поверхность омывается Гольфстромом, уносящим все осадки и продукты разрушения. Поверхность плато представляет голую известняковую плиту, шириной в несколько километров и длиной во много десятков километров. На ней нет ничего кроме прирастающих и присасывающихся форм.

Области третьего типа, в которых течения настолько сильны, что размывают морское дно, известны еще меньше опять-таки вследствие трудности изучения. Детальные измерения, произведшиеся вдоль берегов, позволили составить точные профили рельефа морского дна. Сравнение этих профилей за несколько десятков лет установило факт интенсивного размывания морского дна на глубине в несколько десятков метров. На небольших глубинах подводная абразия производится волнами, а на больших уже главную роль играют течения.

### Типы разрезов в зависимости от деятельности течений.

Влияние течений на характер разрезов представляет большое значение для палеогеографических построений и в особенности для определения глубины бассейна.

1. Течения отсутствуют. Представим себе какой-нибудь участок моря, напр. неширокий пролив с глубинами 20—60 м. Течения в этом проливе отсутствовали. В эпоху *A* отлагались глины, в эпоху *B* тоже глины и наконец в эпоху *C* тоже глины. Мощность каждого пласта приблизительно одинакова. Схему разреза см. фиг. 1 рис. 3.

2. Течения слабые. В том же проливе, на той же глубине в продолжение эпохи *B* развиваются слабые течения; в эпохи *A* и *C* они отсутствуют. Тогда разрез принимает вид, изображенный на фиг. 2 рис. 3. В эпоху *A* отлагаются глины той же мощности. В эпоху *B* благодаря деятельности течения часть илистых частиц уносится, глина становится песчаной и мощность ее уменьшается, как это видно на рисунке. В эпоху *C* течения исчезают, и снова отлагается глина прежней мощности.

3. Течения сильные. В том же проливе, на той же глубине, в эпоху *B* развиваются сильные течения. В эпоху *A* они отсутствуют, в эпоху *C* — слабые. Тогда разрез принимает вид, изображенный на фиг. 3, рис. 3. В эпоху *A* отлагаются глины той же мощности, что и на предыдущих схемах. В эпоху *B* сильные течения уносят все илистые частицы, и отлагается только песок, еще меньшей мощно-

сти, чем глинистый песок на фиг. 2, рис. 3. В эпоху *C* благодаря слабым течениям отлагается песчанистая глина меньшей мощности.

4. Течения очень сильные. На той же глубине в эпоху *B* развиваются очень сильные течения, уносящие даже мелкозернистый и среднезернистый песок. Остается на месте только грубозернистый песок и мелкая галька. В эпохи *A* и *C* условия

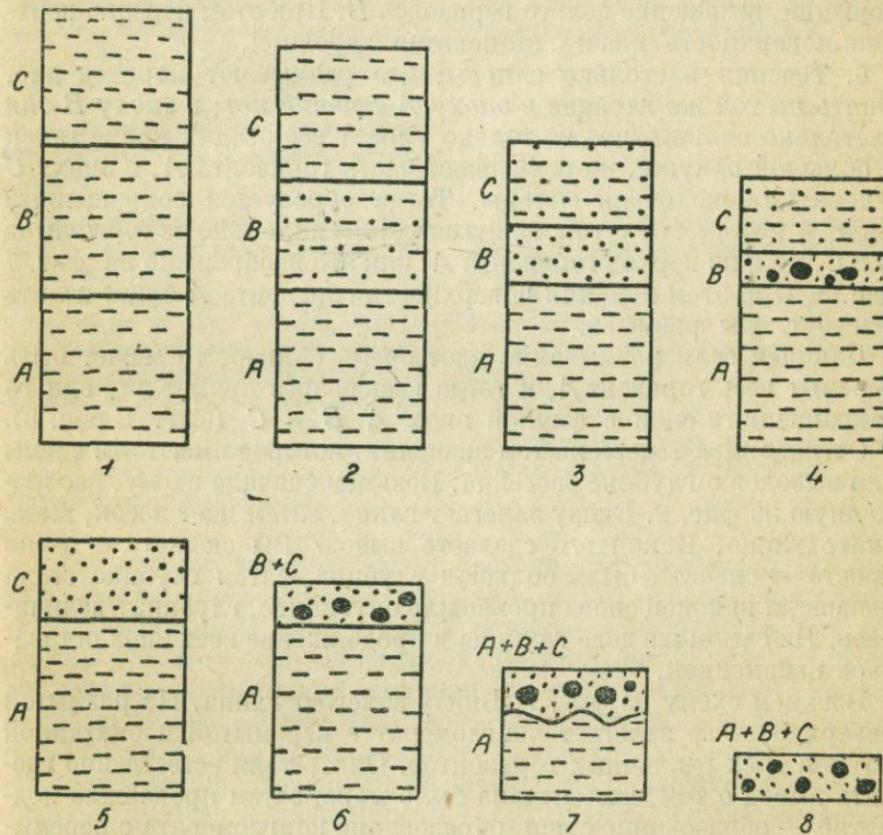


Рис. 3. Типы разрезов в зависимости от деятельности течений.

остаются те же, как на схеме 3. Тогда разрез примет вид, изображенный на фиг. 4 рис. 3.

Слой *B* значительно сокращается в мощности и приобретает своеобразный литологический состав. Подобные слои называются сокращенными. В их составе нередко большую роль играют глауконитовый песок и фосфоритовая галька.

В тех случаях, когда очень сильные течения проявляются в течение нескольких эпох, сокращенный слой образуется в течение этих эпох. Тогда в нем мы встречаем раковины руководящих форм нескольких эпох в совместном нахождении. Подобный

случай изображен на фиг. 5 рис. 3, когда очень сильные течения проявлялись и в эпоху *B*, и в эпоху *C*.

5. Течения настолько сильны, что уносят все осадки. На той же глубине в эпоху *A* течений нет, в эпоху *B* течения уносят все осадки, и в эпоху *C* уносят весь ил. Тогда схема принимает вид, изображенный на фиг. 6 рис. 3. Получается перерыв в отложении, выпадение целого горизонта *B*. При этом нередко верхняя поверхность пласта становится неровной.

6. Течения настолько сильны, что размывают морское дно. Опять на той же глубине в эпоху *A* течений нет; в эпоху *B* они настолько сильны, что не только уносят все осадки кроме галек и большой ракушки, но размывают часть горизонта *A*; в эпоху *C* течения также очень сильны. Тогда образуется сокращенный слой, в котором будут находиться формы не только из горизонтов *B* и *C*, но и из верхов горизонта *A*, как это изображено на фиг. 7 рис. 3. При этом верхняя поверхность горизонта *A* будет носить ясные следы размыва.

Наконец если размывание идет очень сильно, то может быть перемыт весь горизонт *A*, и тогда весь разрез примет вид одного сокращенного слоя с фауной эпох *A*, *B* и *C* (фиг. 8 рис. 3).

Остановимся теперь на том значении, которое имеют эти схемы для выводов о глубице бассейна. Возьмем сначала схему, изображенную на фиг. 2. Внизу залегает глина, затем идет песок, выше опять глина. Какой вы сделаете вывод? Вы скажете — очень просто — сначала была большая глубина, затем глубина стала меньше, и наконец снова произошло опускание, глубина увеличилась. На самом же деле глубина в продолжение всех эпох оставалась неизменной.

Возьмем схему на фиг. 7. Внизу залегает глина. На размытой поверхности ее залегает конгломерат с перемытой и окатанной фауной трех различных горизонтов. Опять-таки естественно сделать вывод о том, что сначала было море, затем произошло поднятие — образование суши, образование конгломерата с перемытой смешанной ракушкой. На самом же деле и в этом случае глубина бассейна оставалась без изменения.

Приведу несколько конкретных примеров из моей заметки «Песок и течения».

Начнем с верхней части разреза подмосковной юры и ее объяснения таким выдающимся знатоком фациальных условий, как А. Д. Архангельский.<sup>1</sup> Ниже мы даем сопоставление разреза<sup>2</sup> и истолкований его.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Архангельский, А. Д. Обзор геологического строения Европейской России. Т. II. Средняя Россия. Петроград. 1922.

<sup>2</sup> Там же. Стр. 237 — 239.

<sup>3</sup> Там же. Стр. 286.

Начало нижне-волжского века ознаменовалось перерывом в отложении осадков, причем при последовавшей трансгрессии верхне-кимериджские слои были перемыты до основания.

Смена зоны *P. Panderi* зоной *V. virgatus* также сопровождалась, по-видимому колебанием равновесия водных масс, так как в глауконитовом песке, которым начинается зона *V. virgatus*, вместе с фосфоритами, носящими характер конкреций, встречаются и обломки фосфоритовых желваков, что указывает на размывание подстилающего слоя.

Смена фосфоритоносных песков глинами и последних снова песками, которая наблюдается в зоне *V. virgatus* и зоне *Rh. oxuoptycha*, свидетельствует о том, что при отложении этих осадков берег первоначально находился в сравнительной близости от Москвы, и море было мелководным; за этим последовало расширение площади бассейна и его углубление, а в конце рассматриваемого века бассейн вновь сократился и обмелел.

На основании литологических особенностей разреза А. Д. Архангельский устанавливает отступание моря, образование суши, трансгрессию моря, вторую трансгрессию («колебание равновесия водных масс»), обмеление моря, углубление его и новое обмеление. Все это происходит в одну короткую эпоху волжского яруса. Если мы прибавим еще трансгрессию на границе юры и мела, то получим в одну волжскую эпоху три трансгрессии, причем эти трансгрессии совершенно не связаны ни с континентальными, ни с лагунными отложениями — весь разрез состоит исключительно из морских отложений. Необходимо иметь в виду еще то, что глауконитовые пески с фосфоритами и черные глины с аммонитами являются сравнительно глубоководными отложениями, связанными с глубинами не меньше нескольких десятков метров. На основании предыдущего становится ясным, что глауконитовые пески с фосфоритовыми гальками не только не указывают на смену моря сушей, но, наоборот, являются наиболее глубоководными осадками разреза. Они указывают на возникновение больших глубин, связанное с образованием очень сильных течений. В эпоху максимального развития течений все осадки уносились, и даже возможно размывались ранее отложившиеся слои. Оставались только одни окатанные, обглаженные, обточенные

F. i. Р. Глауконитовые пески с фосфоритовыми конкрециями двух генераций. В песках фауна зоны *P. Panderi* в черных, окатанных фосфоритовых желваках фауна *Kt. S.*

V. i. v. Темнозеленый глауконитовый песок, содержащий две генерации фосфоритов: черные обломки и буровато-коричневые конкреции.

V. i. v. Слой неправильных типичной конкреционной формы фосфоритов, залегающих в глауконитовом песке.

Черная глина, становящаяся все более песчанистой по мере движения вверх и переходящая в глинистый песок.

V. i. темнобурые и темнозеленые глауконитовые пески с огромным количеством *Rhynch. oxuoptycha*.

фосфоритовые гальки. Ходы от сверлящих моллюсков, находимые в фосфоритовых гальках, не могут служить доказательством зоны прибоя. Всверливание у пелепипод развивается как защита от сильных движений воды, которые вызывают всверливание, как это напр. наблюдается на плато Пурталеса. Таким образом сверлящие пелепиподы еще раз подтверждают существование сильных донных течений. Суммируя, можно сказать, что особенности разреза верхней части юры и частью нижнего мела Подмосковного района проще и естественнее объясняются не многочисленными трансгрессиями, а появлением сильных морских течений и изменением их силы, направления и положения.<sup>1</sup>

Другой резкий пример возьмем из юрских отложений восточной части б. Пензенской губернии. На р. Мокше близ с. Рыбкина<sup>2</sup> наблюдается следующий разрез:

- O. 1. Песчанистый суглинок.
- Vlng. 2. Серые и зеленовато-желтые пески с прослойками песчанистых фосфоритов и обычной фауной.
3. Фосфоритовый конгломерат с окатанными фосфоритовыми ядрами *Keppl rit's Goweri*, *Cardioceras sp.*, ауцеллами и *Bel mnit's lateralis*.
- Cl. m. 4. Сероватые пески с *Cosmoceras Jason*.

Этот разрез обычно объясняют как нижне-меловую трансгрессию, размывшую волжский ярус, кимеридж и оксфорд. Базальным конгломератом этой трансгрессии является слой 3. И здесь основным фактом, противоречащим существованию эпохи моря (средний келловей), эпохи суши и эпохи трансгрессии (валанжин), является отсутствие континентальных и лагунных отложений. Опять более просто объяснить разрез проявлением деятельности сильных течений, существовавших в оксфорде, кимеридже и в волжскую эпоху. Эти течения уносили все осадки, оставляя только фосфоритовые конкреции различного возраста и грубозернистый песок. В рыбкинском разрезе интересно отметить нахождение нижне-келловейского *Kepplerites Goweri* в слоях над неразмытым средним келловеем. И этот факт, не объяснимый трансгрессией, легко объясняется размыванием и переносом течениями.

Весьма интересные соотношения наблюдаются на юге Европ. части СССР на границе между мелом и палеогеном.

<sup>1</sup> Неудобство столь частых и непродолжительных трансгрессий и регрессий конечно не могло ускользнуть от такого специалиста-палеогеографа, как А. Д. Архангельский, и он заменяет одну из них неопределенным понятием «колебание равновесия водных масс».

<sup>2</sup> Архангельский, А. Д. Обзор геологического строения Европ. России. Т. I. Юго-восток Европ. России. Вып. 2. 1926. Стр. 197.

«Всюду имеются более или менее резко выраженные следы перерыва осадочного процесса, сказывающиеся» — «то в некотором угловом несогласии, то в прослойках конгломератов и неровностях поверхности меловых пород, то в крайне резкой петрографической смене осадков, то наконец в отсутствии верхних горизонтов меловых отложений. Получается впечатление, что на границе мелового и третичного периодов происходили значительные перемещения водных масс, покрывавших до сих пор поверхность Русской равнины, и превращение весьма значительных участков последней в сушу». А. Д. Архангельский совершенно правильно отметил существование «значительных перемещений водных масс». В толковании же того, что же за «перемещения» это были, повторяется та же картина, как и в объяснении верхней юры. Допускаемые трансгрессии и смены моря и суши также кратковременны, также связаны только с морскими отложениями и также выражаются глауконито-фосфоритовыми фациями. И здесь проще и естественней представлять «перемещения водных масс» как образование сильных и длительных морских течений.

Вообще глауконитовые пески с фосфоритовыми гальками и конкрециями нередко связывают со сменой моря и суши, считают их доказывающими трансгрессии и т. п. Однако необходимо всегда помнить, что глауконито-фосфоритовые пески являются типичным примером сравнительно глубоководных песков и в зоне прибоя неизвестны. Поэтому при объяснении условий их образования прежде всего приходится рассматривать эту фацию как сравнительно глубоководную. Она развита на глубинах от нескольких десятков метров до нескольких сот метров. Другая ее особенность — это неразрывная связь с сильными морскими течениями.

Морские течения — это могущественные, неотвратимые, то постоянные, то изменчивые силы, незримо проявляющиеся под спокойной поверхностью моря. Они подхватывают песчинки и то выносят их вечно живую, вечно подвижную зону прибоя, то увлекают в мертвенные, холодные глубины континентального склона.

### Формы отложения осадков.

Возьмем наиболее обычный тип морского дна в области накопления осадков, а именно пологий склон, переходящий в почти горизонтальную поверхность.

При отложении осадков могут быть три случая:

1. Осадки отлагаются равномерно на всей поверхности дна моря.
2. Осадки отлагаются главным образом вдали от берега.
3. Осадки отлагаются главным образом у берега.

1. При равномерном отложении осадки образуют слой одинаковой мощности, параллельный дну моря (рис. 4).

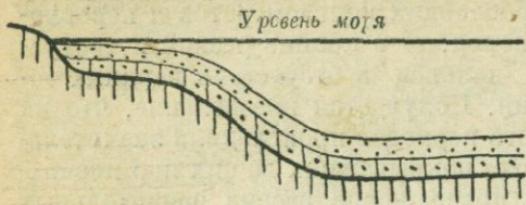


Рис. 4. Схема равномерного накопления осадков.

параллельные пласти образуются на более или менее незначительных протяжениях. Обычно пласти на некотором протяжении выклиниваются.

2. Накопление осадков главным образом вдали от берега, как это изображено на рис. 5, опять-таки в действительности не происходит. На неправильности схемы Ога, допускавшего максимальное отложение осадков в центре бассейна, мы детально остановимся дальше.

3. Накопление осадков главным образом у берега, как это изображено на рис. 6, наиболее распространенная форма накопления осадков. Она развита не только в дельтах рек, как это давно известно, но и вдоль большинства берегов океана.

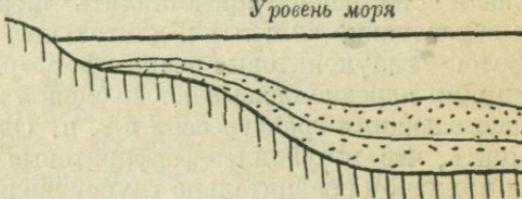


Рис. 5. Схема накопления осадков вдали от берега.



Рис. 6. Схема накопления осадков у берега—наиболее распространенная.

Совершенно отсутствует и конечно невозможна форма отложения осадков, изображенная на рис. 7. К сожалению эта форма довольно часто фигурирует на геологических разрезах. Она невозможна даже и в случае ингрессии моря в область с уже

Важно отметить, что в геологических разрезах и профилях подобная схема преобладает и считается типичной. На самом же деле в действительности на дне моря подобное накопление происходит в исключительных случаях, и параллельные пласти образуются на более или менее незначительных протяжениях. Обычно пласти на некотором протяжении выклиниваются.

Уровень моря

выработанным рельефом. В этом случае нередко дается схема, изображенная на рис. 8. На самом деле эта схема фантастична, теоретична и совершенно не соответствует действительности. Накопление осадков на дне ингрессировавшего моря будет иметь форму, изображенную на рис. 9.

Интерес представляет накопление осадков на крутых берегах и у отвесных берегов. В тех очень редких случаях, когда морское дно имеет уклон, превышающий угол устойчивости, осадки по мере накопления периодически сползают, образуя подводные оползни, описанные ниже. Когда берег вертикальный, как это бывает у рифовых известняков, то тогда пласти подходят к поверхности известняка в притык (рис. 10).

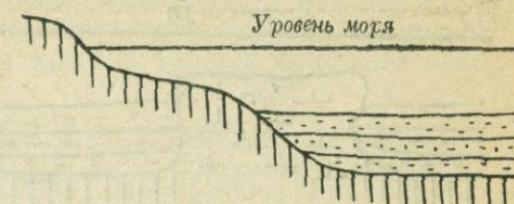


Рис. 7. Гипотетическая, невозможная схема накопления осадков.



Рис. 8. Гипотетическая невозможная схема накопления осадков при ингрессии моря.

Подобная картина детально описана Андрусовым (141) для мшанковых рифов Керченского полуострова.

Детально условия накопления осадков описаны в работе Коттона (17).



Рис. 9. Действительная схема расположения осадков при ингрессии моря.

В тех случаях, когда морское дно почти горизонтально, почти горизонтально лежат и осадки.

**Форма накопления осадков и глубина бассейна.** Во время полевых и камеральных работ мощность какой-нибудь свиты, обнажающейся в разрезе, подсчитывается путем измерения мощности каждого пласта или частей их перпендикулярно плоскости напластования (рис. 11). Общая мощность свиты равна сумме

отдельных измерений:  $M = ab + cd + ef$ . Теоретически для определенного района это правильно. Но обычно эту мощность считают или глубиной бассейна, или величиной опускания дна бассейна.

Уровень м ря

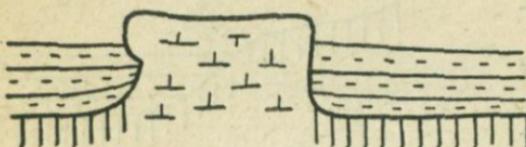


Рис. 10. Схема накопления осадков вокруг риффового выступа.

такой вывод глубоко ошибочен. Возьмем обычную схему накопления осадков, изображенную на рис. 12. Подсчитаем мощность осадков. По предыдущему она будет равна:  $ab + cd + ef = 11 \text{ мм} + 11 \text{ мм} + 10 \text{ мм} = 32 \text{ мм}$ . Истинная же глубина  $SS$  бассейна будет всего 15 мм. Таким образом мы видим, что в обычных условиях накопления осадков суммарная мощность весьма мало связана с действительной глубиной бассейна или величиной его опускания. Для получения большой суммарной мощности необходима не большая глубина бассейна, а большая ширина его. Это ясно видно из схемы на рис. 12.

Остановимся на конкретном примере и возьмем в качестве его Донбасс. Мощность угленосных отложений Донбасса достигает 10 км. Вся эта громадная толща представлена мелководными или наземными отложениями.

Каким же образом может накопиться 10 км наземных или прибрежных отложений? Ответ

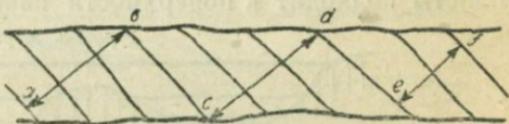


Рис. 11. Схема измерения мощности свиты наклонно лежащих пластов.

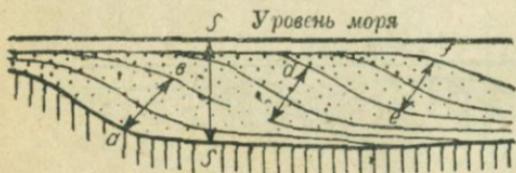


Рис. 12. Схема соотношения между глубиной бассейна и мощностью осадков.

казалось бы может быть только один: дно бассейна параллельно с накоплением осадков медленно опускалось, давая место всем новым и новым слоям. При этом ясно, что это опускание должно достигнуть размера 10 км.

Принимая же во внимание схему Чемберлена, необходимость

в таких гигантских прогибах отпадает, и величина опускания снижается до 1—2 км.

Другой пример, иллюстрирующий значение гипотезы Чемберлена, можно взять из наземных отложений. В Средней Азии вдоль южной окраины Ферганской долины у северного подножья Алайского и Туркестанского хребтов тянется сплошной пояс

5

N

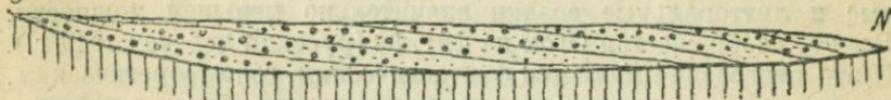


Рис. 13. Схема накопления больших толщ конгломератов и песчаников.

неогеновых и четвертичных конгломератов. Эти конгломераты залегают наклонно с падением от 5° до 15° от гор в сторону долины. Измерение мощности конгломератов дало громадные цифры, нередко около 1 км. В связи с этой громадной мощностью возникла гипотеза об опускании дна Ферганской долины.

На самом деле накопление громадной толщи конгломератов можно объяснить и без значительных опусканий путем отложения дельтового типа на наклонных плоскостях (рис. 13).

### Области накопления осадков — геосинклинали.

Массовое накопление осадков происходит и в морях, и на суше. Области накопления осадков в морях носят название геосинклиналей, аналогичные области континентов нередко называются континентальными геосинклиналями.

Остановимся на том, что представляют собой геосинклинали. Характеристику же наземных геосинклиналей дадим в главе о континентальных фациях.

Общепринятой схемой строения геосинклинали является схема, предложенная Огом в его учебнике геологии (рис. 14). Эта схема, несмотря на свою общепринятость, в корне ошибочна и не имеет ничего общего с действительностью. На самом деле какие же области в настоящее время Ог считает геосинклиналями? Прежде всего Атлантический океан. «Весь Атлантический океан



Рис. 14. Схема строения геосинклиналь по Огу.

можно считать за громадную геосинклиналь в период ее раздвоения, причем осевая возвышенность этого океана является геоантиклиналью». Распространяя данную выше схему распределения осадков (рис. 14) на Атлантический океан, мы должны допустить, что максимальное накопление осадков происходит в центре океана, где развиты глубоководные осадки громадной мощности; у берегов океана располагаются прибрежные батиальные и литторальные осадки значительно меньшей мощности. Все это изображается Огом на фиг. 36 (русский перевод 1914 г.). И это построение является фантастическим, голо-теоретическим, придуманным из головы и не имеющим ничего общего с действительностью.

Прежде всего профиль Атлантического океана не имеет ничего общего с синклиналью, даже и усложненной антиклиналью.

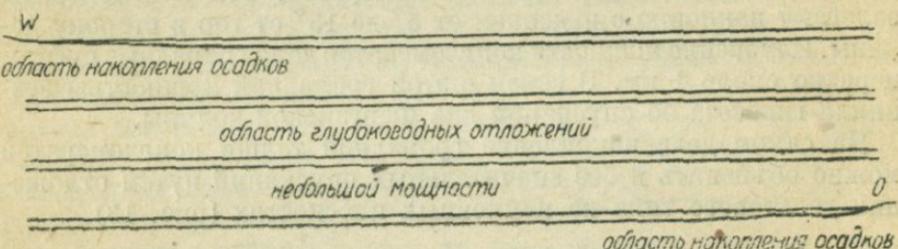


Рис. 15. Схематический разрез Атлантического океана. Вертикальный масштаб в 10 раз больше горизонтального. Чертой показаны области накопления терригеновых отложений.

Попробуем изобразить его графически. Как среднюю ширину его возьмем 3 000 км, как среднюю глубину 5 км. Отношение глубины к ширине будет = 1 : 600. Если мы изобразим глубину равной одному сантиметру, то тогда ширина будет равна 6 м. В виду невозможности воспроизведения такого разреза возьмем глубину равной 1 мм, но и тогда ширина будет 600 мм, т. е. 60 см. Схематически разрез Атлантического океана изображен на рис. 15.

Из этого разреза хорошо видно, что прежде всего профиль Атлантического океана не имеет ничего общего с синклиналью, и говорить о каком-либо прогибе его центральной части не приходится.

Таким образом прежде всего Атлантический океан не синклиналь.

Остановимся теперь на накоплении осадков. Из главы о скорости накопления осадков мы знаем, что скорость накопления красной глубоководной глины и глобигеринового ила ничтожна, и что наибольшей скоростью накопления и мощностью обладают

осадки шельфа и части континентального склона. Ширина этой области около 300 км. Отложим ее на разрезе (рис. 15) и закрасим черным, как область накопления осадков. Тогда для нас станет очевидным неверность и второго допущения Ога.

Никакого накопления осадков в середине Атлантического океана не происходит.

Но можно сказать, что может быть Атлантический океан действительно не совсем удачный пример геосинклинали. Хорошо, возьмем другие.

Мозамбикский пролив — мозамбикская геосинклиналь. Но и здесь в середине пролива в центре геосинклинали лежит красная глубоководная глина. Следовательно опять в середине геосинклинали никакого накопления осадков не происходит, и осадки накапляются только у берегов суши.

Возьмем другие примеры — владину у Антильских островов, и в ней лежит только красная глубоководная глина и следовательно опять в центре геосинклинали не происходит никакого накопления осадков. Возьмем Зондскую владину, владину у берегов Японии и у Марианских островов, и там на наибольших глубинах лежит только красная глубоководная глина, т. е. опять никакого накопления осадков не происходит.

Суммируя, можно сказать, что никакого накопления осадков в центре океанических бассейнов и владин не происходит. Наоборот, максимальное накопление осадков происходит в прибрежных областях.

Из этого следует, что раз максимальное накопление осадков происходит в прибрежных областях, то и максимальное количество осадков должно носить прибрежный характер.

Анализ осадков геосинклиналей прошлого всецело подтверждает этот вывод. В осадках геосинклиналей, даже их центральных зон, резко преобладают прибрежные осадки, батиальные осадки редки, а абиссальные почти совсем неизвестны. Наоборот, значительным развитием пользуются лагунные и иногда континентальные отложения.

Суммируя все это, можно дать следующее определение понятию геосинклиналь: геосинклиналь — это область накопления осадков, впоследствии превращающаяся в область складчатых гор.

Из этого определения следует, что в истории каждой геосинклинали существуют три эпохи: первая — эпоха накопления осадков; вторая — эпоха образования складчатых гор и третья — эпоха денудации складчатых гор.

В настоящее время существуют геосинклинали, находящиеся во всех трех стадиях развития.

Геосинклиналями первой стадии развития будут прибрежные области морей и архипелаги островов.

Геосинклиналями второй стадии развития будут складчатые горы — образование складок которых еще не закончилось, напр. Кавказ, Гималаи, Альпы, Аппенины.

Геосинклиналями третьей стадии развития будут складчатые горы, в которых образование складок уже закончено, напр. Урал, Алтай, Кузбасс, Донбасс, Восточное Забайкалье.

**Форма геосинклиналей.** Форма и размеры геосинклиналей весьма различны.

Среди геосинклиналей первой стадии, т. е. областей накопления осадков, встречаются самые различные формы.

Резко преобладают моноклинальные формы: области накопления осадков на плоскостях, наклоненных в одну сторону или почти горизонтальных. К таким областям относятся прежде всего шельф и континентальный склон материков, лишенные больших островов. Лучшим примером областей этого типа может слу-

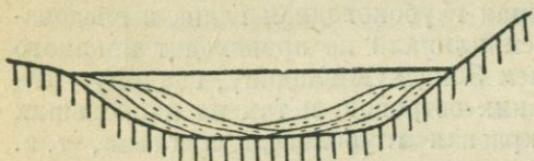


Рис. 16. Схема разреза синклинальной области накопления осадков.

жить тихоокеанское побережье Северной и Южной Америки, атлантические берега Испании, атлантическое побережье Африки.

Меньшим распространением пользуются синклинальные формы — об-

ласти накопления осадков в корытообразных или ваннообразных бассейнах. К таким областям относятся прежде всего узкие внутренние моря и проливы больших архипелагов, напр. Индо-Малайского или Северо-американского. Затем к ним относятся большие узкие заливы типа Персидского или Калифорнийского.

Важно отметить, что и в синклинальных формах главное количество осадков отлагается не в центре синклиналии, а по ее бокам, как это видно на рис. 16.

**Размеры геосинклиналей.** Размеры областей накопления осадков весьма различны, начиная от узких полос шириной в несколько десятков км и кончая поясами шириной в 1—2 тысячи км.

Области накопления осадков имеют вид узких полос, тянущихся вдоль побережья океанов и внутренних морей. Ширина этих полос обычно равна ширине шельфа и верхней части континентального склона и колеблется в пределах от 20—30 км до 200—300 км.

В тех случаях, когда вдоль берега располагается ряд островов, или береговая линия сильно изрезана, тогда ширина зоны накопления значительно увеличивается. Примером может служить та часть европейского шельфа, на которой лежит Ирландия, Ан-

глия, Ламанш и Северное море, область Вест-Индских островов, восточное побережье Гренландии и т. п.

Но максимального размера зона накопления осадков достигает в области больших архипелагов. Лучшим примером служат тихоокеанские побережья Австралии и Азии и соединяющий их Индо-Малайский архипелаг. Здесь зона накопления осадков тянется на много тысяч км, достигая ширину в 2000—3000 км. По своим размерам эта геосинклинальная зона не уступает наибольшим геосинклиналям прошлого.

И обратно, анализируя характер фаций в геосинклиналях прошлого, легко отметить сходство их с фациями современных архипелагов и побережья. Возьмем хотя бы средиземноморскую геосинклиналь в эпоху ее максимального развития — в юрскую эпоху, у нас на Кавказе и в Закавказье: нижняя юра представлена километровой толщей черных глинистых сланцев, в значительной части прибрежных. Средняя юра характеризуется широким развитием лагунных и наземных угленосных толщ. В верхней юре наиболее характерны мощные рифовые, мелководные, часто береговые известняки. Везде преобладают мелководные, лагунные, а иногда и наземные отложения. Совершенно такую же картину мы наблюдаем и в больших архипелагах, и в прибрежной зоне материков.

Таким же преобладанием мелководных и нередко лагунных отложений характеризуются палеозойские геосинклинали. Напр. ангарская геосинклиналь в верхнем девоне занимала площадь от севера Киргизской степи и до Гиндукуша шириной 2000—3000 км, и на всем этом протяжении развиты почти исключительно мелководные и лагунные фации.

Приходится отбросить и третью особенность данной Огом характеристики геосинклинали, а именно — что геосинклиналь является местом преобладания глубоководных отложений.

Геосинклиналь характеризуется преобладанием мелководных морских отложений и нередко значительным развитием лагунных.

Сопоставляя все вышесказанное, мы видим, что применение данных современной океанографии и точный анализ фаций в корне изменили господствовавшее ранее представление о геосинклинали. Изменили настолько сильно, что иногда возникает сомнение в рациональности сохранения самого слова «геосинклиналь».

Во всяком случае в настоящее время представлять себе геосинклиналь как открытый океан, удаленный от берегов, на прогибающемся дне которого накапливаются километровые толщи глубоководных отложений, — просто безграмотно.

Гипотетические, из головы придуманные палеогеографические построения Ога были хороши двадцать лет тому назад.

Они сыграли свою роль, но сейчас их надо безжалостно отбросить и заменить данными точных, непосредственных наблюдений и анализа.

### Скорость накопления и мощность осадков.

Скорость накопления осадков зависит от двух основных причин: а) количества материала, получающегося от разрушения континента, и б) переноса материала прибоем и течениями.

Обломочный материал, отлагающийся в море, происходит за счет разрушения берегов прибоем и от приноса его реками. Второстепенное значение имеет материал, приносимый ветром (у берегов Сахары) и льдом в приполярных областях.

Основная масса обломочного материала приносится реками. Деятельность прибоя дает значительно меньше материала. Соответственно максимальная скорость накопления осадков наблюдается в дельтах рек и в придельтовой части долин. Особенно велика скорость накопления в устьях больших горных рек, напр. Терека, Риона. Меньше скорость накопления, но значительно больше массы материала, приносимого большими реками: Волгой, Миссисипи, Амазонкой.

Насколько велика скорость отложения в приусտьевых частях речных долин, показывает пример Донецкого бассейна. В нем мощность лагунных угленосных отложений, образовавшихся за счет приноса песка и ила большой рекой, составляет около 8000 м. За это же время в соседнем подмосковном бассейне образовалось всего только 300—400 м известняков. Скорость накопления выносов рек оказалась вдвадцать раз большей, чем скорость отложения известняков.

В результате одной деятельности прибоя скорость накопления и соответственно мощность осадков значительно меньше.

В то время как в устьевых областях отлагаются сотни метров, а иногда и километры, в областях деятельности прибоя мощность осадков обычно измеряется десятками метров.

Наконец в области проявления течений мощность осадков уменьшается еще более. Мощность волжского яруса нередко измеряется 10—15 м, а мощность известняков титона сотнями метров. Время же отложения их приблизительно одинаково.

Отложения, образующиеся за счет выноса рек, отличаются непостоянством мощности, причем колебания весьма значительны. Напр. артинские песчаники и сланцы образовались за счет разрушения поднимавшегося Урала и выноса продуктов разрушения в нижнепермское море. Мощность их в различных районах Урала колеблется от 100 до 4500 м, а при некотором удалении от Урала они совершенно исчезают.

В это же время отложения, не связанные с деятельностью рек, отличаются небольшой мощностью, но значительным постоянством. Напр. доманик — черные битуминозные известняки и сланцы верхнего девона — распространены от Новой Земли и до Оренбурга, и везде обладают почти одним и тем же составом и одной и той же мощностью 60—80 м.

Отложения, связанные с течениями, отличаются небольшой мощностью и большим непостоянством. Они довольно быстро изменяются по простиранию, нередко совершенно выклиниваются.

Таким образом для ряда отложений скорость накопления и мощность являются весьма непостоянным элементом. При геологических исследованиях это необходимо учитывать. Нередко на расстоянии нескольких десятков километров мощность одной и той же песчано-глинистой свиты может измениться в несколько раз. Подобные же быстрые изменения в мощности наблюдаются и в известняках. Верхи девона Урала, представленные фацией кремнистого слоистого климениевского известняка, достигают мощности в 20—30 м. Эти же горизонты, на расстоянии нескольких десятков километров, но представленные массивными доломитизированными известняками с брахиоподами, достигают мощности чуть не в десять раз большей—150—200 м.

Весьма резкие изменения в мощности приходится нередко наблюдать при переходе от известняков к песчано-глинистым фациям, причем иногда известняки бывают более мощные, а иногда песчаники и сланцы.

Еще более резкие изменения в мощности и скорости накопления вносит вулканическая деятельность. Вулканические туфы и эфузивные породы увеличивают мощность одной и той же свиты нередко на много сотен метров. Это увеличение носит резко местный характер и по простиранию очень быстро изменяется, а у границы и исчезает.

Цифровые данные по скорости накопления осадков немногочисленны, относятся к ограниченным областям и нередко носят гипотетический характер. В монографии Твенхофеля (2) приводятся несколько цифр. Рост кораллов в коралловых рифах Самоанских островов достигает от 5 до 7 мм в год, а иногда и больше. В устье Миссисипи скорость накопления иногда достигает до 6 м в год.

## ВНЕШНИЕ ПРИЗНАКИ ОСАДКОВ.

### Слоистость.

Слоистость пород, возникающая от причин, проявляющихся во время образования осадка, называется первичной, и от причин, действующих после образования осадка, вторичной.

Вторичная слоистость, типом которой может служить кливаж, образуется благодаря нагреванию и давлению в областях сильного проявления горообразовательных процессов. Для изучения условий образований осадков она не имеет значения, и мы на ней не будем останавливаться. В дальнейшем изложении под словом слоистость мы будем понимать исключительно первичную слоистость.

В большинстве случаев слоистость возникает в результате непосредственного изменения условий образования осадков. Более редко причиной ее служит закономерное распределение особых частиц, напр. листочеков слюды в общей массе породы.

Вальтер (1) считает, что «слоистость возникает благодаря различию материала осадка, благодаря передвижению фаций».

Он обращает внимание на громадное значение для установления причин слоистости, которое имеют тонкие прослоечки, иногда еле заметные, которые разделяют соседние пласты.

Изучая слоистость в песчаниках, можно заметить, что на поверхности напластования лежат очень тонкий, едва измеримый прослой, состоящий из тонких листочеков слюды, располагающихся параллельно плоскости напластования. Образование этого прослоя и связано с тем изменением условий образования осадков, которое вызвало образование слоистости.

В других случаях этот разделяющий прослой состоит из очень тонкого и плотного глинистого прослоя.

В тонкослоистых плитняках раковинного известняка у Иены, или в известковых сланцах Золенгофена, или наконец в слоях известняка (мощностью в несколько метров) мальма у Золотурна, при внимательном исследовании, всегда можно найти разделяющий прослой. Иногда этот прослой состоит из рыбых чешуек, иногда из глинистого материала, иногда из спикуль губок. Этот прослой залегает между подстилающим и покрывающим пластами.

Разделяющие прослои не являются причиной слоистости, так как иногда они совершенно отсутствуют. Они только позволяют более точно наметить причину слоистости.

Вопросы, связанные со слоистостью, весьма детально разобраны в работах Твенхофеля (2) и Андре (22).

Причинами, вызывающими слоистость, Твенхофел считает:

1. Сезонные изменения.
2. Изменения погоды.
3. Изменения течений.
4. Климатические изменения.
5. Колебания уровня моря.
6. Отложение коллоидального материала.
7. Рост организмов.

Андре прибавляет к ним еще:

#### 8. Поднятия и опускания морского дна.

**1. Сезонные изменения** влияют на образование осадков в наземных бассейнах и в тех участках моря, где осадки образуются за счет приноса реками. Наибольшее значение имеют отложения половодий, распространяющиеся передко на громадные площади и достигающие значительной мощности.

Другой общеизвестный пример — это ленточные глины, отлагающиеся в бассейнах, связанных с областями оледенения. Летом в период усиленного таяния льда приносятся и отлагаются более толстые прослои грубозернистого осадка. Зимой, когда воды меньше, так как таяние почти прекращается, отлагаются тонкие прослои глины. Получается чередование более толстых песчано-глинистых прослоев и более тонких чисто глинистых. Это чередование придает всей породе своеобразный полосчатый вид, который и послужил причиной названия «ленточные глины». Четвертичные ленточные глины Европы детально изучены Де-Геером (26), Америки — Энтью (Anteys) (27) и Финляндии — Зауромо (28). Аналогичная полосчатость в пермских ледниковых глинах Северной Америки изучалась Сайллем (Sayles) (29). В Австралии подобная слоистость наблюдалась в верхнепалеозойских озерно-ледниковых отложениях Дэвисом и Зюссмильхом. Наблюдения Джонстона (32) над современным ледниковым озером в штате Альберта показали, что средняя скорость накопления осадков достигает 15 см в год.

Mapp (6) обратил внимание на то, что подобное ленточное строение наблюдается у многих сланцевых толщ. Он установил, что в верхнесилурийских лудлоуских сланцах — Bannisdale slates наблюдается полосчатая слоистость, состоящая из чередования прослоев тонкозернистого песчаника и плотного глинистого сланца. Затем он принял эту полосчатость за годовые изменения — аналогично ленточной глине — подсчитал их число и вычислил возраст всей толщи. Общая мощность всей толщи 5000 фут, а число годовых полос оказалось равным 700 000. Таким образом для образования всей толщи понадобилось 700 000 лет.

Однако необходимо иметь в виду, что полосчатость может быть связана не только с зимой и летом, но и с более дробными частями года — месяцами, а иногда и днями. Примером этого может служить полосчатый ангидрид из пермских отложений Тексаса. Эдден (Udden) (25) установил, что слоистость меньше 2 мм толщины и распространяется на толщину в 1000 фут мощности. Отдельные полоски концентрируются в циклы. Значение их, т. е. соответствуют ли они годам, месяцам, дням или другим периодам, установить не удалось.

**2. Изменения погоды.** Изменения погоды нередко вызывают значительные и внезапные изменения в процессе накопления осадков, образовывая своеобразные пласти пород. Для морских прибрежных отложений (до глубины 100 — 200 м) большое значение имеют штормы и ураганы, нередко весьма значительно изменяющие конфигурацию берега. Они же вызывают отложение песчаных осадков в таких областях, где они обычно отсутствуют. На суше не меньшее влияние оказывают песчаные бури, переносящие и отлагающие громадные массы песка и пыли.

Значительное влияние на наземные и даже морские осадки оказывают дождливые периоды. После дождей горные реки, впадающие в море, приносят громадное количество галек, песка и ила, вызывая резкое изменение характера осадков и слоистости.

**3. Изменения течений.** Изменения скорости и положения течений немедленно сказываются на характере осадков и вызывают их слоистость. Местами приливные волны приносят большое количество песчано-глинистого материала, вызывая образование правильной слоистости. Джонстон (32) указывает на такую слоистость в дельте р. Фрэзер, в Британской Колумбии, Канада.

**4. Климатические изменения.** Климатические изменения немедленно и весьма сильно сказываются на количестве, составе и окраске отложений, тем самым вызывая образование в них слоистости. Причиной этих изменений нередко являются астрономические факторы, проявляющиеся определенными циклами и вызывающие соответственную цикличность и в слоистости отложений. Примером таких циклов может служить Брюкнеровский цикл в 35 лет. Джильберт (Gilbert) (31) применил климатические циклы и связанные с ними изменения осадков к определению продолжительности мелового периода.

**5. Колебания уровня моря** имеют большое значение для зоны щельфа и отчасти континентального склона. Изменение глубины сразу сказывается на движениях воды — прибоем и течениях. Представим себе участок дна моря на глубине 100 м. На этой глубине деятельность волн почти не сказывается, и отлагается чистый ил. Но если этот участок поднимется до высоты 20 — 30 м, то действие волн будет весьма значительно, и ил сменится песком. Иногда во время землетрясений такие колебания морского дна бывают значительные и внезапные, вызывающие такие же значительные и внезапные изменения в характере осадков и образования слоистости без всяких промежуточных прослоев.

Колебаниями уровня моря объясняют появление неясной слоистости в коралловых рифах, так как скорость роста краялов и их разрушения на различных глубинах различна.

**6. Отложение коллоидального материала** влияет на распределение частиц и тем самым на образование слоистости только в замкнутых участках моря с неподвижной водой. Значение его невелико, но возможно сказалось на образовании некоторых листоватых сланцев. Менденхолл (Mendenhall) (33) применил распределение коллоидального материала для объяснения образования сланцев Сиссурacha в районе Панамского канала.

Образование слоистости может вызываться и температурными и химическими изменениями. И те, и другие влияют главным образом в горько-соленых бассейнах, вызывая осаждение различных количеств различных солей.

**7. Рост организмов.** Массовый рост организмов нередко образует на морском дне скопления их скелетных образований. Эти скопления слагают более или менее правильные пласти, вызывая слоистость среди неслоистых толщ.

Не менее ясные пласти образуются и в случае массовой, внезапной гибели животных и растений.

**8. Поднятия морского дна.** Изучение глубоководных отложений показало, что среди них развита иногда правильная и ясная слоистость, вызываемая чередованием садка в связанных с весьма различными глубинами, напр. красной глубоководной глины и глубоководного песка. Ряд примеров приводится в работе Андре (22).

Конечно разнообразие причин, вызывающих появление слоистости, настолько велико, что вышеупомянутые примеры далеко не исчерпывают всего разнообразия.

Изучение слоистости только еще начинается, и нет никакого сомнения, что оно даст очень много важного материала для палеографических построений и выяснения условий образования осадков.

### Косая слоистость.

Своеобразным типом слоистости является так называемая косая или диагональная слоистость. Она наблюдается в морских отложениях, в лагунных и в континентальных. Каждому типу отложений присущ свой тип косой слоистости. Таким образом анализ косой слоистости иногда является важным указанием при определении условий образования осадка.

Детальный анализ типа косой слоистости, как критерия генезиса осадков, произведен за последние годы, Ю. А. Жемчужниковым (35).

По его данным можно выделить следующие типы косой слоистости.

1. Эоловый.
2. Временных потоков,

3. Речной.
4. Дельтовый.
5. Морской.

Кроме того косая слоистость наблюдается в конусах выноса и в флювио-глациальных отложениях. Насколько эти типы обособляются от дельтовых и речных, пока сказать нельзя.

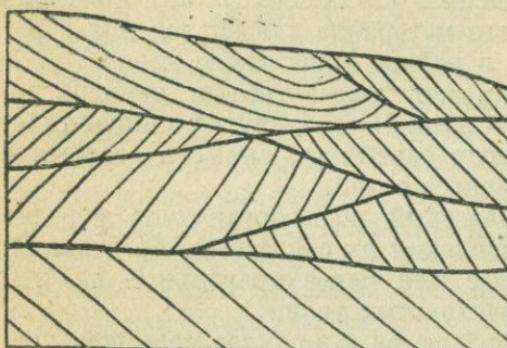


Рис. 17. Эоловый тип косой слоистости. (Жемчужников, 31, стр. 45.)

золовой косой слоистости длядвигающихся песков дана на рис. 18.

Характерными признаками золового типа являются:

1. Широкое и сплошное распространение.
2. Большая мощность как отдельных слоев, так и всей толщи.
3. Отсутствие горизонтальных серий между группами косых слоев.
4. Частое и неправильное срезывание косых слоев одного направления другим направлением. Общая картина слоистости — неправильная, запутанная.
5. Разнообразие углов и направлений падения.
6. Преобладание пологих углов падения, в особенности при основании (от  $0^\circ$  до  $30^\circ$ ).
7. Вогнутость, а иногда и выпуклость кверху косых слоев (см. рис. 18).
8. Однообразие зерна в слое.
9. Разнообразие зерна в различных слоях.
10. Тонкозернистость и чистота песка.
11. Округленность и отшлифованность зерен.

Насколько все эти признаки являются постоянными во всех областях, сказать трудно. Напр. отшлифованность и окатан-

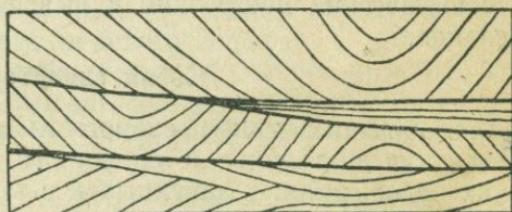


Рис. 18. Эоловый тип. Мигрирующие дюны. (Жемчужников, 31, стр. 46.)

ность зерен зависит только от длительности перекатывания и перетирания, и нередко наблюдается в морских отложениях. С другой стороны, эоловый песок на недалеком расстоянии от материнской породы может быть и слабо окатанным, угловатым.

Во всяком случае комплекс большинства признаков очень характерен и может служить для обосновления эоловых песков.

**2. Тип временных потоков.** Этот тип слоистости развит в пустынных областях. Схема строения дана на рис. 19.

Характерные признаки:

1. Небольшое распространение, в виде сравнительно узких полос, по форме долины потока.

2. Небольшая мощность.

3. Многократное чередование пачек горизонтальных слоев и косослоистых (рис. 19).

4. Промежуточные горизонтальные слои связаны с периодами засух и более тонкозернисты.

5. Косые слои образуются в дождливые периоды из грубого и разнородного материала, иногда галечника.

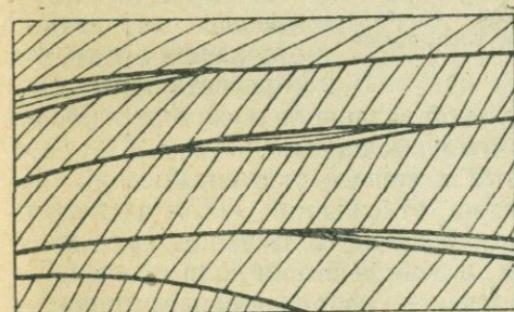


Рис. 19. Тип временных потоков. (Жемчужников, 31, стр. 49.)

6. Наклон косых слоев более или менее одинаков и направлен в одну сторону.

7. Зерна и гальки нередко мало окатаны и угловаты, но иногда и хорошо окатаны.

**3. Речной тип.** В долинах рек косая слоистость песков является в результате смывания и передвижения песчаных отмелей и песчаных гряд. Передвижение это неравномерно и происходит главным образом в периоды половодья. Схема строения речных песков дана на рис. 20.

Характерные признаки:

1. Небольшое распространение, в виде узких, извилистых полос.

2. Небольшая мощность и быстрое выклинивание косослоистых песков.

3. Многократное чередование пачек горизонтально и косослоистых слоев, причем горизонтальные пачки — небольшой мощности.

4. Менее грубый, более окатанный и отсортированный материал.

5. Наличие линз и карманов в отличие от временных потоков; нередко эти линзы сложены глинами или углистыми осадками.

**4. Дельтовый тип.** Отложения дельт состоят из серии косослоистых пластов, нередко достигающих мощности во много

сотен метров, и срезывающих их вверху горизонтальных слоев небольшой мощности.

Схема расположения слоистости дана на рис. 21.

Характерные особенности:

1. Значительная мощность и ограниченная, иногда большая площадь распространения косослоистых песков.

2. Отличительный признак от речных отложений это то, что горизонтальные пач-

Рис. 21. Дельтовый тип. (Жемчужников, 31, стр. 53.)  
α — вершинные грубозернистые слои; β — слои склона, среднезернистые; γ — донные слои, тонкозернистые.

ки слоев достигают значительной мощности и состоят из более грубозернистого материала, чем косослоистые.

3. Материал тонкозернистый и хорошо окатанный.

**5. Морской тип.** В морских отложениях косая слоистость связана с передвижением и накоплением песчаных гряд и отмелей в прибрежной области, в зоне действия волн и течений.

В зависимости от состава песца — кварца или известняковых зерен или оолитов — в исключительном состоянии косослоистая порода будет или песчаником, или известняком. Схема расположения слоистости дана на рис. 22.

Характерные признаки:

1. Мощность и распространение косослоистых пород сравнительно невелики.

2. Плоскости наслоения падают во все стороны и под сравнительно небольшими углами.

3. В одном и том же слое грубый материал постепенно переходит в тонкозернистый.

4. Материал хорошо окатан и передко большие зерна и гальки не круглые, а приплюснутые.

В работе Ю. А. Жемчужникова приводится детальное сравнение всех типов косой слоистости и инструкция для их наблюдения и определения.

Нужно отметить, что намеченная выше характеристика различных типов косой слоистости является предварительной и нуждается в подтверждении специальными наблюдениями.

### Волноприбойные знаки (Ripple-marks).

Характерные и общизвестные образования, носящие название волноприбойных знаков — ripple-marks связаны с деятельностью волн. Но необходимо помнить, что эти волны бывают морские, речные и воздушные. Соответственно и волноприбойные знаки бывают морские, речные и эоловые — наземные.

Волноприбойные знаки пользуются весьма большим распространением, и им посвящена большая литература. Одну из последних сводок мы находим в неоднократно цитировавшейся работе Твенхофеля (2). В ней же приведены и главнейшие американские и английские работы, из которых можно отметить работы Кайндля (Kindle, 46), Джонсона (43) и Бючера (Bucher, 45). Детально описаны морские волноприбойные знаки в работе Эпри (Ергу, 51).

Твенхофель выделяет три типа волноприбойных знаков: 1. Эоловые. 2. Водных течений: речные и морские (поточные). 3. Волны (колебательные). Различие этих типов он суммирует схемой, приведенной на рис. 23.

Детальная характеристика различий дана ниже.

**1. Эоловые волноприбойные знаки.** Эти знаки наиболее распространены на сыпучих песках, в областях дюн и барханов, но встречаются и на пыли.

Они асимметричны: склон, обращенный к ветру, очень пологий, склон, обращенный от ветра — крутой. Длина и амплитуда (высота) волн мало зависят от силы ветра и колеб-

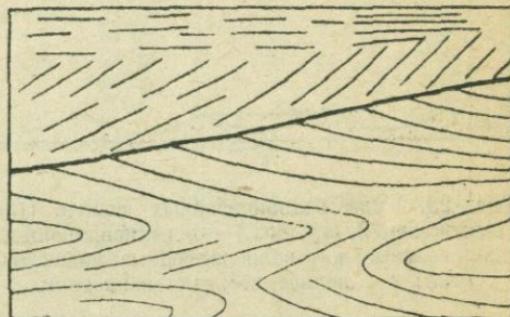


Рис. 22. Морской тип. (Жемчужников, 31, стр. 56).

лются в зависимости от величины зерна, достигая максимума у грубозернистого песка.

Эоловые волноприбойные знаки параллельные, изогнутые, сетчато-сливающиеся. Площадь распространения небольшая. На рис. 24 дано сравнение движения песка в эоловых и поточных волноприбойных знаках.

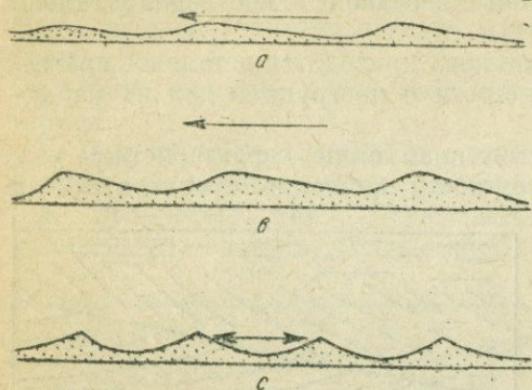


Рис. 23. Типы волноприбойных знаков. (По Твенхофелю, 2, стр. 462.) а — волноприбойные знаки эоловые; в — волноприбойные знаки генерируемые течением; с — волноприбойные знаки волны.

Скорость течения настолько мала, что осадок не движется.

Вторая фаза — скорость течения настолько велика, что увлекает за собой частицы. При этом образуются так называемые current ripples — знаки течения, имеющие вид, изображенный на рис. 24.

На нижеследующей таблице даны скорости течения, необходимые для движения обломков различной величины (стр. 45).

Третья фаза. Скорость становится настолько большой (в среднем 0,66 м/сек.), что песчаные знаки течения исчезают и вместо них образуются регressive песчаные волны — плоские, симметричные, окруженные песчаные гряды,двигающиеся вниз по течению.

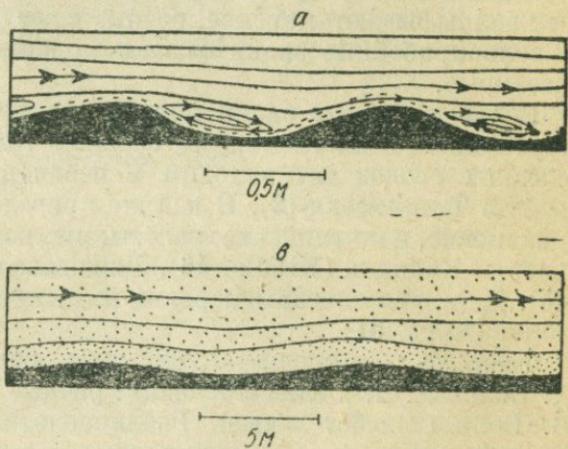


Рис. 24. Движение песка в волноприбойных знаках течений (а) и эоловых дюнах (б). По Твенхофелю, 2, стр. 463.

Осадок	Диаметр зерна в мм	Глубина тече- ния в м	Скорость м/сек.
Тонкая глина . . . . .	—	небольшая	0,08
Илстая глина . . . . .	—	»	0,32
Тонкозернистый песок . . . . .	0,4	0,13	0,16
Песок . . . . .	0,7	0,2	0,34
Грубозернистый песок . . . . .	1,7	небольшая	0,49
Мелкий галечник . . . . .	4,9	0,03	0,65
» . . . . .	7,0	0,07	0,86
Галечник . . . . .	27,0	небольшая	0,97
» . . . . .	54,0	»	1,62
Валуны . . . . .	171,0	»	2,27
» . . . . .	323,0	»	3,25
» . . . . .	409,0	»	4,87
» . . . . .	700,0	»	11,69

*Четвертая фаза.* В потоках очень большой скорости, несущих большие массы обломочного материала, образуются очень большие песчаные гряды, также широкие, симметричные, округленные, но уже лвигающиеся вниз по течению. Эти гряды носят название прогрессивных песчаных волн.

Вторичные изменения песчаных волн при замедлении течения по предложению Бючера (45) носят название meta-ripples. Они отличаются асимметричностью.

Para-ripples. Этот термин предложен Бючером (45) для больших волноприбойных знаков, встреченных на многих известняках. Форма их изменчива — от вполне симметричной до резко асимметричной.

**3. Колебательные волноприбойные знаки.** Образование их связано с влиянием волн на рыхлые осадки. Отличительная особенность их: правильность и симметричность (см. рис. 23). Глубина развития волноприбойных знаков весьма различна, от зоны прилива и отлива до глубины 100 — 200 м.

Колебательные волноприбойные знаки неподвижны.

**4. Сложные формы волноприбойных знаков.** Языковидные знаки — лингоиды. Бючер предложил название linguoid своимобразным волноприбойным знакам, имеющим языковидную форму.

Ромбoidalные знаки. По форме напоминают ганоидные чешуи.

Интерференционные или перекрестные знаки образуются при действии на выработанные волноприбойные знаки течения, резко изменившего свое направление. Схема таких волноприбойных знаков дана на рис. 25. Они нередко напоминают многоугольники высыхания. Перекрестные

знаки иногда относят к *Problematica* и дают особые названия — *Batractoides*.

**Значение волноприбойных знаков для палеогеографии.** Твенхоффел дает следующую сводку данных по волноприбойным знакам:

1. Знаки большого поперечника, измеряющиеся футами, «*meta-ripples*» — сильно асимметричные, и «*raga-ripples*» — менее асимметричные, иногда симметричные.

Образуются только благодаря течениям большой скорости.

2. Асимметричные знаки небольшого поперечника, измеряющегося дюймами, указывают только на присутствие течений не большой скорости.

3. Симметричные, колебательные волноприбойные знаки простые или полигональные образуются при отсутствии течений

на дне бассейнов, обычно на небольших глубинах, но наблюдаются и на глубинах в 20 — 40 м, а в исключительных случаях и до 100 — 200 м.

4. Волноприбойные знаки отсутствуют на поверхности отложений в тех случаях, когда их не было и когда они не сохранились.

Волноприбойные знаки не образуются:

а. Когда течения или волны слишком слабы.

б. Когда осадок слишком груб или тонок.

в. Когда водоросли препятствуют однообразному, правильному движению воды.

Волноприбойные знаки не сохраняются, когда отсутствует быстрое покрывание их другими осадками.

Ряд цифровых данных, связанных с волноприбойными знаками, дан в работе Бючера (45).

### Различные знаки на поверхности осадков.

На морском берегу, в зоне прилива и отлива, на дне прибрежных лагун, луж и озер, на поверхности прибрежных дюн нередко наблюдаются самые разнообразные знаки. Их значение заключается в том, что многие из них связаны с зоной прилива и отлива и с прилегающими участками суши, и отсутствуют на более или менее значительных глубинах. Их нахождение в отложениях прошлого часто определяет условия образования этих отложений и поэтому представляет значительный интерес.

Наиболее распространенные виды знаков можно разбить на четыре группы:

1. Знаки, образующиеся выше уровня моря. 1. Многоугольники и трещины высыхания. 2. Впечатления от дождевых капель и града.

II. Знаки, образующиеся в зоне прилива и отлива. 3. Линии прибоя. (Swash mark.) 4. Струйчатые желобки. (Rill mark.)

III. Знаки, образующиеся глубже зоны отлива. 5. Следы от растущих растений. 6. Следы от плавающих предметов. 7. Знаки от ледяных кристаллов.

IV. Знаки, образующиеся в различных условиях. 8. Следы от движения и ползания. 9. Следы от поднимающихся пузырьков газов.

**1. Многоугольники и трещины высыхания.** Эти знаки весьма характерны и распространены. Наибольшего развития они достигают в пустынных областях. По берегам южных морей местами они также широко распространены. Размеры и толщина многоугольников зависят от состава и толщины высыхающего слоя, иногда трещины достигают глубины 1 — 1,5 м.

Промежутки между покоробившимися многоугольниками заполняются осадками, приносимыми ветром. Заполнение этих промежутков водными осадками почти не встречается, так как в воде многоугольники быстро размокают и прилипают к дну. Таким образом представить себе пласт, состоящий из многоугольников высыхания, сцепленных илистым или известковым цементом — невозможно. Подобного типа пластины обычно связаны с подводными оползнями.

**2. Впечатления от дождевых капель и града.** Полукруглые, вернее полусферические углубления, соответствующие величине капель дождя или градин. По их краям всегда образуется валик из вытесненного ила. Размеры углублений более или менее одинаковы.

Образуются при кратковременном падении дождя или града на поверхность полужидкого ила и последующем засыхании его. Встречаются не часто, но весьма характерны.

Несколько похожи на них следы от газовых пузырьков, поднимающиеся на поверхность ила, но отличаются отсутствием окаймляющего валика и значительно изменяющейся величиной отдельных углублений.

**3. Линии прибоя.** Когда волна разбивается о пологий песчаный берег, то тонкий слой воды (swash) в виде полукруга или плоской дуги высоко взбегает на берег, оставляя низкий валик, состоящий из тонкозернистого песка, листочков слюды, обрывков водорослей и мелких обломков ракушки. Этот валик и носит название «линия прибоя». Перекрывающие друг друга и пере-

крещивающиеся линии прибоя образуют на поверхности песка неправильную сеть линий или валиков, обращенных выпуклостью в сторону суши. Подобные образования описаны из верхнедевонских песчаников Северной Америки известным знатоком девонских отложений Кларком (Clarke, 52).

**4. Струйчатые желобки.** Эти желобки образуются на поверхности песчаных склонов, когда во время сбега волн обратно в море вода, проникшая в песок, выходит обратно и тонкими, сливающимися желобками стекает вниз. Сеть этих желобков и носит название «струйчатые желобки» (gill mark).

**5. Следы от растущих растений.** Во время движения, производимого волнами, водоросли, изгибаясь, передвигаются по дну моря. При этом движении, почти всегда кругообразном, они оставляют кругообразные бороздчатые следы. Эти следы очень похожи на те образования, которым дано название *Taonigrus* или *Spirophyton*.

**6. Следы от плавающих предметов.** Куски древесины, пемза, трупы животных, куски льда, передвигаясь волнами или приливом или отливом, нередко оставляют на морском дне следы в виде более или менее длинных, вытянутых в одном направлении борозд и углублений. Иногда эти борозды весьма напоминают ледниковые шрамы.

**7. Знаки от ледяных кристаллов.** Когда жидкый ил замерзает, под его поверхностью образуются прямые, узкие, удлиненные ледяные кристаллы, поднимающие верхнюю пленку ила. Образуется ряд прямых выступов, располагающихся в разном направлении и перекрещивающихся друг с другом. Иногда они располагаются радиально или в виде пучка (рис. 26). Подобные образования описаны из верхнемеловых песчаников Дакоты и Кларком (Clarke, 52) из верхнедевонских песчаников слоев Portage.

**8. Следы от беганья и ползания животных.** Разнообразие их также велико, как и разнообразие прибрежных животных, и для каждого периода они различны. Развиты они и выше зоны прибоя, и в зоне прилива и отлива, и в зоне прибрежного ила и песка ниже уровня моря. Все они отличаются правильностью и сохранением своего характера на всем пространстве движения животного.

**9. Следы от пузырьков газа.** Эти следы бывают двоякого рода. Прежде всего они проявляются на поверхности ила, где представляют полусферические углубления, как уже было выше сказано, очень похожие на углубления от дождевых капель. Иногда сохраняются ходы, образующиеся при поднимании пузырьков в газа. Эти ходы весьма напоминают ходы червей.

Следы от пузырьков газа чаще всего образуются выше зоны

прибоя, но могут возникать и в зоне прилива и отлива и даже ниже ее.

Следы от пузырьков газа описаны Твенхофелем (54).

### Конкреции.

Конкреция — это агрегат неорганического вещества шарообразной или другой формы, образовавшийся внутри ядра из его породы. Обычно присутствует то или иное ядро и более или менее ясна концентрическая структура.

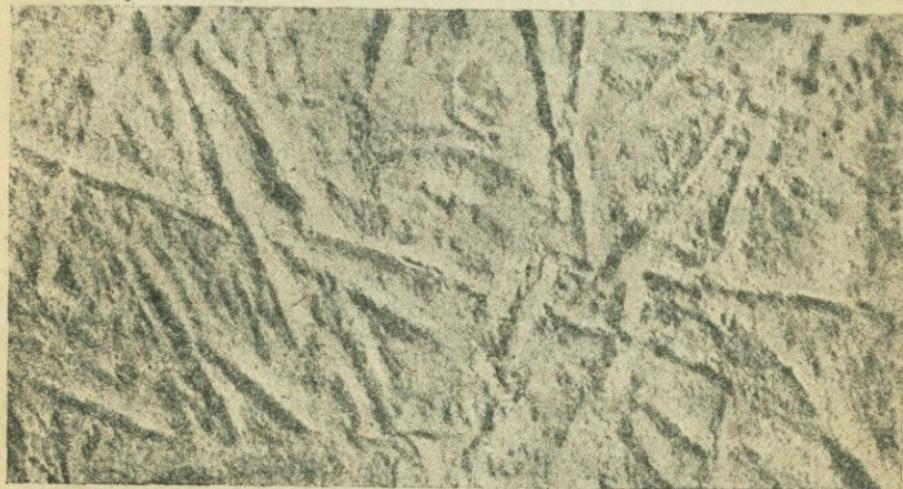


Рис. 26. Знаки от ледяных кристаллов. (Твенхофель, 2, фиг. 50.)

По своим типам и условиям образования konkреции весьма разнообразны. Классификация их не разработана.

**Состав.** Конкреции состоят из кальцита, кремнезема, окислов железа, сидерита, пирита и марказита, гипса, барита, арагонита, витерита, окислов марганца, фосфорнокислого кальция, полевого шпата и боксита. Наибольшим распространением пользуются первые пять.

**Форма.** Весьма разнообразна. Можно выделить три основных типа: 1) сферические, эллиптические или дискоидальные; 2) цилиндрические, и ветвистые, и 3) неправильные и пузыревидные.

**Размеры.** Наибольших размеров достигают в песчаниках сферические konkреции до 3 — 4 м в диаметре, и цилиндрические до 25 — 28 м длины.

**Внутреннее строение.** Преобладают концентрически слоистые или радиальные konkреции, но нередки неслоистые, представляющие однородную массу.

**Септарией.** Септарией называется обычно известковая конкреция, растрескавшаяся, с жилами или трещинами, заполненными кальцитом. Образование трещин не вполне ясно. Наиболее вероятно выделение воды, поглощенной при образовании конкреции.

**Жеоды.** Жеодой называется пустота, постепенно заполняющаяся материалом, оседающим по ее стенкам. По внешней форме жеода напоминает конкрецию, но резко отличается по процессу образования.

**Ядра конкреций** обычно состоят из окаменелостей, зерен песка, обломков пород, частиц кальцита и т. п. Иногда ядро незаметно, а иногда совершенно исчезает.

**Типы заключающих пород.** Наиболее часто конкреции встречаются в сланцах, песчаниках, известняках и углях. В различных типах пород преобладают определенные конкреции, напр. в песчаниках — из окислов железа, в известняках — кремнистые.

**Классификация.** Наиболее распространено подразделение конкреций на сингенетические и эпигенетические, т. е. одновременно образовавшиеся и после образовавшиеся. Сингенетические конкреции образовались одновременно с заключающей их породой. Эпигенетические образовались позже образования породы.

**Образование.** Установлено далеко не для всех типов конкреций.

В образовании сингенетических конкреций основную роль играет концентрация материала конкреции из раствора или коллоидального состояния вокруг какого-нибудь ядра. Таким образом объясняется образование большинства кремневых конкреций в известняках и кремневых конкреций в мелу.

Так называемые coal balls — угольные шары — это известняковые шары, заключенные в каменном угле. Образовались они за счет проникания кальцита в уголь из морской воды и концентрации его вокруг какого-нибудь ядра.

Среди современных сингенетических конкреций преобладают фосфоритовые, марганцевые, гематитовые, известняковые и баритовые.

Сингенетическими являются конкреции пирита и марказита в черных вонючих глинистых сланцах. Подобные конкреции образуются и сейчас на дне лиманов и заливов.

Эпигенетические конкреции наиболее распространены в песчаниках и обычно состоят из окислов железа.

Раньше было широко распространено мнение, что кремневые конкреции в известняках и мелу являются эпигенетическими и образовались за счет извлечения кремнезема из породы подзем-

ными водами и вторичного выделения внутри известняка. Однако работы Кокса, Дина и Готшалка (Cox, Dean, Gottshalk, 60) показали, что углекислый кальций в растворе в присутствии углекислоты вызывает быстрое выделение коллоидального кремнезема. Так как все подземные воды в районе известняков содержат в растворе углекислый кальций и углекислоту, то кремнезем, если даже и попадал к известнякам, должен был немедленно выделяться, а не входить в раствор. Подобные конкреции широко развиты в палеозойских известняках и мелу СССР, и мы должны смотреть на них как на сингенетические образования.

Значительно меньшим развитием пользуются механические конкреции, лучшим примером которых являются глиняные валуны.

Органическими конкрециями иногда называют шарообразные колонии кораллов, мшанок, строматопороидей и известковых водорослей, резко обособляющиеся от заключающей их породы.

До сих пор неясно образование ряда конкреций. Примером их могут служить конкреции известковистого песчаника с *Cadoceras Elatmae* в келловейской глине Центральной области. Они представляют шарообразные тела, диаметром до полуметра. Состоят они из скопления разнообразной ракуши хорошей сохранности, заключенной в цементе из серого известковистого песчаника. Многие конкреции имеют периферический концентрически слоистый слой, состоящий из того же песчаника, но совершенно лишенного фауны. Конкреции залегают в черной вонючей глине, совершенно лишенной органических остатков кроме ростров белемнитов, и заключающей массу шпритовых конкреций.

Эта глина представляет черный сероводородный ил, отлагавшийся на дне стоячей мелкой лагуны, совершенно лишенной движения воды. Каким же образом в массе этого ила могли концентрироваться довольно большие раковины и зерна кварца? Наиболее естественный ответ: благодаря взаимному притяжению и передвижению в коллоидальной жидкой массе ила.

Этот пример выдвигает в качестве нового фактора в образовании конкреций — взаимное притяжение частиц и обломков, находящихся во взвешенном состоянии в коллоидальной массе жидкого ила.

Нет никакого сомнения, что способы образования конкреций далеко еще не изучены, и дальнейшие исследования дадут новые открытия.

### Цвет отложений.

Окраска осадочных отложений может быть первичная — сингенетическая, или вторичная — эпигенетическая.

Большинство отложений должны быть белыми или черными — известняки, гипсы, соль, боксит, каолин, кварцевые песчаники,

уголь, вулканические туфы. Смешение этих тонов и дает преобладающую серую окраску.

**Черный и серый цвета** образуются, благодаря большему или меньшему содержанию углистых или вообще органических веществ, придающих темные и серые цвета известнякам, сланцам, песчаникам и другим породам.

Большое значение имеет также примесь зерен темных изверженных пород, туфов и минералов. Среди последних преобладают роговые обманки, биотит, авгит и магнетит.

Более редко темный цвет придают окислы железа (гидротроилит) и марганца.

**Зеленый цвет** связан главным образом с четырьмя группами минералов.

Первая группа, имеющая наибольшее значение, это некоторые силикаты: серпентин, хлориты, эпидот и близкие к ним.

Вторая группа — глауконит, широко распространенный силикат, придающий зеленую окраску ряду морских отложений: зеленому илу, зеленому песку и т. п.

Третья группа, придающая зеленоватый оттенок породам, актинолит, некоторые роговые обманки, уралит и бастит.

Четвертая группа — оливин и зерна оливина содержащих пород; они иногда на Гавайских островах встречаются в таком количестве, что придают песчаному пляжу оливково-зеленую окраску.

**Красный цвет.** Различные оттенки красного цвета широко распространены в осадочных отложениях, особенно наземных. Почти все они обязаны более или менее гидратизированным окислам железа. Эти окислы аморфны. Их можно разбить на две группы. Первая группа, объединяемая под названием гематиты, придает породам красный цвет. Вторая группа — лимониты — придает красновато-желтоватые цвета.

Этими соединениями окрашиваются самые разнообразные породы: известняки, кремнистые породы, песчаники, сланцы и т. д.

Некоторые песчаники окрашиваются в розоватые и красноватые тона благодаря примеси гранатов и красноватых полевых шпатов.

**Факторы, обусловливающие окраску наземных отложений,** нередко бывают весьма сложными и далеко не всегда понятными.

Для наземных отложений наибольшее значение имеют следующие факторы: а) природа материнской породы; б) условия, в которых эта порода разрушается; в) условия отложения осадка.

Наибольшее значение имеют климатические условия. В сухих,

жарких областях — типичных пустынях цвет материнских пород сохраняется почти без изменения. Преобладают светлые, но пестрые тона: белый, оранжевый, светло-серый, фиолетовый, зеленоватый и розовый.

В холодных влажных областях первичные цвета в общем сохраняются, но становятся более однообразными, сероватыми, а иногда и совершенно серыми и темными благодаря большой примеси углистых веществ.

В тропических и влажных областях общий результат тот же самый, хотя процесс резко различен. Интенсивность химических процессов ведет к распадению большинства минералов и выделению большого количества окислов железа. Однако обилие влаги ведет к тому, что эти окислы переходят в одноцветные серые и буроватые железистые бикарбонаты и сульфаты.

Максимальное развитие красные цвета получают в тропических областях, где влажные зимы чередуются с сухим летом. В этих районах красные земли и латериты, образующиеся в результате разрушения материнских пород, сохраняют свой химический состав и яркую красную и кирпичную окраску.

Подобное сезонное изменение климатических условий вызвало ярко красную окраску верхнепермских, татарских отложений, яркую кирпичную окраску нижнемеловых конгломератов Средней Азии и красные цвета древнего красного песчаника (*Old Red Sandstone*).

С другой стороны, юрские угленосные толщи ангарского материка образовывались в условиях однообразного влажного климата и отличаются серой и буроватой, нередко темной окраской.

**Факторы, обуславливающие окраску морских отложений.** Окраска морских отложений главным образом зависит от окраски того обломочного материала, который приносится реками с материка. По берегам Китая отлагаются желтые илы и пески благодаря желтому цвету лесса, в громадных количествах выносимого в море большими и многочисленными реками.

У устья Амазонки и вдоль большей части восточного побережья Южной Америки все морские отложения окрашены в красный цвет благодаря колossalным количествам латеритов и красных земель, выносимых в море реками.

Наиболее распространенным цветом, действительно связанным с первичными морскими осадками, будет зеленый, возникающий благодаря образованию больших масс глауконита.

Первичной красной окраской обладают некоторые известняки, напр. цефалоподовые — гониатитовые и аммонитовые, сравнительно глубоководные известняки. Здесь красный цвет связан с медленным окислением осадков.

**Вторичные факторы, влияющие на окраску пород.** Кроме вышеперечисленных основных факторов существует ряд других факторов, менее распространенных. К числу их относятся изменения в окраске, связанные с контактовыми воздействиями изверженных пород, особенно интрузий, затем изменения, связанные с минеральными источниками, подземными пожарами и т. п.

Суммируя, можно сказать, что определение причин той или другой окраски осадочных отложений — задача нередко сложная и трудная. Она требует от геолога учета самых разнообразных факторов, но прежде всего палеогеографии. Только палеогеографические построения дают ответ на многие вопросы, связанные с окраской осадков.

Настоящий очерк окраски осадочных отложений составлен по сводке Блэквелдера, помещенной в монографии Твенхоффеля (2).

### **Вторичные нарушения слоистости.**

Вторичные нарушения слоистости можно разбить на две группы: сингенетические нарушения и эпигенетические нарушения.

Сингенетические нарушения происходят во время образования осадков до их затвердения. Среди них в свою очередь можно выделить два типа: зависящие от подводных оползней и обусловленные давлением льда.

Подводные оползни представляют весьма распространенное явление, за последние годы привлекшее к себе большое внимание и обладающее большой литературой.

Подводные оползни образуются на дне морей, озер и лагун. Наиболее часто они происходят при уклонах морского дна от 10 до 15° и больше, но известны случаи оползней на дне озера с уклоном всего 2°26'.

Наиболее легко сползают илистые осадки, но иногда оползни увлекают и слои песка.

Размеры оползней весьма различны. На однообразном морском дне они могут достигать громадных размеров как в ширину, так и по направлению передвижения — в глубину. И в том, и в другом случае размеры могут достигать десятков километров.

Основным фактором в образовании оползня является нарушение равновесия илестых полужидких масс, отложившихся на наклонном морском дне. Эти нарушения нередко вызываются толчками от землетрясений, особенно подводных.

Лучшим доказательством грандиозности перемещений и изме-

нений рельефа морского дна могут служить изменения, которые наблюдались по берегам Японии во время последнего землетрясения.

При небольших размерах оползни захватывают толщу мощностью в несколько метров. Эта толща сползает и при сползании сминается в неправильные складки или раздробляется. Благодаря этому между нормально залегающими пластами образуется толща раздробленных или измятых глинисто-мергелистых пород.

При больших оползнях нарушения захватывают толщи в десятки и сотни метров, перемещая их на десятки километров по слабо наклоненной, иногда почти горизонтальной поверхности.

При этом получаются соотношения, весьма напоминающие те, которые обычно связывают с шарриажами, а именно:

1. Залегание более древних отложений на более молодых.
2. Перемещение мелководных фаций в глубоководные области.
3. Развитие местных несогласий.
4. Образование брекчий трения и зеркал скольжения.
5. Удвоение толщ и др.

Одно это перечисление показывает, насколько велико сходство между подводными оползнями и шарриажами, и заставляет пересмотреть ряд явлений, считавшихся ранее несомненными шарриажами.

Для более детального знакомства с подводными оползнями может служить литература, приведенная в указателе.

Давление льда вызывает ряд нарушений в еще не отвердевших, а иногда и в отвердевших отложениях на дне морей, озер, рек и на поверхности земли.

Такие нарушения нередко развиты в ледниковых глинах и на илистом и песчаном дне северных и полярных морей, рек и озер. Указания на них приведены в ряде работ (см. литературу).

## КЛАССИФИКАЦИЯ МОРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ.

Наиболее распространены две схемы классификации морских отложений. Первая схема составлена в 1891 г. Мэрреем и Ренаром (Murray and Renard, 69) в результате работ глубоководной океанографической экспедиции на корабле «Challenger», т. н. экспедиции Чэлленджера.

Экспедиция Чэлленджера — одна из крупнейших океанографических экспедиций, работавшая под руководством Мэррея в течение трех лет на морях всего света. Эта экспедиция дала исключительно важный и богатый материал.

Karta över pacifiskt och indiskt hav med  
indikationer om temperatur och osättning.

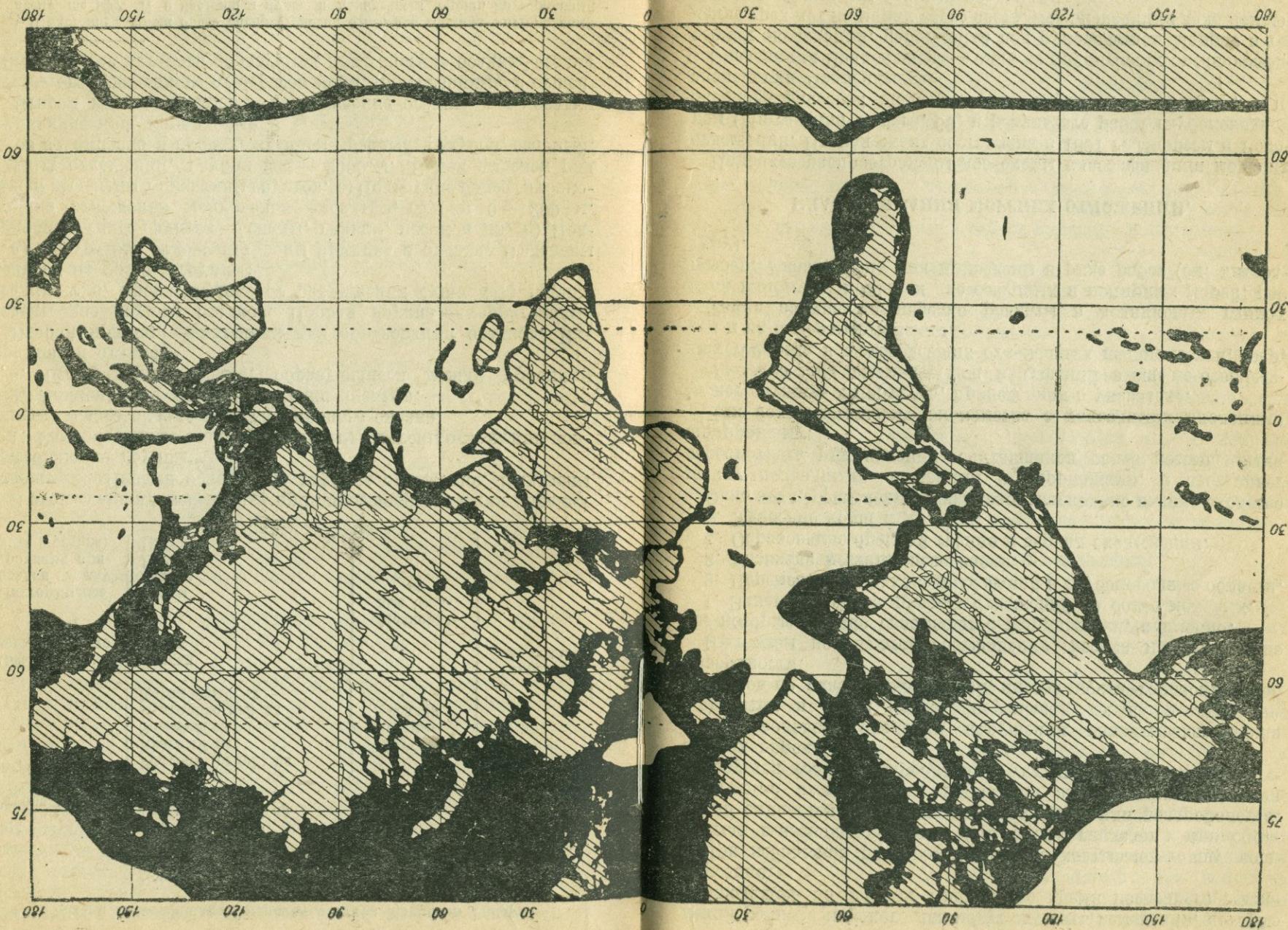
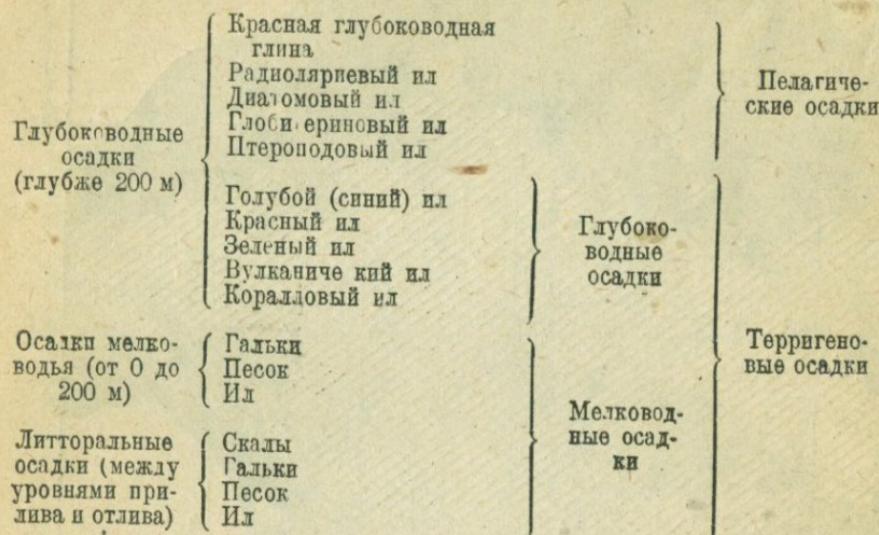


Схема классификации морских осадков Мэррея и Ренара



В этой схеме проведены два принципа подразделения морских отложений. Первый основан на глубине отложения. Выделены три большие группы:

1. Глубоководные осадки, к которым отнесены отложения континентального склона и ложа мирового океана.
2. Мелководные осадки — осадки шельфа.
3. Литторальные осадки, образующиеся между уровнями прилива и отлива.<sup>1</sup>

Второй принцип — источник для образования осадков. Выделены две группы осадков. Первая группа — терригеновые осадки, т. е. произошедшие от разрушения суши. Эта группа делится на три подгруппы:

а) Подгруппа отложений зоны прилива и отлива. Выделены основные типы грунтов — скалы, гальки, песок и ил. б) Подгруппа отложений мелководья — шельфа, глубин 0 — 200 м. В ней выделены те же типы грунтов. с) Подгруппа более глубоководных отложений, глубин 200 — 2000 м. В ней выделен ряд илов по окраске и происхождению: красный, голубой, зеленый, вулканический, коралловый.

Вторая группа осадков — пелагические осадки, т. е. осадки открытого, удаленного от берегов моря, не связанные с сушей. Материал, из которого образуются пелагические осадки, весьма

<sup>1</sup> В настоящее время более распространено отнесение термина литторальный к всему шельфу. И в настоящем курсе в дальнейшем термин литторальный будет обозначать всю совокупность осадков шельфа.

своеобразен и состоит: 1) из скелетных образований микроскопических животных, живущих на поверхности океана во взвешенном состоянии, так называемого планктона. Скелетные образования животных и растений, входящих в состав планктона, после их смерти опускаются на морское дно и скапливаются там в громадных количествах. Менее распространены скелетные образования позвоночных: зубы акул и слуховые косточки китов. Остальные кости все растворяются. 2) Из вулканического пепла и пыли. Большая часть вулканического пепла оседает вблизи вулканов, но некоторая часть уносится ветрами далеко в море. 3) Из космической пыли, т. е. микроскопических частиц, падающих на поверхность земли из межпланетного пространства. Количество их ничтожно и в терригеновых отложениях незаметно, но в пелагических осадках, вообще образующихся чрезвычайно медленно, они играют значительную роль.

#### Схема классификации морских осадков Крюммеля.

- A. Эпилофические осадки.
  - a. Известковые глубоководные илы.
    - 1. Глобигериновый ил.
    - 2. Птероподовый ил.
  - 1. Литторальные или прибрежные осадки.
    - a. Осадки штранда (пляжа).
    - b. Осадки шельфа.
  - 2. Гемипелагические осадки.
    - a. Синий и красный илы (включая и вулканический ил).
- b. Зеленый ил и зеленый песок.
- c. Известковый ил и песок.
- 3. Эупелагические осадки или удаленные от берега глубоководные отложения.
  - b. Кремистые глубоководные илы.
    - 1. Диатомовый ил.
  - B. Абиссальные осадки.
    - 1. Красная глубоководная глина.
    - 2. Радиоляриевый ил.

Крюммель—один из крупнейших океанографов. Схема, составленная им, помещена в учебнике океанографии, изданном в 1907 г. (9).

Термин «литторальный» применен им уже ко всей совокупности осадков шельфа. Осадки зоны прилива и отлива он называет осадками штранда. В русской литературе более распространен термин пляж, однозначный с штрандом.

Литторальные и гемипелагические осадки Крюммель делит по величине зерна на камни, гальки, песок и ил и по образованию—на обломочные (кластические), вулканические, биогенные (органические), гальмированные (химические) и ледниковые (глациальные).

Гемипелагические или полупелагические осадки соответствуют глубоководным терригеновым осадкам Мэррея и Ренара и являются осадками континентального склона.

Термин «эпилофический» предложен Крюммелем для абиссальных отложений, связанных с глубинами не выше 5000 м

и часто залегающих на поднятиях и гребнях в середине океанов. Название эупелагический обозначает собственно-пелагический в отличие от полуцелагических. Применение Крюммелем термина «гемипелагический» к осадкам континентального склона нерационально, так как они гораздо более связаны с сушей, чем с открытым, удаленным от берегов морем.

В дальнейшем изложении мы будем употреблять деление морских осадков на три группы:

#### A. Терригеновые осадки.

1. Литторальные осадки, или осадки шельфа. Глубины 0—200—400 м.

2. Батиальные осадки, или осадки континентального склона. Глубины 200—3000 м. Распространение терригеновых осадков показано на карте. (стр. 56—57).

#### B. Пелагические осадки.

3. Абиссальные осадки, или осадки ложа мирового океана. Глубины 2000—10 000 м.

Схемы Мэррея и Ренара и Крюммеля обладают крупным недостатком с точки зрения палеогеографии: недостаточно детальным расчленением литторальных отложений, наиболее распространенных в отложениях прошлого. Для устранения этого недостатка автором предложена следующая схема подразделения литторальных отложений:

##### I. Обломочные-терригеновые осадки.

1. Конгломераты и брекчии.
2. Пески.
3. Глины и илы.

##### II. Органические осадки.

1. Известковые осадки.
2. Кремнистые осадки.

##### III. Вулканические осадки.

1. Вулканические туфы и брекчи.

##### IV. Химические осадки.

##### 1. Известняки и доломиты.

2. Железные и марганцевые руды.

##### 3. Гидрокарбонаты и фосфаты.

##### V. Псевдабиссальные осадки.

1. Фрагментированные и птероподовые осадки.

##### 2. Радиоляриевые осадки.

##### VI. Осадки смешанного типа.

1. Ледниково-морские осадки.

##### 2. Эзувиморские осадки.

3. Обвалально-морские осадки.

### ЛИТТОРАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ.

Литторальные отложения связаны с областью шельфа, т. е. с глубинами от 0 до 200—400 м. Основной особенностью литторальных отложений является разнообразие фаций и богатство органическими остатками.

Характеристику типов распространения литторальных отложений смотри выше (стр. 13—34).

## Обломочные-терригеновые отложения.

Обломочные отложения или, как их передко называют, детритусовые отложения образуются за счет разрушения суши, что и является причиной того, что иногда их называют терригеновыми. Они являются наиболее распространенным типом морских отложений и весьма разнообразны. Наиболее распространена классификация их по величине зерна. Тулэ (Thoulet, 73) предложил следующую классификацию:

Галечник грубый, диаметр больше . . . . .	9 мм
»    средний     » . . . . .	9,0—4,5 мм
»    тонкий     » . . . . .	4,5—3,0 »
Песок грубый, диаметр . . . . .	3,0—0,89 »
»    средний     » . . . . .	0,89—0,39 »
»    тонкий     » . . . . .	0,39—0,26 »
»    очень тонкий, диаметр . . . . .	0,26—0,04 »
Ил, диаметр меньше . . . . .	0,04 мм

В пределах этих групп дальнейшее подразделение производится по минералогическому составу.

Галечники, пески и глины обычно постепенно переходят друг в друга; более редко встречается резкая смена сравнительно с небольшой переходной зоной.

**Конгломераты и брекчии.** Фация скал и камней. Начальной стадией разрушения суши и образования терригеновых отложений является скалистый берег. В современных морях скалистый берег довольно широко распространен. Наибольшим распространением он пользуется в зоне прибоя, но скалистое дно передко и на глубинах до 20—40 м, а в исключительных случаях и до глубин 200—400 м, как напр. на перегибе шельфа в континентальный склон у берегов Норвегии.

Фация скал тесно связана с фацией камней, представляющей дальнейшую стадию разрушения скал. Нередко их объединяют в одну фацию скал и камней.

Фация скал и камней характеризуется своеобразным биоценозом, изменяющимся в зависимости от глубины и главным образом от силы действия волн. На скалах и камнях, подверженных сильным ударам волн, органический мир почти отсутствует и представлен немногими прирастающими и плотно присасывающимися формами. Среди этих форм наибольшим развитием пользуются плотно прирастающие известковые водоросли *Lithothamnium* и не менее плотно присасывающиеся конусовидные *Patella*.

На той части скал и камней, которые хоть немного защищены от прямого удара волн, сейчас же появляются богатая и разнообразная фауна и флора. И для нее характерны прирастающие, присасывающиеся, всверливающиеся и прикрепляющиеся формы.

Среди присасывающихся форм характерна *Littorina*, среди подвешивающихся *Mytilus*, среди всверливающихся *Teredo*, *Pholas* и некоторые морские ежи.

В ископаемом состоянии фация скал и камней почти неизвестна, несмотря на то что в современных морях она довольно широко распространена. Несомненные примеры ее нередки для четвертичной эпохи, более редки для третичных отложений и почти неизвестны в более древних. В русской литературе нет ни одного примера палеозойских прибрежных или подводных скал и камней, хотя по берегам палеозойских морей скалы и камни были распространены так же широко, как и по берегам современных морей. Повидимому объясняется это тем, что мы еще не умеем искать ископаемые прибрежные скалы и камни, и когда видим их, то не узнаем. В значительной степени это зависит от того, что в ископаемом состоянии скалы и камни всегда перекрыты песками и глинами более позднего возраста, и геолог, когда видит их, то прежде всего обращает внимание на контакт более молодых и более древних пород, контакт всегда резко несогласный. Нет сомнения, что подобный контакт нередко принимают за тектнический, связывая с ним крупные нарушения.

Ископаемые фации скал и камней можно узнать по следующим признакам: 1. Обнаженная поверхность более древних пород. Нередко развита своеобразная корка выветривания и уплотнения. 2. Самый важный признак — прирастающие животные: устрицы, и другие иелециподы, ракообразные — *Balanus*, кораллы, строматопороиды и известковые водоросли. Прирастающих животных конечно нужно искать по контакту с более молодыми породами.

Фация конгломератов и брекчий. Конгломераты и брекчи в ископаемом состоянии, галечники и мелкие камни в современных морях являются следующей стадией разрушения скал и больших камней. Поэтому они обладают нередко рядом общих особенностей.

Прежде всего их сближает почти одинаковое распространение. Галечники и мелкие камни также развиты преимущественно в зоне прибоя, но, так же как и скалы, они нередко встречаются на глубинах от 0 до 60 м, более редко развиты на глубинах до 200 — 400 м и как исключение встречаются в глубинах 600 — 800 м.

Современные галечники и мелкие камни, а также ископаемые конгломераты, пуддинги и брекчи можно разбить на две большие группы — подвижные и неподвижные, напр. подвижные и неподвижные конгломераты.

Подвижные конгломераты и брекчи связаны с зоной сильного прибоя, где действие воли настолько сильно, что камни и гальки

непрерывно перекатываются. При перекатывании они ударяются друг о друга, перетираются, проходя все стадии от небольших остро угловатых камней, через угловатые валуны к круглой, вполне окатанной гальке, постепенно все более и более уменьшающейся в диаметре.

Изучение петрографического состава галек показало, что в состав современных скоплений галек нередко входят такие породы, которые совершенно отсутствуют в прибрежной полосе. Объясняется это тем, что галечники, а иногда и валуны образуются не только за счет разрушения берега, но и за счет выноса реками. Особенно велико количество выносимых гальки и камней вдоль гористых берегов с хорошо развитой речной системой. Горные реки выносят в море колоссальные массы валунов и галек. В таких областях главная масса конгломератов обвязана своим происхождением выносом реками.

Там, где реки отсутствуют, или очень медленны, галечники и брекчии образуются за счет разрушения прибоем скал и камней и непосредственно к ним примыкают, очень редко передвигаясь на более значительное расстояние.

Такие конгломераты и брекчии распространены спорадически, с большими перерывами, на отдельных, сравнительно небольших площадях. Только галечники, связанные с выносами рек, тянутся вдоль гористого берега иногда на очень большие расстояния. Но это бывает редко, и как общее правило протяженность площадей развития конгломератов и брекчий небольшая и отдельные площади отделены друг от друга иногда большими перерывами.

Поэтому конгломераты не могут служить хорошим опорным горизонтом, прослеживающимся на более или менее значительное расстояние.

*Неподвижные или затопленные конгломераты и брекчии* залегают на различных глубинах от 20 — 40 м и до 200 — 400 м. Они представляют скопление окатанных или неокатанных валунов и галек, неподвижно лежащих на морском дне, занимая сравнительно небольшие площади. Пространство между гальками заполнено песчаным или глинистым цементом.

Неподвижные конгломераты нередко заключают богатую и разнообразную фауну. Поверхность галек и валунов представляет исключительные удобства для прирастающих и прикрепляющихся форм кишечнополостных, пелеципод, брахиопод, мшанок, крионидей и т. п., размножающихся в больших количествах. В песке и глине между валунами селятся разнообразные пелециподы, гастроподы, черви и др. По поверхности ползают не менее разнообразные и многочисленные гастроподы, морские ежи и морские звезды.

По своему происхождению затопленные конгломераты и брекчики связаны с деятельностью сильных донных течений, или вымывающих гальки из нижележащих пород, или предохраняющих гальки от занесения песчано-глинистыми частицами. Соответственно можно выделить три типа неподвижных конгломератов:

1. Конгломераты и брекчики вымывания.
2. Конгломераты и брекчики затопления.
3. Конгломераты и брекчики обваливания.

Конгломераты и брекчики вымывания связаны с деятельностью течений или более редко волн, размывающих морское дно и уносящих все мелковернистые частицы. Наиболее хорошо изученным примером относительно глубоководных скоплений галек и камней является перегиб шельфа в континентальный склон у берегов Норвегии. По данным Нансена (Nansen, 12) на глубинах от 200 до 400 м на перегибе развиты зоны распространения камней и гальки, достигающие довольно значительных размеров.

Конгломераты и брекчики затопления связаны с быстрым опусканием участков суши и одновременным развитием сильных течений. Скопления затопленных галек образуются нередко за счет действия ледников, представляя морены или флювио-глациальные отложения. Часто же такие скопления представляют опустившийся и затопленный подвижный конгломерат, образовавшийся в зоне прибоя. У первого типа затопленных конгломератов валуны менее окатаны, нередко угловатые, и сама порода скорее напоминает брекчию, а не конгломерат. У второго типа наоборот гальки хорошо окатаны, округленные или плоские.

Конгломераты и брекчики обваливания образуются у крутых, скалистых и гористых берегов, круто обрывающихся и под краем углом уходящих на большие глубины. В результате осьпей, обвалов, деятельности прибоя и выноса реками в прибрежной зоне накапливаются большие массы угловатых обломков или более или менее окатанных галек. Благодаря крутому уклону дна, сильному действию волн и сильным течениям валуны, камни и галька скатываются, обваливаются, переносятся на большие глубины до 200 — 300 м. Пример таких неподвижных конгломератов детально описан Тулэ (Thoulet, 73) у берегов Лионского залива, там где Пиренеи круто и внезапно обрываются в Средиземное море, сразу уходя на большие глубины. У мыса Крэ песок с камнями и галькой распространяется на глубины выше 200 м, занимая значительную площадь. Углы падения склона морского дна в верхней части достигают  $26^{\circ}$ , на больших глубинах до  $3^{\circ}$ . Здесь конгломерато-брекчиевая порода накапливается под естественным углом падения от 3 до  $25^{\circ}$  без всякого тектонического нарушения.

Подобные первичные, не тектонические углы падения конгло-

мератов и брекчий, достигающие до 20 — 25°, встречаются нередко и представляют важное явление, с которым всегда приходится считаться при изучении условий образования ископаемых конгломератов и брекчий.

Неподвижные (затопленные) конгломераты нередки в современных морях и также нередки в отложениях прошлого. Часто они залегают в толще морских отложений, образуя так называемые интраформационные конгломераты.

В литературе подобные конгломераты описывались неоднократно. Широко развиты они и в пределах СССР. Как пример можно привести верхнедевонские отложения среднерусской платформы. В толще зеленовато-серых мергелей и глин с богатой и разнообразной морской фауной встречаются прослои плоских окатанных галек тех же мергелей; на поверхности галек видны прирастающие пелециподы *Limanomys*, колонии табулят, одиночные кораллы, основания стеблей морских лилий, прирастающие брахиоподы *Productus* (*Irboskites*) и т. д. Эти галечники являются типичным примером конгломератов вымывания.

Хорошим примером конгломератов затопления могут служить верхневизейские конгломераты района Алапаевска на восточном склоне Среднего Урала, описанные Л. С. Либровичем. Довольно значительная толща конгломератов состоит из хорошо окатанной округленной гальки, иногда довольно больших размеров. В известково-глинистом цементе масса разнообразных брахиопод и кораллов.

Литологический состав конгломератов и брекчий. Литологический состав конгломератов и брекчий зависит от условий их образования. Выделяются два типа: простые, или однородные конгломераты и сложные, или полимиктовые конгломераты.

Простые конгломераты характеризуются однородной галькой, состоящей из одной породы. Наиболее часто встречаются кварцевые конгломераты, нередки также гранитовые и кремневые. Более редки известняковые конгломераты с известняковой галькой и известковым цементом.

Простые конгломераты образуются при разрушении прибоем берега, сложенного однородными породами — гранитами, мелом с кремневыми конкрециями, известняками и т. п.

Полимиктовые конгломераты отличаются галькой разнообразного состава. В современных полимиктовых галечниках нередко преобладает галька пород, совершенно отсутствующих на морском побережье. Такие конгломераты образуются из галек, принесенных реками, и не связаны с побережьем.

Характерные особенности конгломератов и брекчий. При изучении конгломератов и брекчий

первый вопрос — это их происхождение, образование. Прежде всего приходится решать, какие это конгломераты, морские, или лагунные, или пресноводные, или наземные.

Характерные признаки морских конгломератов:

1. Залегание среди морских отложений.
2. Залегание в основании или вверху морских отложений.
3. Нахождение морской фауны в цементе или приросшей к поверхности галек.

Следующим вопросом возникает тот, что представляет собою данный конгломерат: подвижный конгломерат, связанный с зоной прибоя, или неподвижный, образовавшийся на более или менее значительной глубине.

Характерные признаки подвижного конгломерата:

1. Хорошо окатанная галька, более или менее одинаковых размеров.
2. Небольшое количество цемента.
3. Отсутствие фауны как в цементе, так и на поверхности галек.

Характерные признаки неподвижного конгломерата:

1. Нахождение морской фауны в цементе и на поверхности галек.
2. Галька и валуны различных размеров, нередко плохо окатанные или даже совсем не окатанные.
3. Большое количество цемента, обычно преобладающего над галькой.

Среди неподвижных конгломератов нередко бывает возможно выделение конгломератов вымывания, конгломератов затопления и конгломератов обваливания.

Характерные признаки конгломератов вымывания:

1. Однородная галька, более или менее одинаковой величины, обычно приплюснутая.
2. Хорошая окатанность.
3. Тождество состава гальки с составом включающей гальку толщи.

Характерные признаки конгломератов затопления:

1. Полимиктовая — разнородная галька, различной величины, округленная.
2. Окатанная или угловатая галька, иногда валуны.
3. Состав породы галек резко отличается от состава включающей породы.

Характерные признаки конгломератов обваливания:

1. Разнородная галька, различной величины.
2. Преобладание плохо окатанных, нередко остро угловатых обломков.
3. Состав пород галек резко отличается от состава включающей породы.

Обоснение конгломератов затопления от конгломератов обваливания в некоторых случаях представляет большие затруднения.

Своеборзным типом конгломератов являются химические конгломераты, примером которых являются фосфориты и конкреции бурого железняка (чечевичные слои нижнего силура). Эти конгломераты образовались в результате химических процессов и резко отличаются от нормальных обломочных конгломератов.

Химические конгломераты описаны ниже. Здесь можно отметить лишь то, что по условиям образования они близки к неподвижным конгломератам и резко отличаются от подвижных конгломератов зоны прибоя.

Геологическое распространение и примеры. Морские конгломераты и брекции встречаются во всех системах, начиная с докембрия и доныне.

Можно отметить массовое развитие конгломератов в эпохи горообразовательных процессов. Причинами этого являлись:

- 1) быстрые и значительные колебания береговой линии;
- 2) поднятие новых хребтов, образование молодых, мощных речных систем и соответственно вынос в море громадного количества галек и валунов.

Остановимся теперь на некоторых наиболее интересных и важных примерах конгломератов прошлого.

*Спарагмит* (sparagmite — обломок). Брекчевидный конгломерат. Кристаллические сланцы Норвегии.

*Кусинский конгломерат*. Мощный линзовидный пласт полимиктового конгломерата, залегающий в силурийских отложениях центральной части Южного Урала, к западу от Златоуста. Галька гранитов, кварцитов, кристаллических сланцев и мраморов в глинисто-серпитовом цементе.

*Беррукано, вегисапо*. Пермские отложения Восточных Альп. Полимиктовый конгломерат с кварцевой и порфировой галькой, местами превращенный в очковый гнейс.

*Артинские конгломераты*. Нижнепермские конгломераты западного склона Урала, образовавшиеся от размывания реками поднимавшихся горных цепей Урала. Весьма различной мощности, местами в несколько сот метров, быстро изменяющиеся по мощности и по простирации. Галька разнообразных пород центральной зоны Урала. Более редка галька пород, к которым непосредственно примыкают артинские отложения.

*Конгломераты Гильс — Hils Konglomerat*. Нижний мел Германии. Рыхлый конгломерат, постепенно переходящий в песчаник — Hilssandstein и глину Hilstone. Галька из юрских известняков. Рыхлый известковистый цемент содержит богатую фауну. Пример затопленного конгломерата.

*Туртия — Tourtia*. Низы сеномана Германии и Бель-

гии. Более или менее конгломератовые пески и мергеля с *Pecten*, *Ostrea*, морскими ежами. Местами переходят в раковинную брекчию, выполняющую карманы в сиенитах. Прибрежные образования.

*Nagelfluh* — *Nagelfluh*. Третичные конгломераты северной окраины Альп. По условиям образования аналогичны артинским песчаникам. Возникли одновременно и коррелятивно с поднятием Альп. Местами представляют результаты разрушения берега — *Kalknagelfluh* — с известковой галькой и цементом; местами представляют типичные полимиктовые конгломераты — *bunte Nagelfluh*, возникшие в результате накопления выносов горных рек в море.

**Пески и песчаники.** Пески образуются как дальнейшая стадия разрушения конгломератов и брекчий и обычно тесно связаны с ними постепенными переходами.

**Литологический состав.** Песком называется порода, состоящая из зерен определенной величины. Размеры этих зерен различными исследователями принимаются различно: напр. Твенхофель (2) принимает размеры от 2 мм до 0,06 мм, Тулэ от 3 мм до 0,04 мм. Различны и схемы подразделения песков. В таблице мы даем схемы Твенхофеля и Тулэ.

#### Схема подразделения песков.

Твенхофф		Тулэ	
Очень грубозернистый песок . . . . .	2—1 мм	Грубозернистый песок . . . . .	3—0,9 мм
Грубозернистый песок . . . . .	1—0,5 мм	Среднезернистый песок . . . . .	0,9—0,4 мм
Среднезернистый песок . . . . .	0,5—0,25 мм	Тонкозернистый песок . . . . .	0,4—0,26 мм
Тонкозернистый песок . . . . .	0,25—0,125 мм	Очень тонкозернистый песок . . . . .	0,26—0,04 мм
Очень тонкозернистый песок . . . . .	0,125—0,063 мм		

Затем пески подразделяются по составу цемента на:

1. Кремнеземистые — кварцевые пески.
2. Глинистые пески.
3. Известковистые пески.
4. Железистые пески.

Все эти разновидности широко развиты и в морских отложениях.

Не менее распространено деление песков и по составу зерен. Выделяют следующие типы песков:

1. Кварцевый песок.
2. Известковый песок.
3. Зеленый, или глауконитовый песок.
4. Вулканические пески.
5. Аркозовые пески.
6. Граувакковые пески.
7. Минеральные пески: гранатовые, магнетитовые, монацитовые, вольфрамитовые, ливиновые.

К обломочным морским пескам относятся только кварцевый песок и в сущности говоря его разновидности: различные минеральные пески, характеризующиеся большей или меньшей примесью зерен различных минералов.

Известковые пески будут рассмотрены вместе с известняками, глауконитовые пески вместе с химическими осадками, вулканические и граувакковые пески вместе с вулканическими осадками. Аркозовые пески связаны исключительно с наземными отложениями и в морских отложениях неизвестны.

**Условия образования песков.** Основным фактором образования песков является скорость движения воды. По данным Твенхофеля (2) она должна колебаться в пределах от 0,26 до 0,34 м сек.

Такой скоростью движения обладают волны, течения и более редко приливные и отливные волны.

Соответственно пески образуются: 1) в прибрежной полосе, 2) на более или менее значительных глубинах, иногда вдали от берега, в области развития сильных донных течений, 3) в узких заливах с большими приливными и отливными волнами.

**Прибрежные пески.** Прибрежные пески развиты в виде узкой полосы, тянущейся вдоль берега и изредка прерывающейся участками, занятymi скалами, галечниками или илами.

Ширина полосы песка весьма различна. Обычно она не превышает нескольких километров. Местами же, в областях пологого морского дна и сильного прибоя она достигает ширины во много десятков километров. С другой стороны, в замкнутых бухтах и лиманах нередко ширина зоны песка измеряется несколькими десятками метров, а иногда совершенно отсутствует.

**Глубина распространения** прибрежной зоны песков также резко изменяется в зависимости от характера берега и развития береговых течений.

В условиях нормального морского берега глубина распространения песка невелика, обычно от 15 до 20 м и реже доходит до 28 м. Вдоль скалистого, крутого, обрывистого берега глубина

непрерывного распространения песков значительно больше. Так напр. у берегов Средиземного моря в области Пиреней песок с камнями и галькой, по данным Тулэ (73), распространяется, начиная от зоны прибоя и непрерывно до глубин выше 200 м. Наоборот, по берегам изолированных участков моря с очень небольшим прибоем глубина распространения песка около 1—2 м, а иногда песок отсутствует совершенно.

Мощность прибрежных песков весьма различна, но обычно небольшая, не превышающая нескольких десятков метров, особенно в тех районах, где песок образуется за счет разрушения берега. В тех же случаях, когда песок образуется за счет выноса реками, его мощность может измеряться сотнями метров, напр. артинские песчаники Урала.

Источники материала для образования песков те же, что и для конгломератов, а именно:

1. Продукты абразии — разрушения суши морем.
2. Продукты денудации — разрушения суши реками.

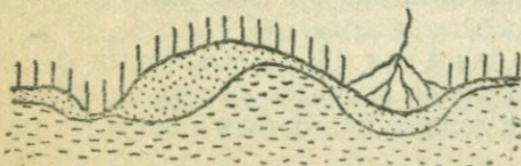


Рис. 27. Схема распространения денудационных песков.

Количество абразионных песков значительно меньше количества денудационных песков. Они достигают меньшей мощности (до десятков метров) и занимают меньшую площадь, вытянутую в виде узкой полосы вдоль

берега. Состав их отличается однородностью и нередким развитием определенных минералов. Напр. у берегов островов Гаити, в области развития оливиновых лав, песок песчаного пляжа отличается темным зеленоватым цветом от большого количества в песке зерен оливина. Подобного же происхождения гранатовые пески, магнетитовые пески и т. п.

Денудационные морские пески образуются за счет выноса рек. Но эти выносы перемыты и рассортированы морем, заключают в себе морскую фауну и являются типичными морскими осадками. Мощность денудационных песков, как уже было сказано, значительно больше мощности абразионных. Нередко она измеряется сотнями метров. Значительно больше и площадь их распространения. Ширина ее измеряется не километрами, а десятками километров. Иногда денудационные пески отлагаются у речной дельты, непосредственно с ней связываясь, но иногда отлагаются на некотором удалении от дельты благодаря переносу прибоем и течениями. Подобные случаи наблюдаются по берегам Лионского залива и схематически изображены на рис. 27.

Материал денудационных песков отличается резким преобла-

данием кварцевых зерен как наиболее устойчивых и трудно разрушающихся. Зерна других минералов очень редки, но гораздо более разнообразны, чем у абразионных песков.

*Подразделения зоны прибрежных песков.* Зону прибрежных песков можно подразделить на три субзоны (подзоны):

1. Субзона подводных песков.

2. » песков прибоя.

3. » песков побережья.

Субзона подводных песков никогда не обнажается морем. Ближе к берегу пески слабо подвижны, дальше от берега почти неподвижны. Благодаря неподвижности пески заселены богатыми и разнообразными фауной и флорой. Среди животных преобладают более или менее глубоко зарывающиеся формы, напр. пелепиподы *Mya*, *Venus* и другие, брахиоподы — *Lingula*, *Obolus*, морские ежи, черви, ракообразные и т. п. Большим развитием пользуются плоские формы, почти не захватывающие движением волн, напр. морские ежи *Clypeaster* и *Scutella*.

Субзона прибоя то затапливается, то обнажается. Ее характерная особенность — постоянное движение песков, что хорошо видно на каждом песчаном пляже. Песчинки непрерывно движутся то вверх, то вниз по пляжу. Движение зависит от размеров волн и иногда захватывает довольно значительный слой песка. Благодаря этому фауна и флора отсутствуют, и пески субзоны прибоя отличаются своей безжизненностью. Только изредка встречаются отдельные раковины и их обломки.

Субзона песков побережья никогда не затапливается морем. Только ее наиболее низкая часть захватывается отдельными волнами во время сильных бурь и штормов. Фауна и флора песков побережья весьма своеобразны и состоят из смеси морских и наземных форм, причем преобладают морские. В большом количестве наблюдаются следы разнообразных животных и следы движения воды. Остатки морской фауны отличаются разнообразием степени сохранности. Преобладают обломки, перебитая и окатанная ракуша, но местами наблюдаются скопления раковин хорошей сохранности, иногда с двумя створками. Характерны скопления остатков наземных растений и водорослей, иногда достигающие значительных размеров, но всегда перемешанные с песком.

*Береговые валы: прибойные валы и штурмовые валы.* Для субзоны песков побережья характерно развитие береговых валов, делящихся на валы прибоя *Strandwall* и валы сильных бурь — штормов — *Sturmwall*. Эти валы достигают сравнительно небольшой высоты, но значительной длины. Они представляют скопления перемытой и битой ракушки, остатков растений, костей животных, отдельных галек, грубозер-

нистого песка и обычного среднезернистого песка. Эти скопления образуются в результате выбросов наиболее сильных волн, не смывающихся обычными более слабыми волнами. Схема расположения береговых валов дана на рис. 28.

Ископаемые береговые валы имеют большое значение для определения положения береговой линии и должны тщательно отмечаться.

Пески всех трех субзон — затопленной, прибоя и побережья постепенно переходят друг в друга и обладают одинаковым характером зерен песка. В ископаемом состоянии они представляют единую, непрерывную литологически однообразную толщу. Во время геологических исследований такие толщи обычно рассматриваются как нечто однородное и образовавшееся в однородных условиях. На самом деле в этих толщах мы встречаем отложения

моря, отложения прибоя и наконец типичные наземные отложения.

Примером таких песчаных толщ могут служить верхнекембрийские песчаники окрестностей Ленинграда. В их основании залегают песчаники, нередко



Рис. 28. Схема расположения береговых валов.

диагонально слоистые, со скоплениями битой ракуши, обломков раковин *Obolus* — зона побережья. Выше идет зона правильно слоистых немых песчаников — отложения зоны прибоя. Разрез заканчивается либо правильно, либо диагонально слоистыми песками с хорошо сохранившимися раковинами *Obolus*, иногда в прижизненном положении. Эти пески вверху переслаиваются с глинистыми дикционемовыми сланцами и представляют отложения затопленной неподвижной субзоны, где пески уже начинают чередоваться с илами.

Глубинные пески. Распространение. Глубинные пески развиты в виде отдельных площадей, обычно вытянутых вдоль берега и чередующихся с площадями илистых песков и илов.

Форма и размеры этих площадей зависят от размеров и силы донных течений, благодаря деятельности которых и образуются глубинные пески, и весьма различны. Иногда они представляют обособленные участки и полосы, со всех сторон окруженные илом; иногда они сливаются с прибрежными песками и тогда почти не отличимы от них. Размеры площадей весьма различны, начиная от узких полос шириной в несколько сот метров и длиной в несколько километров и кончая громадными площадями. Напр. у берегов Атлантического океана во Франции, у подножья Пиреней ширина зоны песка достигает 10 км, у Аркашона —

20 км и у устья Гаронны — 120 км, доходя до глубины 50 м. Пески нередко переслаиваются с мелкой галькой. У берегов Туниса ширина зоны песка достигает 200 км. Громадные площади песок занимает на поверхности банок Северного моря, напр. на поверхности Доггер-банки, а также и на поверхности Ньюфаундлендской банки.

Различны и глубины распространения песка. Наиболее часты глубины в несколько десятков метров, но встречаются глубины в 100—200 м и в исключительных случаях, напр. у края шельфа Норвегии и на гребне Томсона, до 600—800 м.

Мощность глубинных песков небольшая, от нескольких метров до немногих десятков метров. Они всегда отличаются правильной слоистостью и нередко тонкозернистостью.

Глубинные пески образуются: 1) за счет вымывания ранее отложившихся осадков и 2) в результате уноса всех осаждающихся тонкозернистых илистых частиц. В первом случае в песках нередко встречаются гальки и валуны, и состав зерен песка неоднороден. Во втором случае пески однородны и тонкозернисты. Обособление этих двух типов в ископаемом состоянии предста- вляет большие затруднения и не всегда возможно.

**Фауна.** Глубинные пески всегда содержат богатую и разнообразную фауну, нередко хорошей сохранности. Среди этой фауны преобладают зарывающиеся, прирастающие и прикрепляющиеся, а иногда и всверливающиеся формы. Эта особенность вызывается движениями воды, производимыми течениями, нередко очень сильными. Иногда общий облик и состав фауны очень близок к облику и составу фауны побережья. Таким образом получается интересное и для палеогеографических построений очень важное обстоятельство, что фауна песков на глубине нескольких метров очень близка, почти тождественна с фауной песков, образовавшихся на глубинах многих десятков метров, а иногда и выше сотни метров. Примером этого может служить фауна некоторых фосфоритов, переслаивающихся с глауконитовым песком. Среди этой фауны наблюдались всверливающиеся и прирастающие формы. Это объяснялось как признак мелководности осадка, но на самом деле связано с деятельностью течений на значительной глубине.

**Характерные особенности песков.** И при изучении ископаемых песков прежде всего возникает вопрос, с какими песками, песчаниками или кварцитами мы имеем дело: с морскими, или с лагунными, или с континентальными?

Характерные признаки морских песков:

1. Залегание среди морских отложений.
2. Нахождение морской фауны.

Все остальные признаки: диагональная слоистость, степень

окатанности зерен, их однородность одинаково встречаются как в морских песках, так в лагунных и континентальных.

Следующий вопрос такой же, как у конгломератов, предста-  
вляет ли данный песок или песчаник отложение прибрежной  
зоны или глубинной?

Характерные признаки прибрежного песка:

1. Толстостенная ракуша.
2. Нахождение специфических прибрежных форм.
3. Наличие скоплений битой, окатанной ракуши.
4. Широкое развитие диагональной слоистости.
5. Большая мощность наблюдается только у прибрежных песков.

Характерные признаки глубинного неподвижного песка:

1. Тонкостенная ракуша.

2. Специфические глубоководные формы.

3. Преобладание правильной, однообразной слоистости.

4. Небольшая мощность. Нужно помнить, что небольшая мощ-  
ность наблюдается и у прибрежных песков.

Среди прибрежных песков нередко важно выделение песков  
прибоя и песков побережья.

Характерные признаки песков субзоны прибоя:

1. Почти полное отсутствие фауны или нахождение редких  
обломков.

2. Отсутствие илистых прослойков.

3. Небольшая мощность.

Характерные признаки песков субзоны побережья, отложив-  
шихся выше уровня прибоя на суше:

1. Наличие скоплений битой и окатанной ракуши и расти-  
тельный остатков, ископаемых береговых валов.

2. Эоловая диагональная слоистость.

3. Присутствие илистых прослойков.

4. Отсутствие известковистости или слабая известковистость.

Последний признак преимущественно наблюдается у песков  
побережья, так же как и у всех наземных песков. Но в отдельных  
случаях и глубинные пески не известковисты и, наоборот, назем-  
ные пески известковисты.

Геологическое распространение и при-  
меры. Пески и песчаники также, как и все терригеновые  
осадки, наибольшим развитием пользуются в отложениях пе-  
риодов проявления горообразовательных процессов. В эти же  
периоды они достигают максимальной мощности, во много сотен  
метров, а в исключительных случаях и 1—2 км. Это объясняется  
тем, что в периоды горообразования береговая линия крайне не-  
устойчива, следовательно значительно усиливается абразия. За-  
тем в эти же периоды достигает максимума и денудация, особенно  
вынос материалов денудации в море.

Интересно также значительное развитие песков в бассейнах определенного типа и в частности в морях - проливах. Примером может служить юрское море среднерусской платформы, представлявшее широкое, мелководное море, соединявшее Северный океан с Тетисом. В таких бассейнах - проливах значительным развитием пользуются течения, нередко достигающие большой силы. Соответственно велико и распространение песков, в частности глубинных.

Прибрежные пески являются важным фактором для установления положения береговой линии. Для этой цели они более важны, чем конгломераты, так как они значительно более распространены. Особенно важны пески прибоя и береговые валы.

Примеры ископаемых песков и песчаников бесчисленны и разнообразны. Остановимся только на некоторых, наиболее интересных.

*Эофитоновый песчаник.* Нижний кембрий. Типичный песчаний пляж с отпечатками медуз, ходами червей и т. п. В окрестностях Ленинграда эофитоновый пляж образуется в результате отступания моря.

*Фукоидный и унгулитовый песчаник.* Верхний кембрий. Наоборот, начало морской трансгрессии. Сначала пески побережья с береговыми валами, затем пески прибоя и наконец пески глубинные.

*Билюбитовый песчаник.* Нижний силур. Пляж со следами ползания червей и трилобитов.

*Спириферовый песчаник.* Нижний девон. Широко распространенная фауна. Богатая и разнообразная фауна из больших, тонкостенных форм хорошей сохранности указывает на образование некоторых разновидностей спириферового песчаника на некоторой глубине. Другие же разновидности содержат битую ракушу и связаны с зоной прибоя. Весь комплекс спириферового песчаника достигает очень большой мощности и является примером полного комплекса субзон прибрежной, песчаной полосы.

*Жерновой песчаник.* Millstone grit. Средний карбон Англии. Является переходом от песков побережья к наземным пескам.

*Артинские песчаники.* Толща слоистых песчаников с прослойми сланцев, известняков и конгломератов образовалась в результате разрушения поднимавшегося Уральского хребта. Отложилась в море у его подножья. Достигает громадной мощности до 3,5 км. На некотором расстоянии от Урала исчезает совершенно. Условия образования различны, но преобладают глубинные песчаники верхней части шельфа с глубинами до 40—60 м.

*Квадерный песчаник.* Верхний мел Саксонии. Значительная толща толстослоистых песчаников с характерной кубической (квадратной) отдельностью. Прослои глинистых сланцев. Морская фауна указывает на образование в прибрежной зоне.

**Молассы.** Нижние молассы — олигоцен окраин Альп. Громадная толща характерных мергелистых песчаников, песков и глин, мощностью до 600 м. Начинаясь у Альп, протягиваются вдоль Карпат и продолжаются в Закавказье. Вся толща представляет характерный комплекс прибрежных отложений, связанных с разрушением молодых возникающих гор, в строении которых большую роль играют известняки.

**Масиньо.** Macigno. Третичные отложения Италии. Мергелистые песчаники, аналогичные молассам.

**Флиш.** Громадная толща чрезвычайно тонкозернистых, слоистых отложений. Верхняя часть сложена тонкозернистыми песчаниками. Фауна почти совершенно отсутствует. Условия образования неясны. Одни исследователи считают флиш глубоководными отложениями батиальной зоны. Другие наоборот — мелководными, отчасти наземными, дельтовыми.

**Танетские пески.** Палеоцен Англии. Глубинные пески, связанные с глубокими областями шельфа, на что указывает характер фауны, состоящей из тонкостенных, богато украшенных гастропод и пелеципод.

**Харьковские пески.** Олигоцен Украины. Другой типичный пример сравнительно глубоководных песков. Небольшая мощность. В состав входит довольно большое количество зерен глауконита. На глубоководность указывает характер фауны, ее родовой состав, преобладание тонкостенных форм, присутствие глубоководных одиночных кораллов и т. п.

**Нуммулитовые песчаники.** Эоцен Средиземноморской области. Грубозернистые пески с неправильными скоплениями нуммулитов. Наиболее вероятно представляют береговые валы.

**Скутелловые пески.** Третичные отложения Средиземноморской области. Среднезернистые пески, мощностью от нескольких метров до нескольких десятков метров. Фауна бедная и однобразная и состоит из зарывающихся пелеципод — Panopaea, Pholadomya и плоских морских ежей — Scutella и Clypeaster. Типичный пример песков, близких к пескам зоны прибоя и связанных с глубинами 2—3 м. Иногда фауна становится более богатой и разнообразной, что указывает на увеличение глубины и ослабления силы прибоя.

**Гастроподовые пески.** Среди отложений кенозойского и мезозойского возраста нередко встречаются в самых различных областях и горизонтах песчаные фации, характеризующиеся фауной, состоящей из небольших толстостенных гастропод и зарывающихся пелеципод. Другие группы встречаются в подчиненном количестве. Эти песчаные фации являются примерами песков зоны слабого проявления прибоя, т. е. зоны глубин от 2—3 м до 15—20 м.

**Илы, глины и глинистые сланцы.** Последней стадией разрушения обломочных пород являются илы и их диагенетические изменения: глины и глинистые сланцы.

**Литологический состав.** Илом или глиной называется порода, состоящая из зерен, невидимых простым глазом и неощущимых наощупь. Характерен также своеобразный глинистый запах влажной породы. Размеры величины зерна не более 0,06 мм. При уменьшении величины зерна выделяется ряд разновидностей, но на русском языке они не имеют названий. Иногда только выделяется коллоидальная глина с диаметром частиц не более 0,001 мм.

Твепхофел (2) подразделяет глины на:

1. Элювиальные (Residual).
2. Ледниковые.
3. Речные.
4. Озерные.
5. Морские.
6. Вулканические.
7. Эоловые.

Морские глины мы подразделяем в зависимости от глубины образования на:

1. Литторальные глины или илы.
2. Батиальные       »       »       »
3. Абиссальные     »       »       »

Наименее разработана классификация литторальных глин и илов. Среди них можно выделить следующие главнейшие разновидности:

1. Чистая, пластичная глина.
2. Песчанистая глина.
3. Кремнистая глина или опока.
4. Известковистая или мергелистая глина.

**Условия образования глин.** Основным фактором в образовании глин является проявление только очень слабых движений воды. Пластичная глина образуется при скорости движения не выше 0,08 м сек; при скоростях от 0,08 м сек до 0,26 м сек отлагаются песчанистые глины и илистые пески.

По условиям образования можно выделить два основных типа:

1. Береговые глины.
2. Глубинные глины.

**Береговые глины.** Это глины, образующиеся в изолированных обособленных участках моря: заливах, лагунах, лиманах, участках моря, отгороженных островами, обособленных проливах и т. п. Все эти области характеризуются близостью к берегу, небольшой глубиной и почти полным отсутствием прибоя.

К этому же типу относятся и глины, образующиеся в зарослях растений типа современных мангровых лесов. В этих зарослях также наблюдается близость к берегу, небольшая глубина и отсутствие прибоя.

Площадь распространения береговых глин невелика. В заливах, бухтах, лиманах и мангровых зарослях она представляет замкнутые площади, более или менее одинаковой ширины и длины. В проливах и береговых участках она имеет вид узких, длинных полос. Во всех случаях ширина не превышает немногих десятков километров, обычно же измеряется несколькими километрами.

Глубина образования береговых глин невелика, начиная от уровня моря и до немногих десятков метров; обычно же несколько метров.

Мощность небольшая, так как все бассейны, с которыми связано образование береговых глин, невелики и кратковременного существования.

Материалом для образования береговых глин служат почти исключительно продукты разрушения берега и выносы небольших рек.

Полное отсутствие движений воды вызывает следующие характерные особенности:

1. Преобладание глинистых частиц.
2. Несортированность материала.
3. Накопление органических остатков.
4. Зараженность сероводородом.

Преобладание глинистых частиц выражается в общем глинистом характере породы. При детальном изучении, особенно при отмучивании, легко установить, что наряду с глинистыми частицами много частиц мелкозернистого песка, грубозернистого песка и даже гравия и отдельных обломков. Эта несортированность вызывается отсутствием движений воды.

*Органический мир.* Та же причина вызывает и то, что все остатки животных и растений остаются в пределах бассейна, никуда не уносясь из него. Большое количество остатков растений, особенно в мангровых зарослях, придает породе углистый характер. В случаях скопления большого количества животных остатков порода становится битуминозной, приобретая передко характер горючих сланцев.

Обилие органических остатков и застойность бассейнов ведут к образованию сероводорода, заражающего более глубокие участки бассейнов. За счет сероводорода происходит образование значительного количества пирита.

Отсутствие движений воды и обилие органического вещества в грунте являются причинами массового развития раститель-

ности; в современных морях — водорослей и морской травы — *Zostera*.

Обилие растительности сейчас же влечет за собой обилие и разнообразие животных, то прикрепляющихся к растениям, то ползающих по ним и по дну, то зарывающихся. Наряду с травоядными формами большое количество форм илодных, питающихся илом. Этих форм настолько много, что некоторые исследователи сравнивают береговой ил с черноземом, который несколько раз прошел через кишечник червей.

Среди животных встречаются все группы. Наибольшим развитием пользуются черви, гастроподы, пелециподы, ракообразные и донные фораминиферы. Менее распространены дефалоподы, иглокожие и кишечнополостные.

Нередко из открытого моря в береговые бассейны заносится большое количество планктона, придающее осадкам своеобразный глубоководный, точнее говоря псевдоглубоководный тип. Эти отложения будут более детально рассмотрены ниже.

Характерным признаком является толстостенность и грубость пелеципод и гастропод, резко отличных от тонкостенных, нежных форм глубинного ила.

Нередко прибрежные глины совершенно лишены органических остатков. Это объясняется тем, что сероводород, заключающийся в иле, быстро растворяет стенки раковин. Этот интересный факт подтвержден опытами Сюдри (*Sudry*, 103). Он объясняет кажущееся отсутствие фауны в целом ряде глинистых фаций, напр. в нижнекелловейской, елатомской глине и т. п.

Нередко берега прибрежных бассейнов сложены пластами уплотненной глины. Куски этих глин обламываются, окатываются и, попадая во вновь отлагающиеся осадки, образуют так называемую «глиняную гальку».

В тех случаях когда берег сложен торфом или углем, образуются такие же окатанные округленные куски торфа или бурого угля, попадающие в глинистые осадки и образующие так называемые «угольные шары — coal balls».

В областях с большими приливами и отливами во время отливов обнажаются громадные площади вязкого ила. Этот ил великолепно сохраняет различные следы — дождя, града, пузырьков газа, ползания и бегания животных и т. п. В тропических областях образуются трещины и многоугольники высыхания, во время длительных отступаний моря приобретающие большие размеры и захватывающие площади в сотни километров длиной. Подобная картина особенно развита у устьев больших рек — Ганга, Амазонки и т. п.

В береговых бассейнах нередко даже зона уровня моря сложена глинами. Этот факт имеет большое значение для определения

положения береговой линии в ряде разрезов. Он показывает, что в ряде случаев морские трансгрессии могут начинаться с илов, а не с конгломератов, как это обычно считают.

**Глубинные глины.** Глубинные глины развиты на самых различных глубинах в зависимости от силы прибоя и течений. На небольших глубинах до 40 м глины распространены в виде отдельных участков различной величины и формы, связанных нередко с рельефом морского дна. На более значительных глубинах выше 20 — 40 м начинается область сплошного развития глин. Эта область громадна и занимает большую часть поверхности шельфа. Она постепенно переходит в область батиальных илов.

Мощность глубинных глин нередко бывает весьма значительна и измеряется от нескольких метров до многих сотен метров.

Источником материала для образования глубинных глин служат как продукты абразии, так и продукты денудации. Нередко они смешиваются вместе, особенно в зоне сплошного развития илов. Обособление их возможно только путем микроскопического анализа.

Глубинные глины подразделяются по содержанию различных примесей на:

1. Песчанистые и сильно песчанистые глины.
2. Кремнистые глины.
3. Известковистые глины.
4. Глауконитовые глины.
5. Углистые глины.
6. Битуминозные глины.

*Песчанистые или сильно песчанистые глины* характеризуются большей или меньшей примесью зерен минералов, преимущественно кварца. Большим развитием они пользуются на небольших глубинах, постепенно переходя в пески. Но они нередки на более значительных глубинах до 800—1000 м включительно, в зависимости от распространения донных течений.

*Кремнистые глины* или, как их иногда называют, опоки отличаются содержанием кремнезема. Обычно кремнезем заключается в виде скелетных образований радиолярий кремневых губок и диатомей. Обогащаясь кремнеземом, кремнистые глины постепенно переходят в кремнистые осадки, более детально рассмотренные ниже.

*Известковистые глины* отличаются содержанием большего или меньшего количества извести. Встречаются они на самых различных глубинах. Источником извести являются или остатки животных, или продукты разрушения берегов, сложенных известняками. Известковистые глины постепенно переходят в мергеля, глинистые известняки и почти чистые слоистые известняки, подробно описанные ниже.

*Глауконитовые глины* отличаются примесью глауконита, придающей им зеленый цвет. Сравнительно мало развиты, так как глауконит связан преимущественно с песчаными фациями.

*Углистые глины* в морских, глубинных отложениях развиты мало, так как на большие глубины растительных остатков попадает немного, а на небольших очень мало застойных бассейнов.

*Битуминозные глины*. Иное соотношение получается для накопления битумов, образующихся из животных остатков и главным образом из планктона. Планктон отмирает на всей поверхности моря, и накопление его происходит на всей поверхности дна моря. В прибрежных областях движения воды нарушают это накопление, но в зоне глубинного ила движения воды отсутствуют и препятствия к накоплению планктона нет. Каких размеров в действительности достигает это накопление, сказать трудно, так как наблюдений над количеством органического вещества в глубинных илах очень мало.

Цвет глубинных глин обычно серовато-зеленоватый или буроватый. Но в зависимости от окраски частиц, приносимых реками, меняет свою окраску и глина. У берегов Китая глубинные илы желтого цвета от примеси лесса; у берегов Бразилии — они красные от латерита, и т. д.

*Фауна глубинных глин* сравнительно бедна и однообразна. Она состоит из зарывающихся форм, и форм, свободно лежащих на поверхности ила. Прирастающие и прикрепляющиеся формы встречаются очень редко. Редки и ползающие формы. Среди современных форм для зоны илов характерны некоторые гастроподы — *Turritella*, *Pleurotoma*, *Scalaria*, пелепиподы — *Corbula*, *Pecten*, морские ежи, звезды и голотурии. Среди палеозойских форм с глубинными илами связаны брахиоподы, снабженные большими иглами, как напр. некоторые *Productus* и *Chonetes*.

*Черные битуминозные сланцы*. Более или менее значительные толщи черных глинистых битуминозных сланцев иногда включают прослои косослоистых песчаников и тонкие прослои конгломератов. Вся толща хорошо слоиста, иногда распадается на тонкие листочки.

Твенхофель (2) дает сводку мнений об условиях образования черных битуминозных сланцев. В виду широкого распространения аналогичных толщ в пределах СССР даем краткое изложение этой сводки.

#### Анализ черных сланцев.

C . . . . .	13,11%
SiO <sub>2</sub> . . . . .	51,03%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	13,47%
F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8,06%
CaO . . . . .	0,78%
MgO . . . . .	1,15%
N <sub>2</sub> O . . . . .	0,41%
K <sub>2</sub> O . . . . .	3,16%
H <sub>2</sub> O . . . . .	0,81%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,31%
S . . . . .	7,29%

Итого . . . 99,58%

Характерно большое количество кремнезема и серы и малое количество извести. Бряд ли этот анализ может быть типичным для всех битуминозных сланцев, иногда сильно известковистых.

Черные сланцы нередко бывают совершенно немые, но обычно заключают тонкие прослои с фауной. Силурийские сланцы почти всегда содержат граптолиты и их обычно называют граптолитовыми сланцами. В девонских черных сланцах встречается характерная смесь донных форм и планктонных. К первым относятся трилобиты; ко вторым гониатиты, наутилоиды, пелепицоподы.

Можно дать следующую характеристику черных сланцев: сланцы тонкослоистые, но не обязательно. Они иногда могут иметь очень большое распространение. Нередки прослои слоистых песчаников, а иногда и тонкие прослои конгломератов. Преобладающие формы органического мира относятся к планктону.

Клэрк (104) сравнил девонские гониатитовые сланцы с черными и синеватыми тонкослоистыми илами, развитыми на дне Черного моря ниже 200 м в зоне заражения сероводородом,

Помшепкий (Pompeckj, 100) провел подобную аналогию для черных битуминозных медистых пермских сланцев Германии.

Твенхофел замечает, что эти теории не объясняют нахождения среди битуминозных сланцев прослоев косослоистых песчаников и конгломератов. Он указывает, что тонкозернистость осадков может явиться следствием не только большой глубины, но и обособления бассейна. Он сравнивает сланцы с илами, которые образуются вдоль восточных берегов Балтийского моря. Эти илы отлагаются в заливах и проливах вдоль берега и служат местом скопления больших количеств органического вещества. Во время бурь заносятся и отлагаются тонкие прослои галечника.

Вальтер, Шуккерт (Schuchert, 99) и Рюдеманн (Ruedemann, 105) также считают, что граптолитовые сланцы накапливаются вдоль берегов моря в обособленных заливах — галистазах и проливах. По их мнению граптолитовые сланцы нужно относить к береговым илам. Это подтверждается литологическим составом; противоречит же этому иногда громадная мощность, достигающая сотен метров, и иногда большое географическое распространение.

Данные по аналогичным отложениям СССР, среди которых наиболее распространены граптолитовые сланцы и доманик, указывают на сложность вопроса. Мощность осадков и их распространение указывают на существование больших бассейнов, но литологический состав и фауна указывают на незначительную глубину и изоляцию бассейнов. Для граптолитовых сланцев Средней Азии существование такого бассейна несомненно, так как они достигают громадной мощности и непрерывно протягиваются на большое расстояние, в несколько сот километров. Из

современных бассейнов полного тождества не представляет ни один, но наиболее близко, как и указывал Твейхофель, Балтийское море в своей восточной части. Проблему образования черных битуминозных сланцев еще нельзя считать решенной окончательно. Вероятно наличие различных условий образования для различных типов сланцев и в различных бассейнах.

**Характерные особенности глин.** Выше уже было сказано, что среди глин мы встречаем следующие типы: морские, лагунные, озерные, речные, элювиальные, золовые, вулканические.

Характерные признаки морских глин:

1. Нахождение морской фауны.
2. Залегание среди морских отложений.
3. Большая площадь распространения при сохранении однородности состава.

Морские глины подразделяются на береговые и глубинные.

Характерные признаки береговых глин:

1. Неоднородность состава. Среди глинистой массы встречаются зерна песка, обломки и даже валуны.
2. Ограниченная и небольшая площадь распространения.
3. Тесная связь и соприкасание с наземными отложениями.
4. Толстостенная, грубая, своеобразная фауна.

Характерные признаки глубинных глин:

1. Однородность и нередко тонкозернистость.
2. Нередко большая площадь распространения.
3. Большая мощность.
4. Залегание среди морских отложений.
5. Тонкостенная, нежная, сравнительно бедная и однообразная фауна.

**Геологическое распространение.** Распространение глин частью такое же, как и у песков. Наибольшего развития глинистые фации достигают в эпохи горообразовательных процессов и в мелководных морях-проливах.

Но в распространении глин есть и ряд своеобразных особенностей по сравнению с песками. Первая особенность — это широкое развитие в сравнительно глубоководных частях всех бассейнов. В связи с этим мощные толщи почти немых глубинных глин встречаются в отложениях всех систем и всех бассейнов.

Вторая особенность (отчасти совпадающая с песками) — это соотношения с известняками, в зависимости от климатических условий. В ряде бассейнов прошлого, располагавшихся в тропических областях, значительным развитием пользовались известняки, особенно в зоне шельфа. В бассейнах же того же времени, но расположенных в областях умеренного и холодного климата, известняки замещались глубинными глинами и отчасти только песками.

Уже давно отмечено резкое различие в составе мезозойских и в частности триасовых отложений средиземноморской и западно-тихоокеанской геосинклинали. В первой преобладают разнообразные известняки, а во второй глины и реже пески. Вероятно, что это различие объясняется климатическими условиями. В средиземноморской геосинклинали они тропические — и отлагаются известняки, в тихоокеанской они умеренные и холодные, и вместо известняков отлагаются глубинные глины и реже пески.

Примеры глинистых фаций прошлого. Синяя нижнекембрийская глина района Ленинграда представляет мощную толщу (до 100 м) синевато-зеленоватой пластической глины, почти совершенно немой. Пример береговой глины.

Астериевые сланцы. Девон Германии. Черные глинистые однородные сланцы. Фауна состоит почти исключительно из одних офиур и морских звезд. Пример глубинного ила более глубоких областей шельфа. Вероятно близок к современным офиуровым илам Каттегата.

Семилукские глины и мергеля. Верхний девон среднерусской платформы. Небольшая толща в 15—20 м синеватых и зеленоватых мергелей, мергелистых и чистых глин. Богатая и разнообразная морская фауна. Типичный пример глубинной известковистой — мергелистой глины, связанной с небольшими глубинами до 20—40 м.

Псевдомонотисовые глинистые сланцы. Триасовые отложения Восточной Сибири. Мощные толщи однообразных темных или буроватых глинистых сланцев, пользующихся весьма большим географическим распространением. Фауна бедная, однообразная и состоит главным образом из больших, плоских, тонкостенных пелепипод Pseudomonotis и др. Пример глубинных глин нижней части шельфа, обладающих большим географическим распространением.

Таврическая свита Крыма и черные глинистые сланцы Кавказа. Верхний триас и нижняя юра. Мощная толща темных глинистых сланцев с весьма большим распространением. Фауна бедная и однообразная. Чаще всего встречаются те же плоские пелепиподы (Pseudomonotis). Условия образования тождественны с псевдомонотисовыми сланцами Восточной Сибири: нижняя часть шельфа и возможно верхняя часть континентального склона.

Елатомская глина. Нижний келловей Московского района. Чёрная вязкая глина с конкрециями серного колчедана и песчаника. Распространение ограниченное. Мощность небольшая — 10—12 м. Фауны нет, кроме ростров белемнитов. В то же время в песчаниковых конкрециях богатая и разнообразная фауна. Типичный пример береговой глины, связанный с началом верхне-

1. Лионский залив.

Области и зоны		Открытое море		Глубистые заливы
		Фация скал	Фация песков	
Литторальная область	Полу- назем ая зона	Голые скалы и камни	Обычно сухой пляж	Прибрежный пес- чанистый ил
	Верх- няя	Скалы голые или с водорослями	Чистый песок	Ил. Галечник с илом
	Сред- няя	Скалы, заросшие водорослями	Заросли водорос- лей или чистый песок	Заросли водорос- лей на илу или чистый ил
	Ниж- няя	Растущие из- вестковые водоросли — корал- лины	Галечник с <i>Vryozoa</i>	—
	Изобата 40—80 м			
	Зона бе- регового ила	Чистый прибрежный ил с окаймляющей полосой песча- нистого ила		
	Зона песков	Пески, галечники и конкреции континентального плато (шельфа)		
	Изобата 250 м			
	Зона кораллов	Ил или выходы скал, покрытые кораллами и обломками ракушки		
	Зона глуб- ковод- ного ила	Чистый глубоководный ил		

2. Ламанш.

Области и зоны	Открытое море			Глинистые заливы
	Фация скал	Фация песков	Фация илов	
Литоральная область	Полу- наземная зона	Скалы	Чистый песок	Песчанистые и илистые берега
	Верхняя	Скалы с водорослями <i>Fucus</i>	Верхний пляж с <i>Cardium edule</i>	Береговой ил. Песчано-илистый пляж. Камни, покрытые илом
	Средняя	Камни и скалы, заросшие водорослями <i>Cystosira</i>	Нижний пляж с <i>Solen</i> Заросли морской травы <i>Zostera</i>	Песчанистый ил. Ил, заросший водорослями
Береговая область	Нижняя	Скалы, покрытые водорослями <i>Laminaria</i>	Галечник с <i>Vugozoa</i> . Скопления ракушек	Мёрль. Скопления растущих и отмерших кораллов

Изобата 40—80 м

Глубинная область	Зона берегового ила	Н е т
	Зона песков	Пески и галечники, развитые на дне Ламанша

Изобата 250 м

Глубинная область	Зона кораллов	Н е т
	Зона глубоководного ила	Н е т

3. Черное море.

Области и зоны	Открытое море		Zакрытые заливы
	Скалы	Песок	Скалы, илистый песок
Батиальная и обнажальная зоны	Прибрежные скалы, образованные прибоем	Пляжи. Саксонский русоватый песок	Скалы; илистые берега с червями: <i>Arenicola</i> и <i>Nereis</i>
	Верхний ярус зарослей <i>Cystosira</i>	Заросли <i>Zostera</i> до 0—11 м; скальный или ракушечный песок с <i>Venus</i> , <i>Tapes</i> ; иногда амфибоксовый песок (около 23 м)	Заросли <i>Ulva</i> и <i>Zostera</i> ; илистый песок с <i>Cardium</i> , <i>Syndesmya</i> и червями; заросли <i>Cystosira</i> и скалы
	Нижний ярус зарослей <i>Cystosira</i> (не глубже 60 м)	Ракушечник, реже устричник	Устричный или мидиевый ил
Континентальная плавма	Изобата 30—60 м		8—18 м
	Мидиевый ил 45—80 м		Мидиевый ил
	Теребеллидный ил		—
	Фазеолиновый ил, средн. глуб. 120 м		—
	Изобата 210 м		—
Сублиторальная зона	Сероводородное царство		—
	Район ниже сильного действия волн		—

4. Кольский залив.

Песчано-оби- сальная до 400 м	Эллипторальная до 200 м	Субэллиптораль- ная 0—60—75 м	Литторальная (осушной район)	Зоны
	Биоценоз губок и гидроидов			Подфа- циальная скал
	Биоценоз асци- дий	Редко зарастает: <i>Lithothamnium</i>	Широко раз- виты	Скалы и камни
	Чистые камни		Подвижные конгломераты	Подфа- циальная камней
	Песча- ный га- лечник на 200 м	Морен- ный ма- териал	Редкая бедная фауна	Неподвижные камни и галька с фауной
	—	—	Довольно обыч- на, но с бедной фауной	Подф. крупн. песка и галушки
	—	—	Мелкозернистый песок с <i>Dentalium</i> и др.; богатая фауна	Дента- тивный песок
	—	—	Широко рас- пр странены в илистых за- ливах	Или- стый песок
Гиперами- новый ил. нижний от- дел	Песчан. ил с фотамми и ферой <i>Hyperammina</i>	Глинисто- песчанистые илы	Отлогие берега, то песчани- стые, то или- стые	И ли
—	Верхний отдел			
—	Глинистый ил			
—	—	Преобладает на глубинах 10—40 м; встре- чается от 6—85 м	—	Ветвистый <i>Lithotam- nium</i>
—	Песчано-или- стая, с фауной	Чистая, немая ракуша. Песчано-илистая с фауной	Скопление <i>Mytilus</i>	Ракуша
—	Близка к куп- ной ракушке, но с массой фораминифер	—	—	Форам. песок с мелк. ракуш- кой
—	Битая и целая ракушка с бога- той фауной	Чистая отмытая с бедной фауной	—	Мелко- битая ракушка

юрской трансгрессии. Отсутствие фауны в глине объясняется растворяющим действием сероводорода.

*Бартонская глина*. Верхний эоцен Англии. Темная глина мощностью около 100 м. Распространение сравнительно небольшое. Фауна состоит из нуммулитов, гастропод — *Pleurotoma*, *Fusus*, пелеципод — *Агса* и других форм, в общем богатая и разнообразная. Нередки листья пальм и лавров. Пример глубинной глины верхней части шельфа, возможно небольших глубин до 20—40 м.

*Штир. Schlier*. Нижний миоцен Венского бассейна. Серая, частью сланцеватая глина с *Nautilus*, морскими ежами, гастроподами, пелециподами, рыбами и фораминиферами. Также глубинная глина верхней части шельфа.

Терригеновые фации современных морей. Выше мы познакомились с характеристикой основных типов терригеновых фаций. Для решения ряда палеогеографических вопросов необходимо знать характеристику не только отдельных фаций, но и целых бассейнов. Только характеристика целых бассейнов дает истинную картину соотношений отдельных фаций, их взаимной связи, значения и разнообразия.

Поэтому мы дадим сводку данных по фациям некоторых наиболее изученных бассейнов. Как примеры возьмем:

1. Средиземное море, Лионский залив у Пиреней, по данным Прюво (*Pruvot*, 110), см. табл. на стр. 85.

2. Адриатический океан. Ламанш. берега Франции по данным Прюво (*Pruvot*, 109), см. табл. на стр. 86.

3. Черное море, по Зернову (111), см. табл. на стр. 87.

4. Кольский залив, по Дерюгину (112), см. табл. на стр. 88.

5. Кварнерский залив. Весьма детально и тщательно изучены Лоренцом (*Lorenz*, 113) фации Кварнерского залива в северо-западной части Адриатического моря.

Работа Лоренца дает весьма важный материал для изучения фаций четвертичных и третичных морей.

#### Схема подразделения фаций Кварнерского залива.

##### I. Супралитторальная зона.

Расположена выше уровня прибоя.

1. Фация ракообразных и водорослей. Фауна очень бедная и состоит из одних ракообразных.

##### II. Осушено-литторальная зона.

Осушается во время отлива. Ширина около 0,7 м.

А. Скалистые берега.

2. Фация литторин. Много литторин и ракообразных.

3. Фация пателл и баланусов. Располагается ближе к уровню отлива.
4. Фация митилусов и актиний. Еще ниже появляются митилусы, актинии, трохусы и литд мусы.
- В. Песчано-алечные берега.
5. Фация *Amphitoe penicellata*. Широко распространена. Одни черви и ракообразные.
- С. Песчано-илистые берега.
6. Фация червей *Nereis* и *Arenicola*. *Nereis* живет, где больше ила. *Arenicola* живет, где больше песка.

### III. Затопленно-литторальная зона.

Глубина от 0 до 3,6 м. Сильные движения воды.

- А. Скалистые берега.
7. Фация *Echinus lividus* и *Actinia viridis*. На голых камнях.
8. Фация конусов (*Conus*). В зоне удара волн, но в зарослях водорослей богатая фауна гастропод.
9. Фация уб.к. В защищенных местах появляется масса губок и червей.
10. Фация галиотиса (*Haliotis*). В еще более защищенных местах живет богатая фауна. Мн.го пелепицпд и гастропод.
11. Фация митр (*Mitra*). В сплошных зарослях водорослей большое число гастропод и мшанок.
12. Фация риссой (*Rissoa*). В более редких зарослях много мелких гастропод и ракообразных.
- В. Песчано-алечные берега.
13. Фация *Sipunculus*. В подвижных камнях фауны почти нет кроме легкодвижущихся форм.
14. Фация венусов (*Venus*). В скоплении камней и песка в мергелистом цементе мн.о пелепицпд (*Venus*, *Cardium*) и гастропод (*Buccinum*, *Trochus*).
15. Фация кардиума (*Cardium tuberculatum*). На голом илистом песке живет только он один.
16. Фация букиниид (*Buccinum*). Как только появляются на песке и илу заросли морской травы, как сразу появляется богатая и разнообразная фауна гастропод и пелепицпд (*Syndesmya*, *Tapes*).
17. Фация энтомострак. В сплошных массах—зарослях водорослей фауна бедная, мн.о только ракообразных.
- С. Илистый берег.
18. Фация гебий (*Gebia*). На красноватом мергелистом илу фауна однобразная, главным образом черви.
19. Фация *Cirratulus*. На черном иле, обогащенном гниющим материалом. Фауна довольно разнообразная.

### IV. Сублитторальная зона.

- Глубины от 3,6 до 18 м. Осадки те же, что выше; отсутствует только подвижный галечник зоны прибоя. Движения воды и дневные колебания температуры сильно ослаблены.
- А. Скалистое дно.
20. Фация *Buccinum ascanius*. Каменистое и скалистое дно с зарослями водорослей. Fauna: однобразная — черви, убки, гастроподы.
21. Фация пинн (*Pinna squamosa*). Плиты и мелкие камни, лежащие на дне. Губки, пелепицпды (*Pinna*, *Spondylus*), омар.
- В. Песчаное дно.
22. Фация пектенов и устриц (*Pecten* и *Ostrea*). На чистом дне многочисленные пелепицпды (*Pecten*, *Ostrea*, *Cardium*, *Modiola*) и ракообразные.

В черном вонючем илу масса диатомей и фораминифер.

С. Илистое дно.

23. Фация *Ilia* и *Trochus*. Заросли морской травы. Fauna разнообразная. Много ракообразных и гастропод.

#### V. Верхняя декливиальная зона.

Глубины от 18 до 36 м. Обычно значительный уклон дна, реже плоское дно, еще реже скалистые банки. Осадки разнообразные. Действие волн отсутствует. Сильные течения, как и в IV зоне.

А. Скалистое дно.

24. Фация *Echinus melo* и смаров. Голые камни и скалы, в которых много омаров и других ракообразных и морских ежей.

25. Фация ракообразных. Слоистые заросли водорослей на каменистом или ракушняковом грунте. Масса гастропод и ракообразных.

26. Фация *Lambrus* и *Promis*. Редкий, легкий покров из водорослей. Fauna многочисленная и разнообразная. Масса гастропод; пелепицопод мало.

В. Песчано-каменистое дно.

27. Фация *Venus verrucosa*. Чистый гравий и грубовернистый песок. Встречается редко. Много пелепицопод (*Venus*, *Tellina*).

28. Фация *Phallusia*. Песчано-илистое дно. Много пелепицопод, гастропод, ракообразных, иглокожих.

С. Илистое дно.

29. Фация *Corbula nucleus*. Чистый ил. Много *Turritella*, *Aporrhais*, *Corbula*. Нередки ракообразные и иглокожие.

#### VI. Нижняя декливиальная зона.

Глубины от 36 до 81 м. Рельеф ровный, только местами развиты уклоны. Движения воды отсутствуют.

А. Скалисто-каменистое дно.

30. Фация *Cardium oblongum*. На скалах и скоплениях камней и между ними нередки черви, ракообразные и пелепицоподы.

В. Песчаное дно.

31. Фация *Carpinus* и *Neurotoma*. Чистый грубовернистый песок со скоплениями ракушек и известковых водорослей. Весьма многочисленная и разнообразная фауна. Много гастропод и пелепицопод.

С. Илистое дно.

32. Фация туррителл. Однообразный чистый ил. Разнообразная fauna. Масса пелепицопод и гастропод: *Aporrhais*, *Turritella*, *Cassidaria*, *Venus*, *Isocardia*, *Festunculus*.

#### VII. Глубинная вона.

Глубины от 81 до 135 м (наибольшая глубина залива). Грунт однообразный, иллистый, реже развиты обломки ракушки. Движение воды нет.

33. Фация авикул (Avicula). Fauna бедная и однообразная.

### ОРГАНОГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ.

Органогенными отложениями называются такие, в возникновении которых основную роль играют материалы, выделенные животными.

Органогенные отложения делятся на две большие группы:

1. Известняки, доломиты и мергелия.

**2. Кремнистые породы.**

Несколько обособленно стоит третья группа.

**3. Отложения, образованные бактериями.**

### **Известняки, доломиты и мергелия.**

Эти три типа отложений настолько тесно связаны, что при характеристике условий образования мы будем соединять их вместе под названием известняки.

В конце главы будут даны обзоры, посвященные специфическим условиям образования доломитов, мергелей и мелоподобных пород.

**Условия образования известняков. Общие замечания.** Обычно считается, что известняки все без исключения связаны с деятельностью животных, но это мнение, как и ряд других общепринятых банальных мнений, значительно изменено данными современной науки.

Твенхофел (2) дает следующую схему подразделения известняков по условиям их образования:

**A. Известняки, непосредственно или косвенно образующиеся благодаря органическим процессам.**

1. Накопление и уплотнение (аккумуляция и цементация) наружных и внутренних скелетных образований животных.

2. Известняки, образованные жизненной деятельностью организмов.

а. Фотосинтез растений.

б. Выделение бактериями.

3. Известняки, образованные разложением органического вещества.

**B. Известняки химического, неорганического происхождения.**

1. Изменения физических условий в воде, заключающей известь в растворе.

2. Испарение.

**C. Известняки механического происхождения.**

1. Эоловые.

2. Абрационные.

Почти все эти типы известняков встречаются в литторальных отложениях, и мы на них в этом порядке и остановимся.

Массы известняков, образованных вышеперечисленными типами процессов, резко различны в зависимости от типа. Подавляющая масса связана с накоплением и уплотнением скелетных образований животных. Широко развиты и известняки, выделяемые растениями, в частности известковыми водорослями. Возможно большая часть немых известняков, особенно докембрийских, связана с выделениями бактерий. Неясно количество

химических известняков. Механические известняки распространены сравнительно мало.

Очень важно то, что в истории земли взаимное значение этих типов резко менялось.

В архейском периоде животные и высшие растения отсутствовали или были лишены способности выделять известь. Соответственно нередко громадные толщи известняков и мраморов архейского возраста связаны с деятельностью бактерий или с химическими процессами, или с теми и другими вместе.

В альгонском и кембрийском периодах на сцену выступают известковые водоросли и (в кембре) археопиаты. Значительные массы известняков образуются уже этими группами организмов. Но нет сомнения, что значительная часть немых известняков все еще бактериального или химического происхождения.

Начиная с нижнего силура и позже, большая часть групп животных также начинает выделять известь, быстро захватывая первое место. Но большое значение имеют также известняки, выделяемые водорослями, и нередки известняки бактериальные и химические. Механические известняки образуются непрерывно и однообразно в течение всех этих периодов, никогда не играя большой роли.

Такое же соотношение наблюдается и в настоящее время. Скудность указаний на химические и бактериальные известняки объясняется трудностью выделения их из общей массы немых известняков.

**Известняки, образованные животными.** Среди известняков, образованных животными, выделяется ряд типов в зависимости от тех групп животных, которые их образовали.

Наибольшим распространением пользуются следующие:

1. Коралловые, рифовые известняки.
2. Фораминиферовые известняки.
3. Мшанковые известняки.
4. Губковые известняки.
5. Брахиоподовые известняки.
6. Пелагиподо-гастраподовые известняки.
7. Цефалоподовые известняки.
8. Эхинодermатовые известняки.
9. Трилобитовые и остракодовые известняки.

**Коралловые, рифовые известняки.** Рифовые, коралловые известняки пользуются весьма широким распространением, в частности в пределах СССР. Поэтому мы остановимся на них более подробно.

Название рифовые более или менее отвечает действительности, но название коралловые является пережитком старого. Ранее считали, что кораллы являются основной группой в образовании

рифовых известняков; в настоящее время установлено, что они и в современных, и особенно в древних рифовых известняках имеют подчиненное значение, стоя на третьем или четвертом месте

*Определение понятия «риф».* Рифом называется тот участок береговой линии, о который разбиваются волны, образуя буруны. Обычно рифы представляют ряд скал, расположенных на некотором расстоянии от берега и почти не поднимающихся над уровнем моря.

Совершенно ясно, что риф составляет только часть коралловых островов, но часть наиболее характерную, давшую название всей совокупности фаций, образующих коралловые острова.

*Распространение коралловых островов.* Характернейшими особенностями в распространении коралловых островов являются:

1. Связь с тропиками.

2. Расположение в виде узких длинных полос.

Связь с тропиками объясняется тем, что рифообразующие кораллы связаны с средней годовой температурой 20° С. Практически распространение коралловых рифов ограничено 32-м градусом широты, северным и южным.

Коралловые острова располагаются в виде узких, нередко прерывистых полос. Эти полосы тянутся вдоль берега континентов или прибрежных островов. Более редко в виде таких же узких полос они пересекают океан или глубоко вдаются в него. Детальная сводка распространения коралловых рифов дана на карте Жубэна (Joubin, 138).

Интересно, что полосы распространения рифовых известняков по своим размерам и очертаниям весьма напоминают геосинклинали. Вероятно они в эпохи прошлого являлись основным элементом в создании геосинклиналей. Важно, что полосы рифовых известняков развиты далеко не во всех геосинклиналях. Напр. они отсутствуют в мезозойской тихоокеанской геосинклинали, в верхоянской геосинклинали. Этот факт можно сопоставить с отсутствием коралловых рифов в современных умеренных и полярных геосинклинальных зонах и сделать интересный вывод о том, что различие между тихоокеанской и средиземноморской геосинклиналями в мезозое объясняется расположением в различных широтах: средиземноморской — в тропических, тихоокеанской — в северных или умеренных. Различие это, как известно, состоит в отсутствии рифовых мезозойских известняков в тихоокеанской геосинклинали и большем развитии их в средиземноморской.

Следующей важной особенностью в распространении коралловых рифов является их зависимость от характера берегов, прерывистость в распространении, отчетливо видная на карте Жубэна. Коралловые рифы широко развиты в тропиках в Ти-

хом океане; не менее развиты они в Индийском океане, но если мы возьмем Атлантический океан, в тех же тропиках, то увидим резко различную картину. Правда местами, напр. в Ост-индских островах, рифы развиты, но на большей части берегов они отсутствуют. Отсутствуют они по восточному побережью Южной Америки, отсутствуют и по западному побережью Африки.

Объясняется это тем, что на развитие коралловых рифов громадное влияние оказывает характер берегов, вернее характер континента. Рифы образуются вдоль пустынных берегов, берегов лишенных хорошо развитой постоянной речной системы. Берега же Бразилии и Западной Африки как раз обладают громадной речной системой: достаточно назвать только Амазонку, Ориноко, Нигер, Конго, не говоря уже о многих более мелких реках.

Реки приносят пресную воду и главным образом массу обломочных отложений, песка и ила, немедленно губящих кораллы. Это и служит причиной отсутствия рифов. При объяснении своеобразия литологического состава тихоокеанской геосинклиналии нужно иметь в виду и этот факт.

В геологической литературе нередко встречаются указания на то, что появление рифовых известняков связано с увеличением глубины бассейна. Напр. считают, что на западном склоне Урала верхнекаменноугольные известняки связаны с большими глубинами, чем артинские песчаники, и что следовательно в артинскую эпоху произошло поднятие дна моря. Это глубоко ошибочно. Широкое развитие рифовых известняков в верхнем карбоне связано с тем, что в это время западный склон Урала представлял низкую пустынную страну. Эта пустынность, отсутствие рек, выносящих пресную воду и осадки, и были причиной широкого развития рифовых известняков.

В артинскую эпоху подняты захватывают центральный и западный Урал. Образуется молодая горная страна, появляется масса рек, выносящих громадные, километровые толщи песков, глин и галечников. Рифообразующие кораллы и другие формы немедленно гибнут. Основной причиной отсутствия рифовых известняков в артинских отложениях является не меньшая глубина, а резкое изменение характера берега, образование Уральской горной области.

Можно отметить еще один интересный факт. На Уфимском плато мы наблюдаем следующую последовательность отложений. На востоке идет полоса древних палеозойских отложений. К ним примыкает полоса артинских отложений, образовавшихся за счет разрушения древнего палеозоя. За артинской полосой идет полоса верхнекаменноугольных известняков. Возможно, что верхнекаменноугольные известняки и артинские песчаники одно-

временны, и их различие объясняется количеством терригеновых осадков. Ближе к Уралу осадков больше, и отлагаются песчаники и сланцы, дальше от Урала осадки не распространяются, и в том же бассейне, в ту же эпоху образуются известняки.

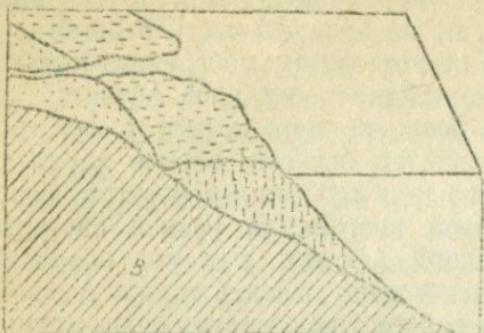


Рис. 29. Схема разреза берегового рифа  
А — рифовый известняк, В — береговые породы.

**Типы коралловых рифов.** Наиболее распространено деление коралловых рифов на четыре типа:

1. Береговые рифы.
2. Барьерные рифы.
3. Атоллы.
4. Поднятые рифы.

**Береговые рифы** расположаются у самого берега, приостая к береговым скалам, или располагаясь на небольшом расстоянии от берега. Схема разреза берегового рифа дана на рис. 29. Береговые рифы протягиваются вдоль берега в виде узкой, прерывистой полосы незначительной ширины: от нескольких десятков метров до немногих километров.

Невелика также и мощность известняков, колеблющаяся от нескольких метров до нескольких десятков метров. Примером берегового рифа могут служить рифы побережья Красного моря и в частности Синайского полуострова. Разрез их дан на рис. 30. Эти рифы детально описаны Вальтером (Walther, 137). Примером их в ископаемом состоянии

Чрезвычайно важное значение для образования рифовых известняков имеет характер берегов, характер континента, его рельеф. Этот факт всегда нужно иметь в виду при объяснении образования рифовых известняков.

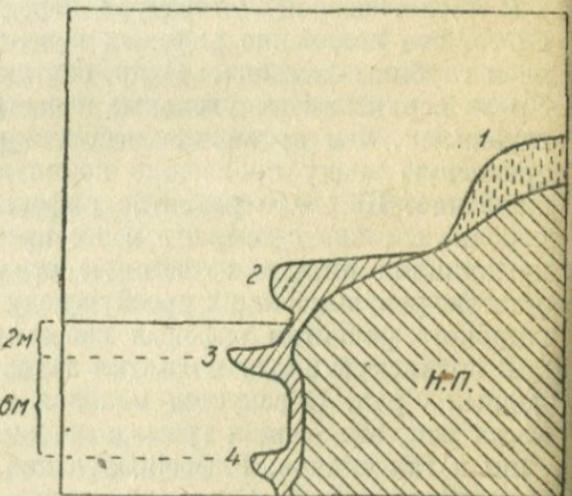


Рис. 30. Схема разреза берегового рифа Синайского полуострова. Н. П. — нубийский песчаник, 1 — старый поднявшийся риф, 2 — молодой поднявшийся риф, 3 — живущий риф, 4 — погруженный отмерший риф. (По Вальтеру, 117.)

могут служить верхнеюрские коралловые известняки Донбасса.

Барьерные рифы располагаются на окраине шельфа, на довольно значительном расстоянии от берега от нескольких километров до нескольких десятков километров. Они тянутся вдоль берега в виде почти сплошной полосы, шириной до нескольких километров. Эта полоса покрыта многочисленными островами иногда значительных размеров. По внешнему краю барьерного рифа идет зона сплошных бурунов, никогда не прекращающихся и белым поясом уходящих вдаль.

Схема разреза барьерного рифа дана на рис. 31.

Мощность известняков в

барьерных рифах точно неизвестна, но во всяком случае измеряется десятками метров. При медленном опускании шельфа мощность известняков может быть весьма значительна, в несколько сот метров.

Атоллы, или кольцевые рифы (рис. 32) представляют коралловые острова, более или менее округленных очертаний.

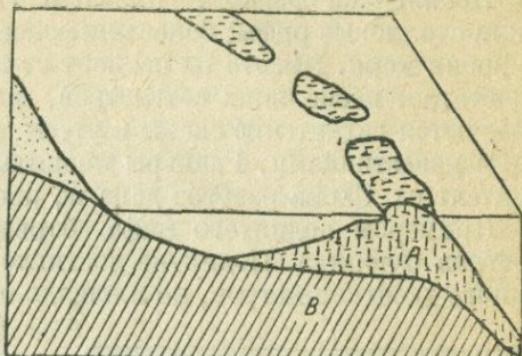


Рис. 31. Схема разреза барьерного рифа.  
A — рифовый известняк. B — материковые породы.

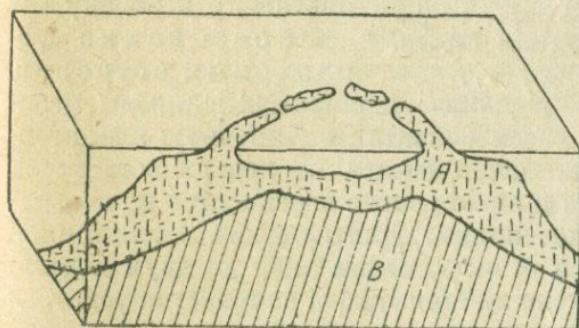


Рис. 32. Схема разреза атолла.  
A — рифовый известняк. B — вулканические породы.

следующая: первоначально образуется береговой риф. При погружении береговой риф переходит в барьерный риф. При дальнейшем погружении барьерный риф становится типичным атоллом, в середине которого располагается лагуна.

При этом мощность известняков постепенно увеличивается. Бурение показало, что она может достигать многих сот мет-

ров. Они отличаются незначительной вышиной, едва возвышаясь над уровнем моря. Правильный атолл представляет кольцо рифов, прерывающихся узкими проливами. В середине атолла лежит лагуна.

Схема образования атолла при постепенном погружении вулканического острова

ров. Это мы видим и на ископаемых коралловых островах.

Площадь атоллов весьма различна, как и очертания, но в общем невелика. Поперечник их колеблется от немногих километров до нескольких десятков километров.

Поднятыми рифами (elevated reefs) называются барьерные или атолловые рифы, более или менее значительно поднятые выше уровня моря. Высота их зависит от величины поднятия и иногда достигает нескольких сот метров, напр. в островах Фиджи. Образуются гигантские скалы и утесы, целые горы, сплошь сложенные известняками. Размеры поднятых рифов тоже нередко значительны. Схема разреза дана на рис. 33.

Примером поднятого рифа барьерного типа является полуостров Флорида. Поднятие достигло небольших размеров — немного десятков метров, но площадь поднятых известняков весьма

значительна, достигая в длину 500 — 600 км и в ширину 100 — 150 км. Весьма значительна и мощность известняков. Буровые скважины глубиной свыше 500 м еще не прошли всей толщи известняков. Интересно, что по фауне нижние горизонты относятся к олигоцену и эоцену.

#### Образование коралловых островов.

Рис. 33. Схема разреза поднятого рифа. A — рифовый известняк. B — вулканические породы.

Рифообразующие формы — кораллы, гидроиды, пелепиподы, иглокожие — все проходят в своем развитии личиночную планктонную стадию. Эти личинки поднимаются на поверхность моря, входят в состав планктона и вместе с ним переносятся по поверхности моря ветрами и течениями. Длительность планктонной фазы развития колеблется от нескольких дней до двух недель. По прошествии этого времени личинка сибва начинает опускаться на дно моря. Если это происходит в открытом море личинка благополучно опускается и опускается, пока не подохнет.

Если же опускание происходит в мелководье с глубинами не свыше 20 — 40 м, то личинка не менее благополучно достигает морского дна, прирастает к нему, вырастает во взрослую особь и начинает выделять известь.

Таким образом рифы могут образовываться в любых участках моря с глубинами не больше 20 — 40 м. Наличие таких участков в побережной зоне материков естественно. Но и в открытом океане вдали от материка могут возникнуть такие условия бла-

годаря поднятию вулканических конусов — подводных вулканов. Как только вулканический конус достигает глубин не больше 20 — 40 м, на нем сейчас же начинают селиться рифообразующие формы, и начинаются стадии развития атолла.

Памечается интересная и важная связь подводных эфузий, подводных вулканов с образованием рифовых известняков. Подводные вулканы нередко являются той базой, на которой развиваются коралловые острова. Образование подводных вулканов связано с определенными линиями разломов земной коры. По этим линиям происходят соответственно и образование коралловых островов и отложение рифовых известняков.

*Длительность образования рифовых известняков* весьма различна. У береговых рифов она очень невелика и обуславливается поднятиями и опусканиями береговой линии, как это видно на рис. 30.

У барьерных и атолловых рифов длительность образования весьма различна. Она может быть любых размеров, определяясь только климатическими условиями, и для барьерных рифов — характером прибрежной части суши. В эпохи эволюции в истории земли климатические условия и характер континентов почти не изменяются в течение нескольких периодов, напр. от верхнего силура до нижнего карбона. В течение всего этого времени может происходить образование рифов, и они могут достигать громадной мощности. Такую картину мы действительно и наблюдаем в Средней Азии и на Урале, где колоссальные массивы, целые горные хребты сложены массивными или неясно слоистыми рифовыми известняками. В этих известняках найдена фауна всех горизонтов, начиная с верхнего силура и кончая нижним карбоном.

Аналогичную картину мы видим на поднятых рифах на островах Фиджи. В основании громадных известняковых массивов вышиной в 200 — 300 м была найдена олигоценовая фауна. На Флориде буровая скважина достигла свыше 500 м, пройдя сплошными, непрерывными известняками и не дойдя до их основания. И здесь в нижних горизонтах была найдена олигоценовая и эоценовая фауна.

Все это указывает на большую длительность процесса рифообразования. Этой длительности обычно соответствует и не менее большая мощность.

Интересно, что для мощности рифовых известняков прошлого существуют какие-то пределы. Большинство рифовых известняков прошлого достигает мощности в несколько сот метров, обычно не выше 600 — 800 м. Примеры рифовых известняков мощностью в 2000 — 3000 м неизвестны.

Мощность известняков обуславливается непрерывным сохранением определенных физико-географических условий. Ограни-

ченная мощность известняков указывает на ограниченность сокращения физико-географических условий, на прерывистость, смену, цикличность в истории земли.

*Рельеф коралловых островов.* Коралловые острова представляют возвышенности, поднимающиеся над ложем мирового океана на высоту 2000 — 5000 м. Как и у наземных вулканов склоны коралловых островов нередко отличаются значительной крутизной. Особенно велика эта крутизна в верхней части склона, в зоне роста кораллов.

Поверхность кораллового рифа почти плоская, за исключением конечно поднятых рифов.

Вальтер (Walther, 1) приводит интересную сводку об углах падения склонов коралловых островов. Приведем из нее некоторые примеры:

#### *Бермудские острова*

1.	a	8,9	11,0	36,0			
	b	0	3566	3310	4846		
	c	21°50'	1°20'	2°27'			
2.	a	18,6	14,4	21,4			
	b	4480	3127	2620	2748		
	c	4°10'	12°15'	7°18'			
3.	a	9,2	13,2	5,5	13,0		
	b	3978	2469	933	2606	3328	
	c	9°19'	6°38'	16°55'	8°11'		

#### *Багамские острова*

4.	a	20,0	13,1	13,1	18,6	5,8	31,5	
	b	272	2310	2312	3769	2076	4862	
	c	5°49'	0°	5°49'	8°32'	17°43'	4°59'	

#### *Кильингские острова.*

5.	a	0,33	0,07	0,15	0,06	0,12	0,15'	0,19
	b	0	13	18	155	267	336	503
	c	2°27'	4°50'	42°47'	63°21'	30°5'	33°15'	40°2'

#### *Гаити*

6.	a	0,46	4,6			
	b	9	811	1189		
	c	33°7'	10°44'			

a — расстояния в км; b — глубины в м; c — углы падения.

В результате сопоставления многочисленных данных Вальтер дает следующие цифры наиболее распространенных углов падения для соответствующих глубин в метрах.

0—300	300— —1 000	1 000— —1 300	1 300— —2 000	2 000— —2 300	2 500— —3 000	3 000— —3 500	3 500— —4 000	4 000— —4 500
17°22'	11°3'	11°32'	13°21'	10°39'	11°36'	10°22'	8°2'	7°

Конечно нередко наблюдаются и меньшие цифры, но нередки и большие, до  $60^\circ$ .

Эти углы, как показывают примеры, наблюдаются по всем сторонам кораллового острова. Благодаря этому на склонах рифа



Рис. 54. Шихан Тура-түу у Стерлитамака. Риф верхнекаменноугольных известняков среди пермских песчаников и глин. Фот. Б. Ф. Мефферта.

осадки отлагаются под углом от 8 до  $17^\circ$  и разрез рифа аналогичен разрезу антиклинали со срезанной вершиной.

Этот факт является причиной того, что естественные, первичные углы отложения путают с углами падения, вызванными тектоническими явлениями.

Как пример можно взять горки верхнекаменноугольных известняков у Стерлитамака, на западном склоне Урала (см. рис. 34), так называемые шиханы. Эти шиханы возвышаются над окружающими их пермскими отложениями в виде правильных конусов. Известняки неслоисты, и только изредка наблюдается падение, параллельное склону горок. Благодаря этому намечается анти-

клинальное положение пластов, с углами около  $15^{\circ}$ . Иногда это положение связывают с тектоническими движениями и трактуют шиханы как брахиантинклинали верхнекаменноугольных известняков, прорывающие пермские отложения. В это же время шиханы представляют типичные рифовые известняки, и наблюдающиеся углы падения являются нормальными углами отложения осадков. Аналогичные примеры не единичны и с ними всегда надо считаться.

Иногда на склоне кораллового острова наблюдаются вторичные поднятия и подводные площадки, как напр. у Багамских островов, на разрезе Rum Cay (см. стр. 100).

Углы падения на склонах коралловых островов весьма непостоянны и легко меняются, что создает впечатление несогласий. Эти несогласия являются такими же псевдонесогласиями, как и сами острова — псевдоантинклиналями.

Глубины лагун обычно достигают нескольких десятков метров и их склоны более пологи, чем морские.

Поверхность атолла представляет плоскость, покрытую бесчисленными мелкими впадинами, ямами, провалами и выступами. Издали она кажется почти горизонтальной, и сам атолл заметен только благодаря ослепительно белому кольцу пены в бурунах.

Поверхность поднятых рифов представляют типичную поверхность гористой области, сложенной толщами известняков, с крутыми обрывами и скалами.

Своеобразна поверхность затопленных атоллов, так называемых подводных плато. Примером их может служить плато Пурталеса, тянущееся вдоль восточного берега Флориды. Оно расположено на глубинах до 120 — 150 м, достигает ширины 35 — 40 км и тянется на несколько сот километров. Почти плоская поверхность плато непрерывно омывается Гольфстримом, обладающим здесь значительной скоростью. Благодаря этому поверхность плато вымыта начисто и представляет чистый плотный известняк, покрытый прирастающими животными. Поверхность известняка покрыта впадинами, ямами, желобами, выступами, заполненными песком и мелкими обломками.

Получается представление поверхности размыва с ее изъеденной поверхностью, ямами, впадинами, «карманами» и т. п.

Такие поверхности размыва иногда связываются с размывом на поверхности земли. Говорят — массив известняка поднялся выше уровня моря, подвергся размыванию поверхностными водами, образовалась изъеденная поверхность с карманами, которые заполнились более молодыми породами. На самом деле образование изъеденной поверхности известняков происходит и на дне моря без всяких поднятий, и карманы заполняются песком и обломками, одновременными по своему образованию с известня-

ками. Такая картина наблюдается на контакте артинских песчаников и верхнекаменноугольных известняков на западном склоне Урала.

Вообще современные коралловые рифы, детально описанные в ряде работ (см. литературу), дают очень много данных для изучения палеозойских и мезозойских рифовых известняков, столь распространенных в пределах СССР.

*О положении к ралловых островов.* Современный риф представляет однородную пещеристую массу известняка, пронизанную различными ходами и пустотами. В дальнейшем эти ходы и пустоты заполняются обломками известняка и известняковым песком и илом. Благодаря непрерывному намоканию и высыханию вся масса перекристаллизовывается, изменяется и переходит в плотный неслоистый известняк, лишенный каких бы то ни было окаменелостей. Только изредка в карманах сохраняется ракуша обычно великолепной сохранности.

Молодой риф до своего уплотнения весьма энергично разрушается и разламывается прибоем. В результате образуются большие количества обломков самых разнообразных размеров, почти всегда угловатых. Эти обломки располагаются вдоль береговой линии, образуя типичную известняковую брекчию. Подобные брекчию весьма часто наблюдаются и по окраинам ископаемых рифов.

В результате дальнейшей переработки валуны переходят в хорошо окатанную гальку, слагающую пласти конгломерата. Эти конгломераты отличаются тем, что у них и галька и цемент известковые. В результате диагенетических процессов эти конгломераты переходят в конгломератовидные известняки.

Конгломераты перетираются в песок, также известковый; затем в составе песка местами большую роль играют фораминиферы и обломки ракушки и кораллов. Благодаря сильному прибою и течениям зона песка в коралловых островах пользуется очень большим распространением, достигает значительной ширины и спускается на глубины в несколько сот метров. Коралловый песок обычно отличается белым цветом.

После диагенеза известняковый песок переходит в грубозернистый известняк. Так как пески обладают нередко ясной слоистостью, то и известняки будут ясно слоисты. В них первичные углы падения будут достигать наибольших размеров.

Интересным примером песков коралловых рифов служит хорошо известный нуммулитовый известняк. В момент своего образования он представлял грубозернистый песок, переходящий в мелкий галечник.

Характерной разновидностью коралловых песков являются некоторые оолитовые известняки, детально рассматривающиеся ниже, в главе о химических осадках.

Коралловый оолитовый песок выдувается ветром на сушу, образуя пояс песчаных дюн с великолепно развитой косой слоистостью. Ширина этого пояса измеряется километрами. И эти дюнные пески метаморфизуются в известняки, нередко оолитовые и с ясной, резкой косой слоистостью.

На более глубоких зонах склона и в лагунах песок сменяется коралловым, известковым илом. Вверху ил сравнительно грубо-зернист, ниже же переходит в тончайшую муть. Эта муть в ископаемом состоянии будет иметь вид плотного, нередко фарфоровидного известняка с характерным раковистым изломом. Коралловый ил спускается на глубины до 2000 — 3000 м. В нем всегда развита ясная слоистость.

В лагунах комплекс осадков в общем тот же — галечники, пески и илы, но отдельные типы осадков обладают уже другим распространением, особенно в глубину. Зона галечника и песка очень узка и ограничена глубинами в немного метров. Остальная же часть дна лагуны покрыта тонкозернистым, плотным, однородным, тонкослоистым илом. Лучшим примером ископаемого ила лагун может служить известный литографский камень — золенгофенский сланец.

В некоторых случаях илы лагун обогащаются скелетными образованиями планктонных организмов, переходя в так называемые псевдоабиссальные отложения, подробно описываемые ниже.

*Терригенные и вулканические отложения коралловых островов.* Вдоль береговых рифов и по внутренней окраине барьерных рифов значительным развитием пользуются терригеновые отложения. Они представлены тонкозернистыми, преимущественно глинистыми осадками. Эти осадки по периферии переслаиваются, вклиниваясь, с известковыми осадками.

В атоллах нередко обнажаются, выходя на поверхность, подводные вулканы. В ряде островов эти вулканы продолжают действовать. Потоки лав наземных и подводных перекрывают поверхность рифовых известняков с тем, чтобы в свою очередь снова покрыться слоем известняка. Благодаря этому образуется переслаивание известняков и лав. На некоторых поднятых островах в разрезах это переслаивание великолепно обнажается. Известняки и лавы контактируют по резко выраженным плоскостям. У жерла вулкана плоскость контакта вертикальна.

Вулканический пепел в больших или меньших количествах смешивается с известковым илом и песком, образуя вулканические туфы и грауваккоподобные породы.

Продукты разрушения эфузивов дают материал для образования терригенных осадков, переслаивающихся и залегающих совместно с известняковыми толщами. Иногда эти терригенные

ново-эффузивные осадки отличаются своеобразным составом, напр. оливковые пески островов Гаити.

Продуктом наземного выветривания лав является так называемая Terra rosso — «красная земля», также встречающаяся в толщах рифовых известняков.

Наконец можно упомянуть о нахождении отдельных кусков, скоплений и прослоев пемзы.

*Наземные и лагунные отложения коралловых островов.* На поверхности коралловых рифов благодаря влажному тропическому климату сразу развивается богатая растительность. В тех случаях, когда поверхность рифа достигает сколько-нибудь значительных размеров, растительность достигает необыкновенно пышного развития. Нередко образуются болота и на дне этих болот накапливаются значительные массы растительного вещества — будущего каменного угля.

Такую картину мы наблюдаем на поверхности Флориды, где сразу на белом рифовом известняке непосредственно залегают болотные отложения с пластами торфа. Такую же картину представлял и Подмосковный бассейн в эпоху образования нижнекаменноугольных углей.

В обособленных заливах и в лагунах очень часто образуются мангровые заросли, в которых отлагаются пласти вязкого вяночного ила, весьма обогащенного органическими веществами.

*Распространение известняков в коралловых рифах.* Нередки случаи, когда коралловый риф целиком сложен одними известняками. В этих случаях известняк образует весь комплекс прибрежных осадков.

Известняк слагает наземные отложения — прибрежные дюны, приобретая косую слоистость.

Известняк образует осадки зоны прибоя — брекции и конгломераты, гальки и цемент.

Из известняка состоит песок пляжей, из известняка состоят прибрежные пески, береговые илы и наконец илы батиальной, а иногда и абиссальной области.

Из этого можно сделать важный вывод, что известняки ни в коем случае сами по себе не могут служить указателем глубины бассейнов. Известняки отлагаются везде, начиная от дюн, переходя к зоне прибоя и кончая абиссальными пучинами.

К сожалению с этим фактом геологи далеко не всегда считаются и нередко считают, что известняки, да еще чистые, могут образовываться только на значительных глубинах. Это мнение и ошибочно и наивно.

Органический мир коралловых рифов необыкновенно богат и разнообразен. Тропический климат, теплое море, обилие извести-

сильные прибой и течения — все это вызывает поразительный расцвет морских животных и растений.

Весьма разнообразны и биоценозы — сообщества. В зоне прибоя фауна бедна и представлена массивными кораллами и альционариями. Из других форм характерны толстостенные пелепиподы — *Tridacna* и разнообразные всеверливающиеся формы.

Там, где прибой ослаблен, развиваются преимущественно хрупкие ветвистые кораллы и появляется богатейшая фауна, отличающаяся красотой, размерами и сложностью своих скелетных образований. В ней встречаются представители буквально всех групп беспозвоночных, да и большинства позвоночных. Широким развитием пользуются и известковые водоросли.

Наконец в лагунах и на больших глубинах открытого моря, на жидкому тонкому илу живет своеобразная фауна, состоящая из небольших тонкостенных изящных форм. Среди фауны характерно нередко большое количество планктонных форм.

Из отдельных групп наиболее характерны и бросаются в глаза рифообразующие колониальные кораллы и гидроиды. Они расположаются на поверхности рифа, они образуют зону прибоя, и долгое время думали, что они являются главнейшей группой в образовании известняков.

Но детальные исследования поверхности рифа и колонок буровых скважин показали, что это мнение неверно. На самом деле наиболее распространены и слагают главные массы известняка:

### 1. Известковые водоросли.

На втором месте стоят:

### 2. Фораминиферы.

И только за ними следуют:

### 3. Кораллы.

Но несмотря на то, что рифообразующие кораллы по своей массе стоят на третьем месте, по своей характерности и по своему значению для определения ископаемых рифов они стоят на первом месте.

Рифообразующие кораллы и гидроиды живут на небольших глубинах. В Индийском океане наибольшего расцвета они достигают на глубинах 5—10 м. В Тихом океане на островах Тонга и Маршалльских зона расцвета 11—13 м, но они живут и на глубинах 25—30 м. На глубинах больше 45 м живые кораллы уже отсутствуют. На Большом барьерном рифе Австралии максимум расцвета на глубинах 4—5 м, где кораллы образуют сплошной пояс. Таким образом рифовые известняки образуются на ничтожных глубинах 5—15 м и не выше 45 м. Их можно считать типичными мелководными отложениями, отложениями почти-что зоны прибоя.

Другими условиями, необходимыми для жизни рифообразую-

щих кораллов, являются тропическое, теплое море со средней температурой не ниже 20° С и прозрачная вода нормальной солености. Как только вода несколько опресняется или появляются терригеновые осадки, рифовые кораллы гибнут. Против устья рек в барьерном рифе всегда образуются проливы благодаря смерти кораллов. Вследствие этого коралловые рифы являются лучшим показателем температуры морей прошлого. Не менее важные заключения можно делать о характере прибрежной части суши, вдоль которой развиваются коралловые рифы.

Из других групп животных следующее место за рифовыми кораллами по своей характерности занимают прирастающие или обрастающие массивные толстостенные пелепиподы. Для современных морей это будут *Tridacna* и устрицы, для морей мезозоя рудисты — *Hippurites*, *Radiolites*, *Requienia*, *Caprotina*. Для палеозоя — *Megalodon*.

Характерны большие, толстостенные, фарфоровидные фраминиферы, особенно *Nummulitidae* и *Fusulinidae*.

Интересно колоссальное развитие известковых водорослей, по массе выделяемой извести занимающих первое место. В ископаемом состоянии они заметны почти исключительно под микроскопом.

Представлены также и все другие группы животных. Многочисленны ракообразные, гастроноды, наибольшего развития достигают цефалоподы. Нередки сплошные заросли мшанок, поля морских лилий, кучами ползают морские ежи.

*Характерные особенности рифовых известняков.* В понятие рифовый известняк или вернее ископаемый риф входят весьма разнообразные типы отложений. Общий очерк их дан выше, сейчас же мы дадим только краткие характеристики.

Характерные признаки всего ископаемого рифа:

1. Основная масса — неслоистый или неясно слоистый известняк.
2. Замкнутые, более или менее резко выраженные границы распространения.
3. Неправильная холмовидная или конусовидная, реже гребневидная форма всей массы известняка.
4. Нередко большая мощность. Иногда рифовый известняк маломощный. Развиты и промежуточные стадии.
5. Фауна: рифообразующие кораллы и гидроиды, толстостенные пелепиподы и брахиоподы.

*Характерные признаки отложений зоны прибоя:*

1. Бреекчиевидность или конгломератовидность породы.
2. Тесная связь, соприкасание с самим телом рифа.
3. Отсутствие фауны или обломки ее.
4. Пески зоны прибоя можно отличить только по отсутствию фауны.

Характерные признаки мелководных отложений морского склона рифа:

1. Ясная первичная зернистость известняка.
2. Ясная слоистость, более или менее толстая.
3. Богатство фауной хорошей сохранности.
4. Преобладание более или менее толстостенных, богато украшенных форм.

Характерные признаки глубоководных отложений и отложений лагун:

1. Большая тонкозернистость известняков. Раковистый излом.
2. Ясная, обычно тонкая слоистость.
3. Сравнительно бедная фауна.
4. Преобладание небольших тонкостенных, тонко скульптурированных форм.

5. Нередка большая примесь планктонных форм.

Отложения лагун можно отличить только по теснейшей связи с телом рифа и залеганию среди рифа.

*Геологическое распространение и примеры ископаемых рифов.* Распространение четвертичных коралловых рифов не отличается от распространения современных. Большая часть современных рифов располагается на месте четвертичных.

Плиоценовые рифы заходят несколько дальше на север, чем современные и четвертичные. Мы встречаем их уже на южном побережье Средиземного моря.

В миоцене происходит уже резкое изменение, и граница распространения сдвигается далеко на север. Коралловые рифы развиты по побережью Северной Африки, в Италии, в Палестине, по северному берегу Средиземного моря, и наконец мы встречаем их далеко в Малой Азии. К югу от Эрзерума автором наблюдался типичный береговой риф в миоценовых отложениях. Небольшой пласт известняков в 10 — 12 м сплошь переполнен кораллами и гидроидами. Вместе с кораллами встречены многочисленные толстостенные пелециподы. Вероятно границей миоценовых коралловых рифов было Памиро-малоазиатское поднятие, обособившее замкнутые опресненные неогеновые бассейны, лежавшие к северу от него, от открытого моря с коралловыми рифами, омывавшего его южную окраину.

Олигоценовые коралловые рифы малоизвестны.

В эоцене с коралловыми рифами тесно связаны нуммулитовые известияки, но типичные коралловые рифы малоизвестны.

В мелу коралловые известияки прорываются еще далее на север. Мы встречаем их на Северном Памире, в Таджикистане, в Персии, в Закавказье и даже на южном склоне Кавказа.

Меловые коралловые рифы представляют толщи массивных темных и светлых известняков мощностью до 200 — 300 м. Из-

вестняки распространены в виде отдельных обособленных площадей. Кроме кораллов и гидроидов громадными массами встречаются массивные толстостенные прирастающие пелепицоды — рудисты. Нередки массивные гастроподы — неринеи. Примером могут служить ургонские известняки Южных Альп и известняки Гоза у Швейцарии.

В юрский период рифовые известняки проникают далеко на север и достигают колоссального развития. Они развиты на Памире, в Таджикистане, в Копет-даге, на северном склоне Кавказа, в Крыму, в южной Германии, к северу от Альп, в Англии и т. д. Береговые рифы небольшой мощности проникают уже в Донбасс.

Мощность юрских рифовых известняков громадна до 400—600 м. Они представлены массивными или неясно слоистыми темными и светлыми кристаллическими и плотными известняками.

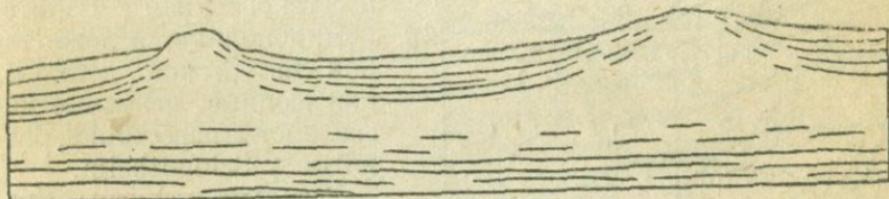


Рис. 35. Схема разреза залеп гофенского атолла. (По Вальтеру, 105.)

Органические остатки, в том числе и кораллы встречаются редко. Повидимому рифообразующими формами были известковые водоросли и гидроиды. Кораллы играли еще более подчиненную роль, чем в настоящее время. Характерны толстостенные пелепицоды — *Diceras* и гастроподы *Nerinea*.

Наиболее хорошо изучен золенгофенский атолл в южной Германии. По описанию Вальтера (125) можно установить полное тождество с современными рифами. Из приводимого им схематического разреза (см. рис. 35) отчетливо видны слоистые мергеля, отлагающиеся на морском склоне. Затем идет сам риф — скалы мощного массивного светлого известняка. Известняк пещеристый с заполненными пустотами. Местами он переполнен губками, принимая вид губкового известняка, местами видны кораллы, но главная масса известняка немая, перекристаллизованная. Фауна встречается местами, скоплениями. Наиболее характерны толстостенные *Diceras* и многочисленные и разнообразные *Nerinea*. Нередки другие гастроподы — *Cerithium*, *Natica*, *Turbo*, *Pleurotomaria* и пелепицоды — *Pecten*, толстостенные тяжелые устрицы и прираставшие *Hinnites* и *Lima*. В полостях встречаются гигантские *Terebratula* и морские ежи, всверливавшиеся в известняк.

За массивом рифа идут отложения лагун, представленные здесь всемирно известным золепгофенским, литографским сланцем. По краям лагуны сланец переслаивается с рифовым известняком, в центре же отличается наибольшей чистотой и однородностью. Fauna лагунных отложений своеобразна и состоит из морских форм и наземных, заносившихся в лагуну ураганами. Среди морских форм передки аммониты, медузы, морские лилии; среди наземных — *Archaeopteryx*, *Pterodactylus*, насекомые и прыгавший как кенгуру динозавр *Compsognathus*.

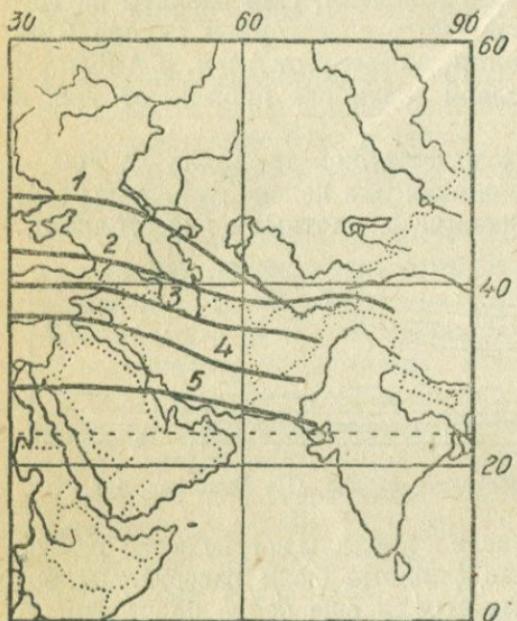


Рис. 36. Схема перемещений северной границы распространения коралловых рифов.  
1 — верхнеюрская эпоха. 2 — верхнемеловая эпоха. 3 — миоценовая эпоха. 4 — плиоценовая эпоха. 5 — современная эпоха.

За лагуной снова идет риф и дальше нормальные морские известняки.

Поразительная картина, восстановленная Вальтером, дополняется даже такой интересной деталью, как дюнные, наземные конослоистые известняки, развитые у Schnaitheim.

Детально изучены Burgat рифы Юрского хребта. Хорошо известны рифы Лароши и Англии.

Своеобразны береговые рифы, найденные в Донбассе А. А. Борисяком (139). Они представлены небольшим пластом оксфордского известняка с кораллами, *Phasaniella* и *Nerinea*.

Сопоставляя границы распространения коралловых рифов (см. рис. 36), можно отметить интересный вывод. Граница распространения рифов наиболее северное положение занимала в юрском периоде. Затем она начинает постепенно передвигаться к югу. В нижнем мелу она уже лежит на южном склоне Кавказа; в верхнем мелу уже на севере Закавказья. В миоцене она сдвигается уже к Эрзеруму; в плиоцене к Средиземному морю и наконец в четвертичную эпоху в Красное море к Синайскому полуострову.

Сдвижение линии коралловых рифов интересно своей медленностью, постепенностью и правильностью. Оно указывает на такое же медленное, постепенное и правильное сдвижение климатических условий — сдвижение изотермы в  $20^{\circ}$  С. Сдвижение

климатических поясов связано вероятнее всего с наклоном земной оси. Характер сдвижения границы рифов указывает на такое же характерное изменение наклона земной оси. Мы видим, что земная ось изменяет свое положение, вернее свой наклон весьма медленно и постепенно; медленно настолько, что граница рифов с юры доныне изменила свое положение только на 18—20°.

В триасе к рифовым известнякам относят известные доломиты Тироля. Они образованы главным образом известковыми водорослями. Литологическое сходство с юрскими известняками показывает, что и эти известняки в значительной степени были образованы известковыми водорослями.

*Палеозойские рифовые известняки* изучены значительно меньше мезозойских, но все же имеется ряд работ, им посвященных.

В русской литературе верхнепалеозойским рифам посвящена работа Н. Н. Яковлева (140).

Большая часть известковых накоплений, описанных авторами, значительно отличается от современных коралловых островов. Это невысокие холмы массивных известняков, заключенные среди нормальных слоистых отложений. Высота холмов не превышает немногих десятков метров, а длина нескольких километров. Условия образования этих массивов не совсем ясны, так как сравнение их даже с береговыми рифами затруднительно.

В некоторых случаях эти образования действительно представляли рифы, о которые разбивались волны. Об этом свидетельствуют брекчии, окружающие массив и постепенно переходящие в слоистые известняки. В других случаях эти массивы даже не были рифами, далеко не доходя до поверхности, так как всякие следы разрушения отсутствуют. Вероятно они представляли подводные банки, располагавшиеся на шельфе.

Более близки по размерам и форме громадные известковые массивы среднепалеозойского возраста, развитые на Урале и в Тянь-Шане. Мощность массивов измеряется многими сотнями метров, длина десятками километров. Преобладают массивные или иеясно слоистые известняки, обычно немые, перекристаллизованные. Широкое развитие строматопор и табулят указывает на рифовый характер. Отсутствие специального изучения не позволило установить необходимую смену фации, столь ясную в золенгофенском атолле. Пока неизвестно тело рифа, неизвестно положение лагуны, трудно говорить и о рифовом происхождении.

Рифообразующие формы несколько отличаются от мезозойских. Правда на первом месте стоят известковые водоросли (помидому) и строматопороиды, но широкое развитие табулят — Favosites, Syringopora, Chaetetes придает своеобразный характер палеозойским рифам.

В кембрийских известняках рифообразователями являются известковые водоросли и *Archaeocyathidae*.

В докембрийских отложениях развиты одни известковые водоросли, и рифы, если и были, то носили характер береговых и самое большее барьерных.

Суммируя можно сказать, что в кенозое и мезозое рифовые известняки составляют главную массу всех известняков. В палеозое их значение уменьшается. В докембрии же они заменяются другими типами известняков, вероятно химическими и бактериальными.

**Фораминиферовые известияки.** *Прибрежные фораминиферовые известияки.* Современные фораминиферы делятся на две большие группы:

1. Донные прибрежные формы.
2. Пелагические планктонные формы.

Донные прибрежные формы отличаются плотной, иногда массивной раковиной с фарфоровидными стенками. Они живут массивами на небольших глубинах, но нередки и скопления на более значительных глубинах шельфа от 100 до 200 м. Наибольшие массы фораминифер живут на зарослях водорослей на илистом грунте. Их раковины скапливаются иногда в таких массах, что являются породообразующим элементом.

По сводке Вальтера (1) можно привести следующие факты.

По берегам Красного моря между береговым рифом и сушей располагается пролив, сплошь заросший водорослями и морской травой, на которых живет богатейшая фораминиферовая фауна. Волны выбрасывают на берег длинные гряды белого песка. Этот песок состоит из одних раковин фораминифер, среди которых преобладают линзовидные раковины орбитолин.

Весьма широко распространены фораминиферы в тропиках, принимая большое участие в образовании рифовых известияков.

Колоссальными массами фораминиферы живут на прибрежных водорослях рифа Palau. Большая часть песка по берегам этого острова образована раковинами фораминифер.

На острове Сен-Винцент на глубине 12—91 м *Amphistegina* образует две трети всего осадка.

По берегам Австралии и прилегающих островов нередко почти весь песок состоит из раковин *Orbitolites*.

Этих примеров достаточно, чтобы показать, в каких неизмеримых количествах скапливаются раковины фораминифер в прибрежных областях тропических морей.

Важно отметить, что эти скопления обычно теснейшим образом связаны с зоной прибоя. Фораминиферы образуют весь песок пляжа в зоне прибоя. Фораминиферы выдеваются на берег, образуя прибрежные дюны далеко от уровня моря. Таким

образом многие фораминиферовые известняки образуются в зоне прибоя, а некоторые даже на суше по побережью.

Совершенно такие же скопления наблюдаются и в отложениях прошлого. Наиболее распространенным и известным примером их являются нуммулитовые известняки. Своебразная фауна, состоящая из гигантских гастропод и ежей, массивных тяжелых устриц, указывает на небольшую глубину. Несомненно, что часть нуммулитовых известняков в момент образования представляла такой же песчаный пляж, каковой сейчас образует *Orbitolites*. Возможно, что некоторые разновидности нуммулитовых известняков образовывались ветром на суше, выше уровня моря.

Тождественную картину представляют верхнепалеозойские фузулиновый и швагериновый известняки. И здесь мы имеем скопления бесчисленных масс фораминифер в зоне прибоя и несколько ниже и выше ее. Мнение это для швагерина иногда оспаривается на основании соображений, связанных с шарообразной формой раковины, якобы приспособленной к планктонному образу жизни. Вряд ли это правильно, так как условия нахождения фузулинового и швагеринового известняков совершенно одинаковы, и они одинаково связаны с прибрежными фациями коралловых островов.

Интересно отметить связь эпох расцвета прибрежных фораминифер с эпохами горообразовательных процессов. *Fusulinidae* связаны с варисцийской складчатостью, а *Nummulitidae* и близкие формы — с альпийской складчатостью.

*Глубоководные фораминиферовые известняки.* Другие группы фораминифер массового развития достигают в умеренных и даже северных морях как в прибрежной зоне, так и в более глубоких областях шельфа. Так напр. в Кольском заливе по данным К. М. Дерюгина (92) на глубине 100—140 м залегает фация фораминиферового песка с битой ракушей. Преобладают рода *Truncatulina*, *Lagena*, *Miliolina*, *Cristellaria*. Все эти формы микроскопических размеров и обладают тонкой, хрупкой раковиной.

Подобные глинистые известняки и мергеля с массой фораминифер, образовавшиеся на более значительных глубинах шельфа, недорки и в ископаемом состоянии.

Известняк с *Miliolina* нередко встречается в третичных отложениях Западной Европы. Аналогичны по условиям белые мергелистые известняки карбона Подмосковного бассейна, переполненные разнообразными фораминиферами небольших размеров — *Bradyina*, *Endothyra*, *Fusulinella* и т. п.

Наконец последним типом известковистых отложений, переполненных фораминиферами, являются писчий мел и близкие к нему породы. Фораминиферы, играющие крупную роль в их

образовании, представлены уже исключительно пелагическими формами.

Эти отложения долгое время считались аналогами современного абиссального глобигеринового ила. Но более детальное изучение показало, что они относятся к группе так называемых псевдоабиссальных отложений. Эти отложения связаны с накоплением пелагических форм в сравнительно неглубоких частях моря и более детально будут описаны ниже.

**Мшанковые известняки.** В массовых количествах мшанки встречаются в трех случаях:

1. Заросли мшанок на твердом грунте в области шельфа.
2. Скопления мшанок на поверхности водорослей.
3. Рифовые образования в солоноватоводных бассейнах.

В нормальных морских бассейнах мшанки встречаются часто, но очень редко играют роль породообразующего элемента.

*Скопления мшанок на твердом грунте в области шельфа.* Основным условием для развития мшанок является наличие твердого грунта и сильных течений. Это наблюдается в областях скопления известковых водорослей. Некоторые участки этих скоплений сплошь зарастают мшанками. Количество мшанок становится настолько велико, что они делаются породообразующим элементом. В результате образуются небольшие прослои и линзы известняков, образованных скелетными образованиями мшанок и продуктами их разрушения.

Иногда такие скопления мшанок развиваются и в области коралловых островов.

Заросли мшанок и соответственно прослон мшанковых известняков указывают на довольно значительные глубины, не местье нескольких десятков метров.

Примеромскопаемых морских мшанковых известняков могут служить мшанковые известняки датского яруса.

*Скопления мшанок на поверхности водорослей.* Нередко в заливах и вдоль берегов, защищенных от сильного прибоя, на зарослях водорослей развиваются громадные количества мшанок, прирастающих и покрывающих водоросли.

После отмирания водоросли и вместе с ними мшанки опускаются на дно, располагаясь по его поверхности. Грунт в таких зарослях водорослей обычно представляет песчанистый ил. За счет разрушения скелетных образований мшанок грунт становится более или менее известковистым.

После диагенеза образуется известковистый песчано-глинистый сланец, переполненный скелетными образованиями мшанок, располагающихся более или менее параллельно поверхностям напластования. Мощность мшанковых известковых сланцев иногда достигает нескольких десятков метров, и вообще они пользуются

широким распространением, особенно в средне- и верхнепалеозойских отложениях. Иногда кроме мшанок нет никаких других окаменелостей, и тогда мшанки становятся определяющими возраст.

*Рифовые образования в солоноватоводных бассейнах.* Мшанки хорошо выдерживают изменения солености и одинаково живут в морских, опресненных и пресноводных бассейнах. В морских бассейнах, благодаря большой конкуренции со стороны других форм, мшанки очень редко образуют большие скопления. В опресненных бассейнах большая часть других групп вымирает, мшанки остаются без конкуренции и нередко размножаются в колоссальных количествах. Так как мшанки растут в одном и том же месте, постепенно прирастая друг к другу, то скопления их скелетных образований образуют большие известковые массивы. Размеры и характер этих массивов различны. Максимальные размеры: несколько километров в длину, несколько сот метров в поперечнике и несколько десятков метров в высоту. Отдельные массивы располагаются друг за другом, образуя полосы и площади, длиной в десятки километров. Изредка отдельные массивы поднимаются до поверхности моря, образуя настоящие рифы. Обычно же они не достигают поверхности моря, образуя холмы и выступы на дне моря. Большинство массивов мшанковых известняков отличаются небольшими размерами.

Широким развитием мшанковые массивы пользуются в сарматских отложениях Керченского полуострова. Они подробно описаны в монографии Андрусова (**141**), заключающей много важных данных.

В Бессарабии скопления мшанковых известняков неогенового возраста образуют довольно высокие холмы, которые называются «толты».

Аналогичны по условиям образования мшанковые фенестелловые известняки германского цехштейна, также связанные с обособленным и опресненным бассейном.

*Губковые известняки.* Скопления известковых губок достигают значительных размеров только в тропических морях в области коралловых рифов. Известняки, образованные губками, являются частью известняков, образующих рифовый массив.

В подобных же условиях губковые массивные известняки встречаются и в отложениях прошлого. Наиболее известным примером являются губковые рифы, связанные с верхнеюрскими коралловыми рифами Западной Европы.

Вне коралловых рифов известковые губки очень редко являются породообразующими. Тогда они слагают линзовидные пласти неправильных очертаний и небольшой мощности.

Такие губковые слои наиболее распространены в верхнемеловых отложениях, как напр. в верхнем мелу Поволжья.

**Брахиоподовые, пелепидоподовые и гастроподовые известняки.** Известняки, образованные брахиоподами, пелепидоподами и гастроподами, широко распространены по всему свету и во всех отложениях, начиная с нижнего силура. Все они образуются в одних и тех же условиях, но состав биоценоза меняется. В палеозойских отложениях преобладают брахиоподы и пелепидоподы, а гастроподы сравнительно редки. В мезозое первое место занимают пелепидоподы, на втором месте стоят брахиоподы и на третьем гастроподы. В кенозое на первое место выдвигаются гастроподы, за ними идут пелепидоподы, брахиоподы становятся редко встречающейся группой. Но по условиям образования брахиоподовые известняки палеозоя, пелепидоподовые мезозоя и гастроподо-пелепидоподовые кенозоя тождественны. Тождественны и типы известняков. В связи с этим мы рассмотрим условия образования брахиоподовых, пелепидоподовых и гастроподовых известняков одновременно.

Известняки, в которых преобладают остатки пелепидопод, гастропод или брахиопод, нередко называют «ракушняками».

Условия образования ракушняков очень различны, но все они связаны с областью шельфа, только в исключительных случаях распространяясь на верхнюю часть континентального склона.

Среди ракушняков можно видеть три основных типа:

1. Ракушняковые известняки.
2. Ракушняковые банки.
3. Чистые ракушняки.

Ракушняковые известняки характеризуются тем, что раковины и цемент встречаются в одинаковом количестве или раковины меньше цемента. Второй признак — это фауна, состоящая из многих и разнообразных форм.

Ракушняковые банки характеризуются тем, что раковины резко преобладают над цементом. Второй признак — однообразная фауна, состоящая из одной или немногих форм, связанных друг с другом образом жизни.

Чистые ракушняки характеризуются тем, что раковины резко преобладают над цементом. Второй признак — фауна, состоящая из многочисленных и разнообразных форм, при жизни не связанных друг с другом.

*Ракушняковые известняки* Брахиоподовыми, пелепидоподовыми или гастроподовыми известняками называются такие известняки, в фауне которых преобладает та или другая группа. Иногда вся фауна известняка состоит из одних брахиопод или пелепидопод, но чаще в состав фауны входит несколько групп вместе.

Название ракушняковым известнякам дается по преобладающей группе, напр. брахиоподовый известняк, или по характер-

ной форме, например кубоидный известняк, по имени *Rhynchonella cuboides*, или по местности наиболее типичного развития, напр. — герцинский известняк от Гарца, мячковский известняк от с. Мячково, и т. п.

Классификация ракушняковых известняков не разработана. Они настолько многочисленны и разнообразны, что перечисление даже наиболее типичных невозможно.

Некоторые фации ракушняковых известняков обладают весьма широким распространением и встречаются почти по всему свету, как напр. нижнекаменноугольные литостроционовые известняки или девонские стрингоцефаловые известняки. Другие фации наоборот обладают весьма узким распространением.

Условия образования ракушняковых известняков весьма разнообразны.

В современных морях пелециподы и гастropоды преобладают в фауне той или другой фации на самых различных глубинах шельфа и континентального склона. Известняки же образуются только в зоне шельфа и только в коралловых островах спускаются на континентальный склон. Благодаря этому современные ракушняковые известняки связаны с шельфом и наиболее часто с глубинами до 100 — 120 м. Такую же картину мы наблюдаем и в отложениях прошлого. В пределах же шельфа ракушняковые известняки образуются везде, начиная от глубин в несколько метров.

*Ракушняковые банки*. Ракушняковой банкой называется скопление экземпляров одного и того же вида на морском дне. Это скопление возвышается над морским дном, отчего и происходит само название: «банкой» называется всякое подводное возвышение с пологими склонами.

Характернейшей особенностью банки является ее биоценоз, состоящий из одной или очень немногих, взаимно связанных форм. Отдельные особи этой формы чаще всего прирастают друг к другу, реже держатся вместе благодаря значительному весу раковины.

В современных морях наиболее типичным и распространенным примером ракушняковой банки являются устричные банки.

Устричные банки представляют скопление особей одного вида, прирастающих друг к другу. Нижние слои постепенно отмирают, а на них прирастают все новые и новые слои. В результате образуются банки длиной до нескольких километров, шириной в сотни метров и высотой в несколько метров.

В строении банки принимают участие только одни устрицы и немногие другие формы, при жизни связанные с устрицами, т. е. питающиеся ими, всверливающиеся в них и т. п.

Устричные банки образуются на небольшой глубине около

нескольких метров в прибрежной области, в районе сильного действия волн. Волны смывают всех остальных животных, кроме тяжелых и приросших друг к другу устриц.

В мезозое аналогичные банки образуют кроме тех же *Ostrea* и другие рода *Ostreidae* напр.: *Exogyta*, *Alectrionia*, *Gryphaea*. Можно отметить также широко распространенныеrudистовые банки, которые нередко связаны с коралловыми рифами. Устричные же банки образуются в морях всех климатов.

В палеозое пелециподовые банки редки; можно упомянуть только скопления громадных, массивных, толстостенных *Megalodon*, но зато место пелеципод занимают брахиоподы.

В карбоне широко развиты продуктусовые банки. Они образуются главным образом видами *Productus giganteus* и *Productus striatus*. Раковины *Productus giganteus* располагаются выпуклой массивной толстой створкой вниз. В одну раковину помещается другая и т. д., удерживаясь вместе благодаря большому весу раковины. *Productus striatus* образует банки также, как и устрицы, взаимно прирастая друг к другу, но прирастание происходит в вертикальном положении.

В девоне банки образуются строфеодонтами, по форме и массивности раковин очень близкими к *Productus*, напр. *Stropheodonta uralensis* из среднего девона Урала. Иногда стрингоцефалы (*Stringocephalus*) срастаются в сплошные массы банкообразного характера. Наконец банки образуются срастающимися друг с другом большими грубо ребристыми пентамерами (*Pentamerus baschkiricus*).

В верхнем силуре также распространены пентамеровые банки (*Pentamerus knighti*, *P. vogulicus*).

В нижнем силуре и кембрии ракушняковые банки неизвестны.

Где бы ни была встречена ракушняковая банка, в каких бы то ни было отложениях, она всегда определяет небольшую глубину, порядка нескольких метров. Но всегда нужно помнить, что отдельные особи того вида, который образует банку, напр. устрицы, могут встречаться на значительных глубинах.

*Ракушняки, чистые ракушняки.* Ракушняками мы называем вторичные скопления мертвой, перемытой ракуши, в таких массах, что раковин значительно больше цемента.

По условиям образования ракушняки можно разбить на две большие группы:

1. Ракушняки подводные.

2. Ракушняки надводные.

Подводные ракушняки образуются чаще всего благодаря деятельности течений. После смерти животного раковина постепенно переносится течением до определенного пункта, где течение застывает. В этом пункте происходит постепенное накопление иногда

значительных масс раковин. Благодаря тому что перенос происходит медленно, сохранность ракушни очень хорошая и количество обломков сравнительно невелико. Много экземпляров с двумя створками. Размеры и мощность подводных ракушняков могут быть довольно значительными, мощность напр. до 10 — 20 м.

Надводные ракушняки представляют береговые валы, состоящие главным образом из ракушки. Благодаря тому что ракушка, прежде чем попасть в береговой вал, проходит через зону прибоя, она всегда носит следы перетирания. Когда прибой слаб, то следы перетирания слабые, когда же прибой сильный, то ракушка почти вся раздробляется и окатывается, образуя так называемую «битую ракушку».

В подводных ракушняках нередка примесь грубозернистого песка, попадаются отдельные гальки, куски древесины, кости рыб и других позвоночных и другие посторонние предметы, заносимые прибоем в береговой вал.

Размеры береговых валов различны. В тех случаях, когда море постепенно отступает, береговые валы могут достигать значительных размеров — длины в десятки километров, ширины — в километры и мощности — в несколько метров.

Надводные ракушняки важны как точные указатели положения береговой линии, но очень неточны как указатели возраста, ибо в них смешивается фауна различных фаций и нередко различных горизонтов, благодаря вымыванию прибоем более древней фауны.

Цефалоподовые известняки. Из цефалоподовых известняков развиты только: в мезозое — аммонитовые известняки и в палеозое — гониатитовые и ортоцератитовые известняки. Те и другие характеризуются преобладанием в фауне соответствующих групп головоногих.

Головоногие свободно плавающие, легко подвижные формы, и одно время думали, что они не связаны с морским дном, не связаны с фациями морского дна. Но сейчас можно определенно сказать, что большинство головоногих связаны с определенными фациями морского дна и встречаются только в них.

Большинство цефалоподовых известняков отличаются плотностью, однородностью и тонкозернистостью и связаны с более глубокими областями шельфа.

Ряд цефалоподовых фаций, напр. красные аммонитовые известняки, красные климениевые известняки, считались батиальными и даже абиссальными отложениями. Сейчас это опровергается, и ряд исследователей считают эти фации псевдоабиссальными.

Во всяком случае цефалоподовые известняки указывают на более глубокие зоны шельфа, а иногда и континентального склона.

Другое значение цефалоподовых известняков заключается в том, что они весьма точно определяют возраст той свиты, в которой они залегают.

Мощность и протяженность цефалоподовых известняков невелики, и они быстро сменяются другими фаунами.

Наиболее известные примеры: ортоцератитовые известняки силура, гониатитовые известняки девона и карбона, климениевые известняки девона, цератитовые известняки триаса, красные аммонитовые известняки юры и триаса и скафитовые и бакулиевые мергеля верхнего мела.

**Эхинодерматовые известняки.** Эхинодерматовые известняки характеризуются преобладанием в их фауне иглокожих, передко являющихся пордообразующим элементом.

Можно отметить два основных типа эхинодерматовых известняков.

1. Энкринитовые или криноидные известняки.

2. Эхиноидные известняки и мергеля.

Сравнительно мало распространены:

3. Цистоидные и бластоидные известняки.

4. Астерисовые известняки и сланцы.

*Энкринитовые известняки* передко сплошь состоят из членников и табличек морских лилий. Членники называются по латыни Encrinites, от чего и происходит само название. Название криноидные происходит от слова Crinoidea — морская лилия.

Криноидные известняки редко достигают значительной мощности, обычно измеряясь по мощности несколькими метрами. Протяженность их довольно значительная.

Современные наиболее известные морские лилии живут на больших глубинах. Поэтому раньше считали все энкринитовые известняки глубоководными. Но и в современных морях большинство криноидей связаны с глубинами не больше нескольких десятков метров. На еще меньших глубинах жили массивные короткостебельные палеозойские криноидеи. Благодаря этому в настоящее время энкринитовые известняки считают сравнительно мелководными образованиями, связанными с глубинами от 10 до 50 — 60 м.

На морском дне морские лилии образуют сплошные поля более или менее значительных размеров. После смерти животного оно очень легко рассыпается на членники и таблички, которые устилают дно правильным слоем. На этом слое развиваются новые животные и т. д. Заросли лилий часто связаны с коралловыми рифами.

Энкринитовые известняки наибольшего развития достигают в девоне и карбоне, но известны начиная с верхнего силура и кончая юрой. В мелу и кенозое они почти неизвестны, замещаясь эхиноидными известняками.

*Эхиноидные известняки и мергеля* характеризуются массовым количеством табличек панцирей и игол морских ежей — Echinoidea.

Современные Echinoidea живут на самых различных глубинах и отложениях, но максимального развития достигают в зоне ослабленного влияния волн, т. е. на глубинах от 10 — 20 до 60 — 100 м. Повидимому в таких же условиях жили и вымершие формы. Но некоторые из них, напр. *Cidaris*, с толстым панцирем и громадными массивными иглами жили и на меньших глубинах. Так же как и морские лилии, морские ежи в громадных массах встречаются в области коралловых рифов.

Мощность и протяженность эхиноидных известняков сравнительно невелики.

Они встречаются, начиная с нижнего карбона, но значительного развития достигают, начиная с верхнего мела. В верхнемеловых и третичных отложениях известняки и мергеля с морскими ежами встречаются нередко. Они указывают на средние глубины шельфа.

*Цистоидные и бластоидные известняки* изредка встречаются в палеозойских отложениях. Примером их могут служить эхиносферитовые нижнесилурийские известняки Ленинградской области и пентремитовые нижнекаменноугольные известняки Северной Америки. Условия их образования не отличаются от условий образования криницдных известняков.

*Астериевые и офиуровые сланцы* и известняки очень редки и связаны или с большими глубинами, или с обособленными заливами.

*Трилобитовые и остракодовые известняки.* Эти известняки характеризуются преобладанием трилобитов и остракод. Средних можно выделить два типа.

Первый тип отличается тем, что вся фауна состоит из трилобитов или остракод, или из тех и других. Порода представляет чрезвычайно тонкозернистый, плотный, аморфный фарфоровидный известняк с раковистым изломом. Этот тип образуется или на больших глубинах открытого моря, или в обособленных заливах и лагунах коралловых островов. Для большинства случаев более вероятно последнее, но возможно и наличие глубоководных известняков, образовавшихся на глубинах от 100 до 800 м.

Второй тип представляет мелководные отложения с глубинами не более 60 — 80 м. Они представляют мергелистые известняки с богатой и разнообразной фауной. Вместе с преобладающими трилобитами встречаются самые разнообразные другие животные.

Примером первого типа могут служить среднедевонские и верхнесилурийские известняки с *Leperditia*. Примером второго

типа являются некоторые фауны нижнесилурийских известняков Ленинградского района.

Целентератовые известняки. Эти известняки образованы различными Coelenterata. Они нередко входят в состав рифовых известняков и там упоминались, но довольно часто они встречаются и вне всякой зависимости от коралловых рифов и поэтому рассматриваются как самостоятельный тип известняков.

Наиболее широко развиты они в палеозое, встречаются в мезозое и мало известны в кенозое. Это объясняется отчасти тем, что целентератовые известняки связаны с тропическими морями, более распространенными в палеозое.

Наиболее древним типом являются археоциатовые известняки кембрия. Часть их имеет почти рифовый характер, но большая часть представляет подводные накопления небольших глубин и с хорошо развитыми движениями воды.

В верхнем силуре и девоне весьма широко распространены табулято-строматопоровые известняки. Главная масса их состоит из скелетных образований строматопороидей и табулят, нередко встречаются ругозы и другие формы — гастролоды, брахиоподы и др.

Табулято-строматопоровые известняки представляют или правильные пласти, или неправильные скопления довольно значительных размеров. Иногда эти скопления достигают поверхности моря, образуя рифы, но чаще они не доходят до поверхности, залегая на небольших глубинах, до 10 — 20 м. Из отдельных фаун можно упомянуть фавозитовые, строматопоровые, хализитовые и амфиоровые известняки.

В карбоне общий характер тот же, но преобладают сирингопоровые, хететовые и строматопороидные известняки.

В триасе и юре изредка встречаются известняки, образованные строматопорами.

Все эти типы известняков служат хорошим указателем на небольшие глубины бассейна, сильные движения воды и высокую среднюю температуру и образуются в прибрежных областях тропических морей.

На этом мы заканчиваем краткий обзор известняков, образованных животными, далеко не исчерпав всего их разнообразия.

**Известняки, образованные водорослями и бактериями.** Наиболее распространены и хорошо изучены известняки, связанные с фотосинтезисом растений. Менее изучены, но возможно широко распространены известняки, образованные бактериями.

Известняки, образованные водорослями. Среди морских отложений встречаются только известняки, образованные известковыми водорослями.

К современным известковым водорослям относятся рода: *Corallina*, *Nullipora*, *Lithothamnium*, *Iania*, *Melobesia*, *Lithophyllum* и др. По их имени и известняки называются: кораллиновые, нуллипоровые, литотамниевые и т. д.

Известковые водоросли представляют небольшие моховидные или лишайниковые растения. Их наружная поверхность выделяет известь, облекающую растение плотной коркой. Образуются шаровидные, трубковидные, листовидные, лишайниковые образования небольших размеров. Они легко разрушаются и перекристаллизовываются, превращаясь в неслоистый известняк. Иногда внутреннее строение сохраняется хорошо. В обнажениях на поверхности известняка ничего не видно, и только в шлифах видно концентрически столбчатое строение, характерное для известковых водорослей. В связи с этим известковые водоросли обнаруживаются с трудом и нет сомнения, что с дальнейшим изучением известняков количество кораллиновых известняков значительно увеличится.

В современных морях известковые водоросли образуют скопления на дне в виде полос, вытянутых вдоль берега или занимающих середину заливов. Размеры полос различны, достигая десятков километров в длину, километров в ширину и многих метров мощности. При постепенном опускании дна моря мощность значительно увеличивается, достигая десятков и сотен метров. Основными условиями для роста известковых водорослей является наличие света и хорошо развитых течений. Наибольшего развития они достигают на глубинах от 10 до 150 м.

У берегов Новой Земли скопления известковых водорослей развиты на глубине около 45 м, у Шпицбергена на глубине 18 — 36 м, в Кольском заливе на глубинах от 6 до 80 м, с максимумом на 10 — 40 м. У берегов Франции скопления известковых водорослей, так называемый мэрль — maerl, развиты на глубинах 25 — 30 м. Они добываются крестьянами для удобрения полей. По берегам Средиземного моря известковые водоросли развиты на глубинах 30 — 80 м. Громадного развития известковые водоросли достигают в тропиках, передко составляя основную часть рифовых известняков.

Скопления известковых водорослей обладают твердой неровной поверхностью, на которой живет богатейшая и разнообразнейшая фауна. Эта фауна прирастает к известковистым водорослям, питается ими, питается друг другом и достигает необыкновенного развития.

Таким же характером обладают и скопления известковых водорослей в отложениях прошлого. Известняки, связанные с ними, обладают чрезвычайно большим распространением и передко громадной мощностью.

В различные периоды преобладают различные группы известковых водорослей.

В кенозое преобладают флоридей — рода *Lithothamnium*, *Nullipora* и *Corallina*. Примером известняков, образованных ими, может служить известняк *Leitha* с богатой и разнообразной фауной.

В мезозое преобладают *Codiacea*. В верхней юре *Sphaeroscodium* образует слои *Mumienkalk*. Но наибольшего развития известковые водоросли достигают в триасе. Значительная часть мощных доломитов Тироля сложена известковыми водорослями *Gyroporella* и *Diplopora*. Мощность их измеряется сотнями метров.

В палеозое развиты сифонеи — *Codiacea*, род *Girvanella* и *Dasycladdea* — рода *Vermiporella*, *Palaeporella*. Они слагают известковые массивы и пласты в силурийских отложениях. За последние годы они обнаружены в каменноугольных и девонских отложениях и наконец в кембрии Северной Америки и Сибири.

В докембрии также найдены толщи известняков, образованных известковыми водорослями.

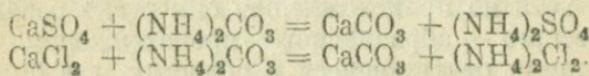
Палеозойские известковые водоросли изучены очень мало, и дальнейшее микроскопическое изучение несомненно обнаружит их в целом ряде известняков.

Известняки, образованные бактериями. В 1914 г. Дрю (Drew, 143) установил, что некоторые бактерии, которые он назвал *Bacterium calcis*, обладают способностью в присутствии азотистых веществ выделять  $\text{CaCO}_3$ . Дрю обнаружил эти бактерии в ряде пунктов на дне Атлантического океана как на американском, так и на европейском берегах. По его мнению в мелководных тропических бассейнах выделяющие известие бактерии играют крупную роль в образовании известняков. Он говорит: можно сказать, со значительной степенью уверенности, что очень большие массы мелоподобного ила, слагающие Большую Багамскую банку и банки в районе юга Флориды, выделяются в настоящее время благодаря деятельности *Bacterium calcis* из солей кальция, заключающихся в растворе в морской воде. Из этого можно сделать предположение, что *Bacterium calcis* или близкие формы могли играть крупную роль в образовании различных мелоподобных отложений в совокупности с раковинами фораминифер и других организмов.

Открытие Дрю вызвало большой интерес. Последовал ряд работ других исследователей, которые дали неопределенные результаты. Многие работы подтвердили данные Дрю, несколько изменив и дополнив их. Другие работы значительно сократили способность бактерий к выделению извести. Детальная сводка этих работ дана Твенхофелем (2). Суммируя ее, можно сказать,

что факт выделения бактериями извести доказан, но его размеры и условия достаточно не выяснены. Один факт возможности выделения бактериями извести заставляет пересмотреть все гипотезы об образовании ряда немых известняков, так широко развитых в нижнем палеозое и докембрии.

**Известняки, образованные разложением органического вещества.** При разложении органического вещества в значительных количествах выделяется аммиак, который соединяется в воде со свободной углекислотой, образуя карбонат. Этот карбонат, действуя на соли кальция, выделяет кальцит, по следующей реакции:



В разложении органического вещества и выделении аммония большую роль играют также бактерии.

Опыты, поставленные Ирвином и Мэрреем (Irving and Murray, 145), показали реальность этих процессов. Получающийся кальцит очень похож на кальцит, выделяемый бактериями.

Твенхофел (2) считает, что эти процессы могли играть крупную роль в образовании ряда древних немых известняков. Он говорит, что многие известняки только в незначительной части состоят из окаменелостей, а главная масса их состоит из почти аморфного кальцита. «Кажется вероятным, что этот тонкозернистый углекислый кальцит частью произведен осаждением благодаря неорганическим агентам и частью реакцией с карбонатом аммония, получившимся от деятельности организмов или разложения органического вещества».

Интересные гипотезы об образовании первых известняков предложены Дэли (Daly, 147). Он доказал, что докембрийские известняки не образованы скелетными образованиями животных.

**Известняки химического происхождения.** Известняки, связанные в своем образовании с химическими реакциями, описаны в главе о химических осадках.

**Известняки механического происхождения.** Среди известняков механического происхождения выделяют два основных типа:

1. Абразионные известняки.
2. Дюнны, эоловые известняки.

Абразионные известняки образуются в результате разрушения прибоем берега, сложенного известняками или известковистыми осадками, и отложения вновь известковистых продуктов разрушения.

В современных морях примеры абразионных известняков недорки. Напр., пески на берегах островов Готланд и Антикости

больше чем на 90% состоят из зерен известняка. Острова Готланд и Антиости сложены силурийскими известняками.

Отложение известкового ила наблюдается у берегов Ламанша, сложенных писчим мелом.

Пески и илы у берегов Лионского залива в районах развития мезозойских известняков чрезвычайно обогащены известью.

Механического происхождения также значительная часть илов и песков в зоне коралловых островов.

В отложениях прошлого механические известняки распространены не менее широко, чем в настоящее время, но выделение их — дело будущего. Обычно их не обособляют от органических известняков, хотя по происхождению они резко различны.

Механического — абразионного происхождения многие немые известняки, отлагающиеся в областях, где более древние, размывавшиеся осадки, представлены известняками.

Эоловые, дюнные известняки образуются в результате выдувания ветром на берег зерен кальцита, зерен солитов, мелких обломков и целых раковин. Продукты выдувания скапливаются в значительных массах, образуя прибрежные дюны, занимающие большие площади. Такие известняковые дюны широко развиты на коралловых островах, напр. хорошо они изучены на Бермудских островах, на побережье Аравии. Но развиты они и в умеренных областях, напр. по берегам Ирландии. Местами дюнны пески в значительной массе сложены раковинами фораминифер. Иногда известковый песок выдувается далеко на берег. В западной части Индостанского полуострова эоловые пески образуют покровы известняков (*Junagarh limestone*), перекрывающих траппы Декана, по данным Еванса (*Evans, 154*).

В отложениях прошлого диагонально-слоистые, передко оолитовые эоловые известняки не представляют большой редкости. Напр. они развиты в верхнепермских, цехштейновых известняках Приуралья.

Доломиты и доломитизированные известняки. Некоторые разности доломитизированных известняков несомненно связаны с накоплением скелетных образований животных, содержащих большее или меньшее количество магнезии. Но большая часть доломитов в своем образовании не связана с организмами, и поэтому детальный очерк образования доломитов делается в главе о химических осадках.

**Кремнистые отложения.** Количество кремнезема, ежегодно приносимого реками в море, достигает 319 170 000 т; количество извести, приносимой таким же образом, 557 670 000 т. Одно сравнение показывает, какое громадное значение имеет кремнезем в образовании осадочных отложений. Почти полное отсутствие кремнезема в морской воде указывает, что весь кремнезем вы-

деляется. Организмы перерабатывают небольшую часть его. Остальная большая часть кремнезема оседает из морской воды. Каким образом и где происходит это осаждение, до сих пор точно не установлено.

Несмотря на то, что кремнистые отложения развиты в отложениях всей системы, по всему свету и нередко громадными толщами, до сих пор их образование является предметом споров.

Сначала они считались вулканического происхождения; в последней половине прошлого века и в начале текущего кремнистые отложения считались органическими. Исследования же последних двух десятилетий все более и более подтверждают неорганическое, вероятно химическое их происхождение. Возможно и большое значение бактерий.

Среди современных отложений наибольшее количество кремнезема заключено в радиоляриевом и диатомовом илу. Эти отложения наибольшего развития достигают на больших глубинах абиссальной зоны, но встречаются в заливах и лагунах в прибрежной зоне, на небольшой глубине. Некоторое количество кремнезема заключено и в отложениях, содержащих спикулы кремневых губок. Количество спикул не превышает двух-трех процентов всей породы.

В отложениях прошлого преобладают *кремнистые сланцы*, или *лидиты*. Иногда их называют *фтанитами*. Кремнистые сланцы с большим количеством радиолярий иногда называют радиоляритами. Название неправильное, так как скелеты радиолярий никогда не являются породообразующим элементом и в общей массе породы играют подчиненную роль. Уплотненные кремнистые сланцы, сохранившие полосчатость, но потерявшие слоистость, называются яшмами.

Мощность кремнистых сланцев весьма различна: от свит мощностью в несколько десятков метров они доходят до колоссальных толщ мощностью во много сот метров, а иногда и выше километра, как напр. в верхнепалеозойских отложениях Австралии.

Кремнистые сланцы и яшмы переслаиваются с грубозернистыми осадками — песками, граувакками и конгломератами и переходят в них по простираннию. Фациальный характер отложений, заключающих в себе кремнистые сланцы, указывает на их теснейшую связь с сушей. Иногда кремнистые сланцы развиты в типичных лагунных отложениях. Протяженность их сравнительно невелика, максимум немного сот километров.

Примеры глубоководных, абиссальных, радиоляриевых и диатомовых осадков неизвестны, за исключением радиоляриевых третичных земель Барбадоса и одного или двух других примеров.

Второй тип кремнистых осадков это *кремневые стяжения* и *конкремции*. Они всегда встречаются в значительных количе-

ствах, прослойми в толщах иногда большой мощности и на большом протяжении. Почти всегда они носят региональный характер. Интересно, что свиты одного и того же возраста в различных местностях то содержат большое количество стяжений кремнезема, то совершенно лишены их. При этом характер осадков и фауны во всех случаях один и тот же.

Кремневые стяжения светлых, серых и желтоватых цветов называются кремнями; темного и черного цвета — роговиками. Роговики обычно связаны с писчим мелом и мелоподобными породами. Кремни встречаются в известняках, доломитах и в мергелях.

Кремни резко обособляются от окружающей породы; реже постепенно переходят в нее. Нередко они заключают в себе остатки организмов великолепной сохранности.

Третий тип регионального окремнения связан с *поверхностным окремнением* некоторых свит, преимущественно известняков. Такие окремненные известняки широко развиты среди верхнетурнейских известняков Киргизской степи. Окремнению подверглись верхние части низких известняковых массивов и холмов, иногда весьма значительных размеров. Окремнение достигает высокой степени, так что вся известь замещается кремнеземом. Фауна сохраняется в виде ядер и отпечатков, но со всеми деталями скульптуры. В соседних районах те же известняки не носят никаких следов окремнения. Окремненные массивы окружаются или соприкасаются с толщами эфузивов и туфов.

Кроме этих трех типов встречаются ряд других примеров окремнения или развития кремнистых пород, но они играют незначительную роль,

*Условия образования кремнистых отложений*, как уже было сказано, в большинстве случаев неясны и вызывают большие споры. Твенхофел (2) выделяет следующие типы образования кремней:

А. Образовавшиеся после уплотнения заключающих пород. Эпигенетические кремни.

Б. Образовавшиеся одновременно с накоплением заключающих пород. Сингенетические кремни первого типа.

С. Образовавшиеся внутри накапливающегося материала, но перед или во время уплотнения. Сингенетические кремни второго типа.

Эпигенетические кремни пользуются очень малым распространением. К ним относятся некоторые конкреции, окремнельные куски древесины и т. п.

Образование сингенетических кремней первого типа связывается или с выделением кремнезема организмами, или с выделением кремнезема неорганическими процессами в виде желатинообраз-

ной массы. Преобладавшая ранее первая точка зрения в настоящее время почти оставлена, так как она не объясняет ряд особенностей в строении и расположении кремней. Вторая точка зрения также оставлена по тем же причинам. Наибольшим развитием пользуется сейчас воззрение, считающее кремни сингнетичными, но образовавшимися перед или во время уплотнения уже накопившейся породы. Эта теория объясняет образование кремней как результат перераспределения в жидкой или полужидкой массе частиц извести и кремнезема и скопления частиц кремнезема в определенных участках пласта.

Также неясно и образование кремнистых сланцев и яшм. Единственно, что еще является общепринятым, это то, что кремнистые сланцы являются мелководными отложениями, образовавшимися в бассейнах типа замкнутых заливов, лагун, обособленных проливов и т. п. Второе положение, также довольно бесспорное, что главная масса кремнезема не произошла из скелетных образований радиолярий или спикул кремневых губок. Но откуда взялась главная масса кремнезема и каким образом произошло ее накопление, точно неизвестно. Наиболее вероятны две гипотезы. Первая считает, что кремнезем образовался в мелководных бассейнах тропической области благодаря химическим процессам, вызвавшим оседание кремнезема из пресных или полу-пресных вод, приносившихся реками. Весьма вероятно и проявление деятельности бактерий.

Вторая гипотеза подчеркивает тесную связь кремнистых сланцев с эфузивами и туфами, образовавшимися одновременно со сланцами и в результате растворения дававшими кремнезем. Эта теория не объясняет образование толщ кремнистых сланцев, залегающих вне области развития эфузий. Весьма вероятно проявление в различных областях различных процессов; нельзя также пренебрегать тем кремнеземом, который заключен в скелетах радиолярий и диатомей и в спикулах губок.

Еще более неясно образование кремнистых пород третьего типа. Где, когда и благодаря каким агентам произошло замещение чистого кальцита не менее чистым кремнеземом на громадных площадях, сказать трудно. Объяснить это деятельностью подземных вод очень трудно, так как распределение окремнения не связано с распространением подземных вод, но что еще могло быть агентом замещения и в каких условиях оно происходило, пока неизвестно. Интересна связь зон окремнения с рельефом местности. Решение вопроса требует специальных наблюдений на значительной площади.

**Горючие сланцы и нефть.** Горючие сланцы представляют собою глинистые породы, содержащие более или менее значительное количество органических веществ. Разности, бедные орга-

ническими веществами, называются битуминозными сланцами.

Неорганическая часть сланцев различна по составу, колеблясь от глинистых разностей до сильно известковых. Нередко содержание пирита, зерен песка, листочков слюды и т. п. Горючие сланцы всегда хорошо слоисты, но иногда они обладают кажущейся массивностью и раковистым изломом. Нередко они полосчаты или пятнисты. Многие при выветривании распадаются на тонкие эластичные пластины.

Цвет бывает черный, черноватый, черновато-буроватый, коричневый, оранжевый, красноватый и темнокрасный.

Микроскопическое исследование показало, что наиболее богатые разности состоят из скоплений простейших водорослей одного вида, напр. горючие сланцы Ленинградской области, так называемый кукерсит, состоят почти исключительно из колониальной одноклеточной водоросли, близкой к современному роду *Glaeocapsa*. Черные австралийские керосиновые сланцы состоят из скоплений одной и той же микроскопической водоросли *Reinschia australis*.

Органическое вещество горючих сланцев всегда водного происхождения и образуется за счет накопления водорослей, чаще всего микроскопических планктонных. Восковые и жирные части водорослей и обогащают породу. Животный планктон также всегда развит в горючих сланцах, и его роль несомненно значительна. Остатки высших растений и древесина или отсутствуют, или встречаются в ничтожных количествах, чем битуминозные сланцы и отличаются от углистых.

Другая фауна кроме планктона обычно бедна и состоит из немногих наиболее выносливых форм, как напр. *Lingula*, некоторые *Rhynchonella*, пелепицоды и ракообразные. Более редко фауна чрезвычайно разнообразна и богата, как напр. у кукерсита. Во всех случаях фауна носит прибрежный характер.

Горючие сланцы встречаются в отложениях самого различного возраста. В пределах СССР древнейшими горючими сланцами являются кукерские горючие сланцы, или кукерсит, нижнесилурийского возраста. В девоне горючие сланцы связаны с верхнедевонской трансгрессией и найдены в Кузбассе. К ним также относится так называемый доманик — черные битуминозные сланцы и известняки, — распространенный по западному склону всего Урала, на Тимане (Ухтинское месторождение нефти) и на Новой Земле. Нередки горючие сланцы в верхнем палеозое, напр. у озера Зайсан-нор на границе Алтая и Тарбагатая. Горючие сланцы в артинских отложениях Уфимского плато достигают большой мощности.

В мезозое горючие сланцы нередки в юрских отложениях Среднерусской платформы, напр. у Сызрани у села Кашпур

развиты кашпурские сланцы волжского яруса. Волжские горючие сланцы известны и в ряде других пунктов.

На Кавказе горючие сланцы развиты в палеогене как на северном, так и на южном склоне. Неогеновые горючие сланцы развиты на Сахалине.

Мощность горючих сланцев редко бывает значительной и обычно измеряется метрами, но в артинских отложениях Приуралья мощность горючих сланцев достигает 80 м. Площадь распространения тоже невелика, имея вид замкнутых ареолов. Но отдельные площади могут следовать друг за другом на значительное расстояние, как это мы наблюдаем на доманике. Его отдельные площади развиты на громадном протяжении, начиная от Новой Земли и кончая Южным Уралом.

По условиям образования горючие сланцы можно разбить на три типа:

1. Морские.
2. Лагунные.
3. Пресноводные.

Наиболее характерный признак морских горючих сланцев — это наличие морской фауны. Они залегают среди толщи морских отложений. Площади их распространения почти всегда лежат в береговых зонах морских бассейнов.

Условия образования морских горючих сланцев подвергаются спорам. Некоторые исследователи считают их глубоководными отложениями, связанными с глубинами выше 200 м и зараженными сероводородом. Как пример современных аналогичных отложений они приводят черные тонкослоистые или на глубине выше 200 м. Этую точку зрения высказал впервые Кларк (Clarke, 98) еще в 1903 г. За последние годы эту гипотезу оживил А. Д. Архангельский (177).

Другие исследователи — Шуккерт (Schuchert, 99), Твенхофел (101) и автор — связывают образование большинства горючих сланцев с прибрежными обособленными бассейнами типа обособленных заливов, лагун, тихих проливов и т. п. Доказательствами, подтверждающими последнюю точку зрения, является: 1. Присутствие в сланцах крупных зерен песка, иногда галечек. 2. Переслаивание и соприкосновение с белыми перемытыми песками и песчаниками. 3. Мелководный характер донной фауны — *Lingula*, *Discina*. 4. Наличие на плоскостях напластования следов ползания животных и трещин высыхания. 5. Распространение в прибрежной области морей.

Лагунные горючие сланцы почти не отличимы от морских. Они также связаны с прибрежной областью морей, но не содержат морскую фауну.

Пресноводные горючие сланцы характеризуются:

1) пресноводной фауной; 2) залеганием среди континентальных отложений; 3) распространением в серединных частях материков прошлого. Ряд горючих сланцев найден в юрских континентальных отложениях Сибири. Результатом возгона их являются нефти в континентальных отложениях Джунгарии и Манчжурии.

Нефть в большинстве случаев является дериватом горючих сланцев и не является самостоятельным типом морских отложений.

Но в некоторых случаях, напр. нефтеносные известняки эоценена Ферганы, битумы в верхнекаменноугольных известняках Урала, асфальт в пермских доломитах Самарской луки, битумы не связаны с горючими сланцами, а представляют самостоятельную часть морских отложений. Условия их образования неясны.

**Углистые отложения.** Углистость в морских отложениях является широко распространенным фактором. Микроскопическое исследование показывает, что углистые частицы значительно отличаются от битуминозных и представляют остатки клетчатки высших растений, главным образом донных водорослей.

Углистые части иногда встречаются в значительных количествах, но никогда не являются породообразующим элементом. Типичные каменные и бурье угли и торф в морских отложениях не образуются и не развиты. Даже тогда, когда углистый пласт лежит среди известняков, как напр. в Подмосковном бассейне, детальное изучение контактов показывает, что угли отделяются от известняков тонкими корками выветривания, указывающими на поднятие известняков и образование углей в прибрежных болотах. Тождественную картину мы сейчас наблюдаем на Флориде.

**Псевдоабиссальные отложения.** В середине прошлого столетия ряд глубоководных океанографических экспедиций дали чрезвычайно интересный и полный материал по глубоководным осадкам. Эти данные произвели большое впечатление. Некоторые геологи начали сравнивать современные глубоководные осадки с отложениями прошлого и находить их аналоги. Постепенно увлечение глубоководными отложениями достигло значительных размеров. Хороший пример этого увлечения представляет курс исторической геологии Ога, в котором во всех системах выделены батиальные и даже абиссальные отложения. К сожалению увлечение не сопровождалось детальным фациальным анализом и ряд параллелизаций был произведен только на основании литологического и фаунистического сходства. Более тщательные исследования, сопровождающиеся учетом всех условий образования осадков, показали, что все примеры абиссальных отложений (за единичными исключениями) на самом деле оказались отложениями шельфа. Более распространены батиальные отложения, как это мы увидим ниже.

Отложения шельфа, которые обладают рядом признаков абиссальных отложений, называют псевдоабиссальными. Их характерные особенности: 1. Преобладание в фауне радиолярий или пелагических фораминифер и водорослей. 2. Тонкозернистость осадка. 3. Близость химического состава к составу аналогичных абиссальных отложений.

Наиболее распространены два типа псевдоабиссальных отложений: радиоляриевые и форамиинферовые.

Радиоляриевые псевдоабиссальные отложения широко распространены. Хорошо известны южноуральские яшмы. Ранее их считали глубоководными, абиссальными отложениями, аналогами радиоляриевого глубоководного ила. Действительно по фауне, по литологическому характеру и по химическому составу яшмы очень близки к радиоляриевому илу. Но анализ условий образования показал, что яшмы непосредственно связаны с грубозернистыми песками и конгломератами, залегают в толще прибрежных отложений, достигают громадной мощности и являются типичным примером псевдоабиссальных отложений. Другой пример — зеленоватые харьковские глины, развитые в Воронежской области и описанные М. М. Васильевским (185). Они совершенно лишены извести, местами заключают своеобразную фауну, состоящую только из радиолярий, диатомей и спикул кремневых губок. Состав фауны и литологический состав чрезвычайно близки к радиоляриевому илу. Но условия нахождения, расположение на окраине моря, перекрывание наземными полтавскими песками не оставляют сомнения в их образовании в прибрежных заливах и лагунах, как это всеми указывалось.

Наиболее известным примером форамиинферовых псевдоабиссальных отложений служит писчий мел. По фауне, состоящей из пелагических фораминифер, литосфер и коккофера, и по химическому составу писчий мел очень близок к абиссальному форамиинферовому илу и долгое время таковым считался. Однако более детальный палеогеографический анализ показал, что в писчем мелу нередки большие зерна кварца и отдельные галечки, встречаются большие толстостенные устрицы и иноцерамы, мел переходит и переслаивается с грубозернистыми прибрежными песками. Сейчас писчий мел считают типичным отложением шельфа, отлагавшимся от небольших глубин прибрежной области и до более значительных глубин шельфа и возможно верхней части континентального склона.

Интересный пример образования современных псевдоабиссальных отложений приводится Фуксом (Fuchs, 184). Исследование осадков на дне лагуны одного кораллового острова в системе Гебридских островов показало, что они и фаунистически, и лито-

логически тождественны с фораминиферо-итероподовым абиссальным илом. Оказалось, что пелагические, планктонные фораминиферы и итероподы, плавающие по поверхности океана, заносились течениями в лагуну и там гибли. Раковины их опускались на дно лагуны, накапливались в больших количествах. В результате образовался тонкозернистый известково-плистый осадок, обогащенный раковинами фораминифер и итеропод — пример псевдоабиссального осадка.

Аналогичные примеры образования осадков, фаунистически и литологически весьма близки к абиссальным, — на дне лагун и обособленных, застойных заливов и проливов широко распространены в современных бассейнах. Не менее широко они были распространены и в бассейнах прошлого. Этот факт заставляет весьма осторожно относиться к определению глубины образования ряда тонкозернистых илистых отложений, заключающих пелагическую, планктонную фауну.

### Морские отложения смешанного типа.

Среди названных отложений наиболее распространены три типа.

1. Ледниково-морские отложения.
2. Эолово-морские отложения.
3. Обвально-морские отложения.

**Ледниково-морские отложения** образуются в приполярных областях, где мощные ледяные потоки спускаются в море, как напр. у берегов Шпицбергена, Новой земли, Гренландии и т. п. Ледники, спускаясь в море, приносят с собой значительные массы моренного материала: остроугольные обломки и глыбы, песок и тончайший ледниковый ил. Моренный материал смешивается с морскими осадками и с морской фауной. В результате на значительной площади образуются своеобразные отложения, обладающие признаками и морских, и ледниковых отложений. Эти своеобразные отложения и называются ледниково-морскими.

**Эолово-морские отложения** наоборот связаны с тропическими областями, с побережьем пустынь. Песчаные бури, самумы выносят в море громадные количества эолового песка. Особенно велико влияние бурь в определенные периоды года, когда ветер дует с суши на море. Эоловый песок смешивается с морским илом и песком. Этот факт заставляет осторожно относиться к определению условий образования осадков по форме зерна. В эоловоморских отложениях золовые зерна будут находиться в типичных морских осадках.

Другая интересная особенность эолово-морских отложений — это периодичность образования. В периоды затишья или ветров с моря на суши в море будут отлагаться илистые осадки. В пе-

риоды бурь с суши на море в море будут отлагаться песчаные осадки. В результате получится многократное чередование илистых осадков с песчаными. Этот факт показывает, что в образовании периодических, чередующихся толщ, аналогичных ленточной глине, образующим фактором может быть не только принос речными водами, но и принос ветрами. В геологической литературе до сих пор этот фактор почти не учитывался.

**Обвально-морские отложения** образуются у крутых скалистых берегов глубоко уходящих в море. Осыпи и обвалы, вместо того чтобы отложитьсь на сушу у подножья гор, спускаются в море и смешиваются с морскими отложениями. Образуются так называемые обвально-морские отложения. Они характеризуются брекчиевидным характером: в песчано-глинистом цементе с морской фауной заключены остроугольные обломки различной величины, но сравнительно однородного состава.

Обвально-морские отложения должны учитываться при изучении образования брекчий.

### Химические осадки.

Среди химических осадков наибольшим развитием пользуются следующие типы:

1. Известняки.
2. Доломиты.
3. Оолиты.
4. Глауконит и шамуазит.
5. Фосфориты.
6. Железные руды.

**Известняки.** Роль известняков, связанных в своем образовании с химическими процессами, в общей массе известняков не выяснена. Но количество их может быть весьма значительно.

Несмотря на то, что в морской воде содержится небольшое количество извести, океан ею насыщен почти до предела. Целый ряд исследователей доказали, что морская вода настолько насыщена известью, что достаточно небольших изменений, чтобы вызвать ее осаждение. Особенно велико насыщение известью в теплых, тропических морях. Достаточно резкого изменения температуры, изменения содержания углекислоты в воде, усиления испарения, чтобы вызвать выделение кальцита. Такие условия наиболее значительны в мелководье тропических морей. Некоторые исследователи (Mac Clendon, 148) считают, что достаточно течению пройти над мелким дном моря в тропических областях, чтобы на его поверхности осел слой извести. Для течения глубиной в 30 м количество осадка будет равно 2 мм ежегодно, или 2 м в тысячелетие.

Эти интересные и важные наблюдения показывают, что количество химических известняков, образующихся путем непосредственного осаждения из морской воды, гораздо более значительно, чем это предполагают.

**Доломиты и доломитизированные известняки.** Доломиты широко распространены в морских и лагунных отложениях, но условия их образования до сих пор не вполне выяснены.

Обстоятельная сводка по доломитам дана в монографии Твенхофеля (2). Он различает следующие типы доломитов:

1. Пласти.
2. Прослои.
3. Доломитизированные коралловые рифы.
4. Доломитизированные оолиты.
5. Пятнистые известняки.
6. Гнезда и пучки доломита в известняках.
7. Доломиты, переходящие по простирианию в известняки.

Мощность пластовых доломитов весьма значительна, колебляясь от нескольких метров до нескольких сот метров, как например саткинские доломиты на западном склоне Южного Урала.

Прослои доломита в известняках обычно небольшой мощности. Интересно, что иногда они не совпадают с плоскостью напластования и внезапно прекращаются, продолжаясь уже известняками.

В рифовых известняках доломитизация нередко достигает больших размеров, как напр. в триасовых доломитах Тироля.

Нередко нацело доломитизированы толщи оолитов.

Частичная доломитизация известняков в виде отдельных пятен, гнезд или полос встречается очень часто, напр. в верхне-девонских фаменских известняках Подмосковного бассейна.

Несмотря на распространенность всех этих типов доломитов условия их образования далеко не выяснены. Предложено весьма значительное число теорий, которые можно сгруппировать следующим образом:

1. Теории первичного отложения:
  - Химическое отложение.
  - Органическое отложение.
  - Обломочное отложение.
2. Теории замещения:
  - Замещение морскими водами.
  - Замещение грунтовыми водами..
  - Пневматолитическое замещение.
3. Теории просачивания:
  - Просачивание поверхностных вод.
  - Просачивание морской воды.

Почти полное отсутствие доломитов среди современных осадков указывает на малое значение непосредственного осаждения

на дне открытого моря. С другой стороны, громадные толщи доломитов, связанных с бассейнами с ненормальной, пониженней или повышенной соленостью, указывают на иную картину. Вероятно в бассейнах с повышенной соленостью происходит непосредственное осаждение больших толщ доломитов. Примеры таких доломитов известны в верхнесилурийских отложениях Эстонии и Северной Америки. Вероятно такого же происхождения саткинские доломиты Урала. Часть этих доломитов образовывалась при опреснении бассейна и не сопровождается солями. Другая часть связана с горькосолеными бассейнами и сопровождается гипсом и каменной солью. Доломиты последнего типа распространены в кунгурских отложениях Приуралья.

Значение животных в образовании доломитов далеко не выяснено. Большинство скелетных образований содержит небольшое количество магнезии, но в некоторых случаях, напр. у известковых водорослей, кораллов и фораминифер количество магнезии весьма значительно. А эти группы как раз пользуются максимальным развитием. Поэтому вполне вероятно образование магнезии из скелетных образований этих групп. Возможно таким образом возникли доломитизированные известняки фаменского яруса Подмосковного бассейна, образовавшиеся за счет разрушения строматопорид и вероятно известковых водорослей.

Нет сомнения, что в образовании пятнистых, слоистых и полосчатых доломитов большую роль играли процессы вторичного замещения кальцита и процессы просачивания в уже уплотнившийся осадок.

Таким образом можно сказать, что типы процессов образования доломитов весьма различны. Поэтому нельзя объяснить образование всех доломитов одним и тем же способом, а в каждом отдельном случае необходимо производить тщательный анализ с учетом всех особенностей как самого доломита, так и окружающих отложений.

**Оолиты.** Большинство оолитов связано с морскими отложениями.

Оолитом называют образования небольших размеров сферической или эллиптической формы с концентрически-слоистой или лучевой структурой.

Оолитами называются образования не больше 2 мм. Если диаметр больше 2 мм, то их называют пизолитами. Оолиты с ясной лучевой структурой называются сферолитами.

Оолиты состоят из весьма различных материалов. Наиболее распространены оолиты известковые, доломитовые, гематитовые, лимонитовые, кремнеземистые и фосфоритовые.

Условия образования оолитов весьма различны.

Наибольшим распространением пользуются оолиты, возникающие благодаря осаждению вокруг определенного ядра при непрерывном перекатывании. Микроскопические обломки и частицы в зоне усиленного движения воды облекаются кальцитом постепенно увеличиваясь в размерах до определенного предела. Движение воды является стимулом для выделения извести и с другой стороны ими вызывается непрерывное движение частиц, необходимое для равномерного осаждения извести вокруг ядра. В современных морях оолиты образуются в тропических зонах на пологих песчаных пляжах. Широко развиты они на коралловых островах.

Ротплетц (Rothpletz, 200) высказал мнение, что оолиты представляют выделения водорослей.

Воган (Vaughan) связывает образование оолитов, вернее сферулитов, с деятельностью бактерий, выделяющих известь на дне мелких тропических морей в виде сферулитов.

Такахashi и Яги (205) указали на образование глауконитовых оолитов в лагунах тропических морей из копролитов различных животных.

Образование железистых и кремнеземистых оолитов вероятно происходило аналогично образованию известковых оолитов и также связано с осаждением из растворов, обогащенных окислами железа или кремнезема. Это подтверждается тем, что у некоторых оолитов наблюдаются одновременно известковые и кремнеземистые слои, или железистые и кремнеземистые.

Во всяком случае большинство оолитов образуется в зоне прибоя и являются одним из лучших признаков береговой линии в отложениях прошлого.

Оолитовые известняки с диагональной слоистостью являются ископаемыми прибрежными дюнами, состоявшими из оолитового песка.

**Глауконит.** Глауконит представляет силикат железа. В чистом виде он имеет формулу  $\text{FeK}_2\text{Si}_6\text{O}_{10}$ +вода, но обычно железо частью замещается алюминием, и другие основания заменяют калий.

Глауконит представляет типичное морское образование, связанное с областью шельфа и континентального склона и отсутствующее в абиссальных отложениях, вдали от суши.

Средние глубины образования глауконита в современных морях колеблются от 20 до 150 м, в среднем около 70—80 м, но вероятно образование глауконита и на меньших глубинах около 10—20 м.

Основным условием образования глауконита является медленное накопление осадков, связанное с развитием течений. Затем всегда наблюдается некоторое количество органических

веществ. Источником железа служат изверженные породы. Поэтому глауконит вдоль берегов, сложенных изверженными породами, образуется в больших количествах. Детали процесса образования глауконита до сих пор неясны, но сущность его состоит в продолжительном взаимодействии железосодержащего ила, разлагающихся органических веществ и кислорода, содержащегося в воде.

Необходимость присутствия органического вещества является причиной массового развития глауконита в области встречи холодных и теплых течений, где происходит массовая гибель организмов. Такими областями являются восточное побережье Северной Америки, у Ньюфаундленда, Игольная банка у юго-восточной части Африки, восточное побережье Японии и т. п.

Таким образом глауконит указывает на: 1) довольно значительные глубины; 2) хорошо развитые течения и 3) медленное накопление осадков.

Связь с областями массовой гибели животных является основной причиной совместного нахождения с фосфоритами. По своему генезису эти два минерала не связаны друг с другом и могут образовываться независимо.

В отложениях прошлого глауконит широко распространен, и условия его образования тождественны с современными.

Шамуазит — зеленоватый минерал, также силикат железа. Всегда связан с оолитовыми железными рудами, составляя часть их.

Условия его образования неясны.

**Фосфориты.** Среди фосфоритов, связанных с морскими отложениями, выделяют два типа:

1. Пластовые фосфориты.
2. Фосфоритовые конкреции и стяжения.

Пластовые фосфориты обладают сравнительно небольшой мощностью от десятков сантиметров до нескольких метров, очень редко немногих десятков метров.

Условия образования их невполне ясны. Ясно только, что они связаны с морскими бассейнами, небольшими глубинами, незначительной скоростью накопления и значительным количеством органического вещества. Так как распространение пластовых фосфоритов очень невелико, то и условия их образования весьма своеобразны.

Фосфоритовые конкреции встречаются на всех глубинах моря, но более или менее значительные скопления образуются на дне моря в области сильных течений и массовой гибели организмов. В других случаях конкреции образуются в илистом грунте в присутствии углекислого аммония и слабого раствора фосфорной кислоты. В основном условия образо-

вания фосфоритовых конкреций близки к условиям образования пластовых фосфоритов.

Сводка данных по образованию глауконита и фосфоритов дана Коллэ (Collet, 8).

**Железные руды.** С морскими отложениями связаны железные руды двух типов:

1. Окислы и водные окислы.
2. Карбонаты.

Первый тип преобладает; второй играет подчиненную роль.

**Окислы и водные окислы.** Сюда относятся: гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), лимонит ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), турьит ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), гетит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), лимнит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), ксанти-  
сидерит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Окислы и водные окислы железа отлагаются в самых разнообразных условиях:

1. На дне моря.
2. В лагунах.
3. В пресноводных бассейнах.
4. В источниках.
5. На поверхности земли.
6. В подземных пустотах и ходах.

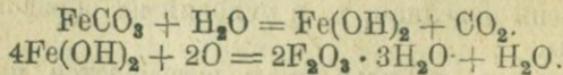
Соответственно различны и количества отложившихся руд, изменяющиеся от небольших линз и пластов мощностью в несколько десятков сантиметров до громадных толщ, достигающих мощности в несколько сот метров и имеющих значительное распространение.

Окислы и водные окислы редко отлагаются в чистом виде. Обычно с ними встречаются кремнезем, глинистые продукты, кальцит и карбонаты и силикаты железа.

В растворах железо находится главным образом в виде карбонатов и сульфатов, реже в виде солей органических кислот.

Количество железа в растворах очень невелико. В среднем окислы железа составляют 2,75% твердого остатка речных вод, достигая максимума в 16%.

Из растворов карбонатов железа водные окислы выделяются путем окисления и гидратации с предшествующим выделением избытка углекислоты по следующей схеме:



Из растворов сульфидов водные окислы выделяются путем действия щелочей, а также путем гидролиза, или благодаря совместному действию этих агентов.

В некоторых случаях в выделении окислов железа большую роль играют бактерии. Как показали исследования, выделяю-

ющие железо бактерии весьма широко распространены и встречаются в пресных, солоноватых и морских водах.

Сравнительно мало распространены месторождения, связанные с разрушением и вторичным переотложением в морских бассейнах главным образом в виде прибрежных песков и брекчий.

Морские железные руды. В морских отложениях железные руды встречаются нередко и иногда образуют величайшие месторождения.

Оолитовые руды являются наиболее распространенным типом. Для их образования необходимы: насыщенность морской воды соединениями железа и условия, вызывающие выделение этих соединений.

Насыщенность морской воды соединениями железа может образовываться благодаря размыванию берега, сложенного железными рудами, и благодаря выносу реками и источниками больших масс растворенных карбонатов и сульфатов. И тот и другой фактор обладают местным ограниченным распространением, вызывая такое же местное распространение оолитовых руд. Иногда наблюдается, как гематитовые оолиты по простиранию постепенно переходят в известковые.

Условия выделения железа аналогичны с условиями выделения извести и кремнезема. Повидимому главной причиной является уменьшение количества углекислоты в морской воде. Это уменьшение наиболее резко происходит в зоне прибоя. Благодаря этому зона прибоя является местом усиленного отложения различных соединений, заключающихся в морской воде. Прибой вызывает выделение углекислоты, выделение углекислоты вызывает выделение окислов железа. Последние выделяясь накапливаются вокруг мелких частиц или сферолитов, образуя оолиты и пизолиты.

Примером оолитовых железных руд могут служить керченские руды. Для них источником железа несомненно послужили месторождения в докембрийских отложениях типа криворожских. Железо в виде раствора поступало в воды киммерийского моря и в зоне прибоя выделялось, образуя оолиты.

Пластовые руды. В главе о химических осадках детально разбираются условия выделения извести и кремнезема, отлагающихся в виде пластов на дне мелководных бассейнов тропических и субтропических морей.

Вероятно аналогичные явления служат причиной образования ряда пластовых железорудных месторождений. В этих месторождениях оолитовая структура отсутствует, и окислы железа образуют пластины, заключающие морскую фауну.

Примером их могут служить месторождения красных желез-

няков среднего девона района Вилльмара в Германии и уральские архангело-пашийские месторождения.

Архангело-пашийские и лысьвенские месторождения западного склона Среднего Урала связаны с лагунами и заливами среднедевонского моря. Ближе к берегу в зоне прибоя образовывались оолиты и иногда конгломераты. Дальше от берега образовывались пласти красного железняка более или менее мергелистые и глинистые.

Интересно, что в ряде пунктов в оолитовых зернах наблюдаются тонкие кремнеземистые скорлупки, которые указывают на то, что выделение окислов железа сопровождалось выделением кремнезема.

Лагунные железные руды распадаются на два типа. Первый тип связан с большими солоноватоводными бассейнами, аналогичными современному Каспию. Общий характер отложений такой же, как и у морских. Главное отличие — отсутствие нормальной морской фауны и широкое развитие доломитов.

Второй тип связан с небольшими заливами, проливами и лагунами и по условиям образования приближается к озерному. Отличием от последнего служит залегание рудоносных толщ среди морских отложений или в непосредственной связи с ними.

Примером первого типа повидимому являются Бакальское, Зигазино-Комаровское и другие месторождения бурых и шпатоватых железняков. Все эти месторождения связаны со свитой бакальских кварцитов и саткинских доломитов. Эта свита прослеживается по всему западному склону Южного Урала.

На образование этих месторождений существуют несколько точек зрения. В настоящее время преобладает мнение, что все эти месторождения метасоматические, эпигенетические, образовавшиеся за счет замещения доломитов, известняков и известковистых сланцев. Но вряд ли это правильно. Все месторождения приурочены к определенным свитам, определенного возраста и образовавшимся в специфических условиях. Одно это заставляет осторожно относиться к эпигенетическому метасоматизму. Затем необходимо отметить залегание рудных тел в кварцитах, где уже об метасоматизме говорить трудно; ряд рудных тел имеет правильный пластовый характер; иногда рудные тела залегают среди водонепроницаемых толщ.

Все это заставляет высказать новую точку зрения, по которой все эти месторождения являются сингенетическими осадочными, частично измененными циркуляцией подземных вод.

В бакальскую и саткинскую эпохи западный склон Южного Урала представлял обширную мелководную лагуну или ряд лагун, вытянутых вдоль берега. Берегом служила восточная

окраина балтийского щита, сложенного докембрийскими толщами. Лагуны окружал плоский песчаный берег, на котором местами образовывались песчаные дюны с характерной диагональной слоистостью. Берега и сами лагуны были совершенно безжизненны. Климат носил тропический характер с чрезвычайной интенсивностью нагрева. Благодаря этому создавались необычайно благоприятные условия для выделения углекислоты из морской воды и следовательно для осаждения извести, магнезита, кремнезема и соединений железа и марганца, находившихся в растворенном или взвешенном, коллоидальном состоянии.

Обычно происходило выделение извести и магнезии, образовавших громадные толщи доломитов и доломитизированных известняков. В тех районах, где морская вода обогащалась железом и марганцем, происходило отложение их окислов и водных окислов. Естественно, что соотношения между выделявшимся кальцитом и окислами железа могли быть самые различные и давать все типы осадков, начиная от чистого известняка, переходя к щатоватому известняку и наконец к гематиту. В тех случаях, когда дно было песчаное, окислы железа оседали на песок, вновь им покрываясь и образуя залежи среди песчаников.

Источником железа вероятно были железные руды, входившие в состав докембрийских отложений балтийского щита.

Докембрийские осадочные железные руды широко распространены, но условия их образования до сих пор не вполне выяснены. Ясно только, что они отлагались правильными пластами в каких-то бассейнах, но что это были за бассейны — моря, лагуны, озера — неизвестно.

Для Кривого Рога вероятнее всего образование в почти непрерывной зоне прибрежных лагун, располагавшихся и частично окруженных песчаным берегом. В общем условия образования очень близки к условиям образования бакальских и аналогичных руд. Источником железа в последнее время считают железистые мощные источники, связанные с неглубокими интрузиями или предшествовавшие эффузии.

Пресноводные железные руды состоят главным образом из лимонита. Нередки примеси силикатов железа, карбонатов железа, растительных остатков и глины. Обычно подстилает их глина, а покрывает землистая порода, обогащенная гумусом. При совместном нахождении с известковистыми осадками нередко развитие сидерита, особенно в основании залежи. Форма залежей и их размеры весьма различны и непостоянны, представляя линзовидные или пластовидные тела неправильных очертаний и нередко небольших размеров. Наиболее чистые руды образуются вблизи берега; дальше же от берега они засоряются глинистым материалом.

Современные озерные руды широко распространены в Европе и в Северной Америке.

Возможно с озерами и болотами связаны некоторые месторождения железных руд среднерусской платформы, в частности бассейнов рр. Вятки и Камы. Они подстилаются глинами с кусками лигнита, растительными остатками и желваками серного колчедана, представляющими скорее всего озерные или вернее болотные отложения.

**Железные руды источников.** Целый ряд источников более или менее сильно железисты. В их отложениях окислы и водные окислы железа играют крупную роль.

Размеры такого типа железорудных месторождений незначительны. В ископаемом состоянии они почти неизвестны.

**Элювиальные железные руды** образуются в результате выветривания железосодержащих пород в условиях латерализации. Такие руды обычно содержат боксит и окислы титана и марганца. Условия их образования аналогичны с условиями образования латеритов. Они связаны с тропическими или субтропическими областями, с чередующимися сухими и дождливыми периодами.

Наиболее известным примером латеритовых железных руд служат руды о. Куба. Они залегают на обширном плато и достигают мощности 15 м. Они описаны рядом исследователей (см. литературу).

**Железные руды подземных вод.** Подземные воды нередко обогащаются железом и вновь отлагают его при соответствующих условиях. При этом нередко происходят явления метасоматизма.

Месторождения железных руд, образованные подземными водами, отличаются неправильной формой и размерами. Они приурочены или к определенным водоносным горизонтам, или к определенным направлениям циркуляции подземных вод.

**Карбонаты.** Карбонаты железа в общем образуются в тех же условиях, как и окислы. Основным отличием является совместное нахождение с известняками или сильно известковистыми осадками.

Можно выделить следующие типы сидеритовых месторождений:

1. Залежи конкреций — почечные руды.
2. Кусковые руды в пластах глин.
3. Известняковые.
4. Полосчатые.

Наибольшее промышленное значение имеют известняково-сидеритовые месторождения. В них сидерит обычно образуется в результате замещения известняков.

Весьма интересны полосчатые месторождения. В них сидерит

образует тонкие правильные прослойки мощности от нескольких сантиметров до немногих десятков сантиметров. Эти прослойки чередуются с такими же тонкими и правильными прослойками кремнистых сланцев или глинистых сланцев. Этот тип месторождений представляет химические или бактериальные осадки, аналогичные по образованию химическим известнякам или кремнистым сланцам.

Почечные руды вероятно связаны с болотами или лагунами.

**Серный колчедан.** Сульфиды железа очень часто встречаются в морских отложениях, главным образом в глинах, глинистых сланцах, мергелях и известняках. Количество их сравнительно невелико. Встречаются они в виде отдельных конкреций, реже в виде неправильных и небольших скоплений этих конкреций. Нередки и сульфиды железа равномерно распределенные в массе осадка в виде тонких зерен или кристаллов. Иногда они дают псевдоморфозы по раковинам.

Условия образования довольно ясны. Необходимыми условиями являются: неподвижность воды и обилие органических веществ.

Первое условие наблюдается или в прибрежных обособленных лагунах, заливах и проливах, или наоборот на больших глубинах замкнутых морей типа Каспийского или Черного. В этих же бассейнах почти всегда налицо и второе условие — обилие органического вещества.

Наиболее распространено образование сульфидов следующим образом: протеины, содержащие серу, разлагаются бактериями с выделением сероводорода; сероводород, действуя на железистые соединения, находящиеся в растворе в морской воде, вызывает образование сульфидов железа.

Более подробно деятельность бактерий при образовании сульфидов железа разобрана Хэрдером (219).

**Соединения марганца.** Распространение. Марганцевые минералы, наиболее часто встречающиеся в осадочных отложениях: псиломелан, манганит, пиролюзит и вад. Вад — рыхлый, без кристаллической структуры. Пиролюзит — мягкий, кристаллический и пачкает пальцы. Манганит — довольно плотен, но легко царапается ножом. Псиломелан обладает твердостью выше 4 и аморфен.

Марганец широко распространен в пресных и морских водах, но в ничтожных количествах. Также широко распространен он и в таких же ничтожных количествах в мягких и твердых частях организмов. Главная масса его связана с изверженными породами.

В осадочных отложениях он встречается часто, но в небольших количествах. В палеозое и мезозое крупные месторождения

неизвестны, и только в кенозое они достигают и то очень редко больших размеров.

Процессы выделения. Мэррей и Ирвин (230) считают, что в прибрежных морях бикарбонат марганца получается: 1. От прямого разложения частиц горных пород, находящихся в морских отложениях (преимущественно илах), путем действия щелочных карбонатов морской воды. 2. От расщепления высших окислов марганца органическими веществами, заключающимися в илу.

Фермор (228) считает, что марганец выделяется из растворов непосредственно, или деятельностью организмов.

Бекк указывает, что марганец выделяется из растворов так же, как и железо. Но железо выделяется сначала, а марганец позже, при меньшем содержании углекислоты. Поэтому марганцевые руды нередко лежат на железных рудах с большим количеством известкового материала.

Дэль (229) говорит, что при разрушении пород, содержащих марганец, образуется бикарбонат марганца, который вместе со взвешенными частицами окиси марганца уносится в море. В море, благодаря выделению углекислоты, марганцевые соединения оседают. Оседание сопровождается рядом побочных процессов, ведущих к образованию окислов марганца и ириита.

Условия образования. Отмечается интересный факт: ни в глауконите, ни в фосфоритах марганца нет, но месторождения марганца тесно связаны с месторождениями фосфоритов и глауконита. Это указывает на тождество условий образования.

Но эта группа условий образований марганцевых соединений далеко не исчерпывает всего их разнообразия. Можно наметить следующие типы условий:

1. Шельфовые моря. Подводные банки.
2. Лагуны и лиманы.
3. Озера и болота.
4. Абиссальные области моря.

В шельфовых морях марганцевые соединения образуются на подводных банках и гребнях, омыемых сильными течениями, дающими непрерывный приток кислорода. Глубина этих банок различна: от 10 — 20 м и до 150 м; обуславливающим фактором является не глубина, а развитие течений.

В лагунах и лиманах марганец выделяется совместно с кремнеземом, принимая значительное участие в образовании ряда кремнистых сланцев и яшм. Месторождения восточного склона Южного Урала являются продуктами вторичного обогащения марганцем продуктов разрушения девонских яшм и кремнистых сланцев.

В озерах и болотах марганцевые соединения выделяются совместно с соединениями железа и в таких же условиях.

В абиссальных зонах океанов образование марганцевых конкреций не вполне выяснено. Источником марганца могут быть вулканическая пыль и продукты от растворения раковин животных.

Богданович (231), детально разбирая условия образования русских месторождений Чигатурского и Никопольского, крупнейших в мире, подчеркивает их связь с небольшими глубинами прибрежных морей и с развитием основных изверженных пород — гранитным ложем никопольских руд и аркозовым характером чигатурских песчаников.

Необъяснимым остается массовое выделение марганца в одном и том же бассейне и в одну и ту же эпоху. Марганцевые руды выделялись в олигоценовую эпоху в прибрежной области одного и того же бассейна на Украине, на Кавказе, в Киргизской степи и на восточном склоне Южного Урала.

Соколов (322) связывает выделение марганца с какими-то особенностями органического, главным образом растительного мира. Но и это объяснение, хотя наиболее вероятно, но далеко не бесспорно.

**Другие минералы.** Из других минералов, образующих пласты среди морских отложений, можно упомянуть барит, серу и полевые шпаты.

Условия образования барита и серы такие же, как у химического известняка и кремнезема, и связаны с выделением из раствора и деятельностью бактерий.

Полевые шпаты выкристаллизовываются, по мнению Дэли (Daly), в морском илу.

**Вулканические туфы.** Подавляющее число действующих вулканов располагается вблизи моря. Поэтому обломочные продукты извержений: пепел, бомбы, лапиллы в значительном количестве попадают в морские бассейны и, оседая на дно моря, принимают участие в образовании морских отложений. В тех случаях, когда преобладают продукты извержений, образовавшийся осадок называется вулканическим туфом; если же преобладают морские осадки, то тогда получаются туфогеновые породы, или туффиты.

Вулканические туфы почти не содержат органических остатков и образуют резко ограниченные прослои в осадочных отложениях. Туффиты очень часто заключают в себе фауну и неразрывно связываются с нормальными морскими отложениями.

Вулканические туфы с преобладанием больших обломков называются вулканическими брекчиями. В образовании наземных туфов и брекчий большую роль играют внезапные потоки, передко предшествующие извержениям. Эти потоки, достигая моря, выносят значительные массы обломочных отложений.

Наибольшее значение среди морских отложений имеют подводные извержения, так как все обломочные продукты, связанные с ними, отлагаются на дне моря.

Площадь распространения вулканических туфов, брекчий и тесно связанных с ними эфузий сравнительно небольшая и имеет вид неправильных замкнутых ареолов. Вне этого ареола вулканические туфы отсутствуют, и разрез морских отложений, не заключая их, резко уменьшается в мощности.

Мощность вулканических свит может быть весьма значительна, измеряясь иногда многими сотнями метров.

Вулканический пепел распространяется на значительные расстояния и захватывает большие площади моря. В тех участках моря, где накопление терригеновых осадков происходит быстро, вулканический пепел примешивается к осадкам почти не меняя их характера. Если же накопление осадков идет медленно, и пепла оседает большое количество, то он образует тонкие резко ограниченные пласты белого песка. Под лупой хорошо видно, что песок состоит из остроугольных зерен стекла. Мощность этих прослоев невелика, измеряясь немногими десятками сантиметров, а иногда и меньше. Такие прослои пепла представляют маркирующие горизонты в акчагыльских глинах Ашшеронского полуострова.

Из ряда пунктов Северной Америки, из различных отложений, главным образом меловых, описана своеобразная порода, называемая бентонитом (Bentonite). Она отличается громадным распространением, небольшой мощностью и однородностью состава. По внешнему виду бентонит напоминает глину, отличаясь значительной водопоглощаемостью. Состоит из глино-подобного материала, получившегося от расстеклования стекловидной изверженной породы, вероятно туфа. Очень близки по составу и характеру минералы монтмориллонит и леверьеррит.

**Батиальные отложения.** Батиальные отложения связаны с глубинами от 200 до 3000 м. Они в виде узкой полосы протягиваются вдоль берегов континента, располагаясь между зоной шельфа и областью ложа мирового океана. Ширина батиальной зоны невелика и немного больше ширины шельфа. Шельф занимает 9,4% всей площади морского дна, а континентальный склон — 19,2%.

Осадки батиальной зоны все являются терригеновыми и в своем происхождении связаны с сушей. По сравнению с шельфом, с литторальной зоной, они отличаются значительно большим однообразием и преобладанием тонкозернистых осадков.

Среди осадков батиальной зоны преобладают следующие:

1. Батиальные, глубоководные пески и галечники.
2. Синий или голубой ил.
3. Красный ил.
4. Зеленый ил и песок.

5. Вулканический ил.

6. Известковый ил.

Глубоководные пески и галечники развиты в областях сильных донных течений, главным образом на перегибе шельфа, на подводных гребнях и на дне глубоких проливов. Лучший пример батиальных песков и галечников — это пески и галечники, развитые в верхней части батиального склона вдоль берегов Норвегии и описанные Нансеном (12) на глубинах от 200 до 800 м.

Синий или голубой ил наиболее распространенный тип батиальных отложений. Он имеет синеватый, синевато-серый или серовато-зеленый цвет — цвет шиферного сланца. На высохшей, выветрелой поверхности он принимает бурый цвет благодаря окислению окислов железа. Синяя окраска этого ила связана с сернистыми соединениями, получающимися от разложения органического вещества; этот ил обычно обладает запахом сероводорода. Примесь пирита бывает значительна. Извести сравнительно мало.

По данным экспедиции Чэлленджера из 58 проб получились следующие средние числа в процентах:

CaCO <sub>3</sub> — 12,5	
а. Пелагические фораминиферы . . . . .	7,5
б. Бентониты . . . . .	2,0
с. Другие организмы . . . . .	3,0
<b>Итого . . . . .</b>	<b>12,5</b>
Нерастворимый осадок — 87,5	
а. Кремнистые организмы . . . . .	3,2
б. Минеральные зерна . . . . .	22,5
с. Илистое вещество . . . . .	61,8
<b>Итого . . . . .</b>	<b>87,5</b>

Зерна минералов разнообразны, но большинство их относится к так называемым «континентальным минералам», т. е. минералам интрузивных изверженных пород и кристаллических сланцев. В меньшем количестве присутствуют минералы молодых изверженных пород. Величина зерна от сотых до десятых долей миллиметра. Содержание извести колеблется, доходя до 50%. Такой осадок уже является переходом к известковому илу.

Красный ил по составу близок к синему илу. Отличается бурым или желтым, или красноватым цветом.

Красный ил развит в тех морях, береговые части которых сложены красноцветными осадками: латеритом, красными землями, лессом и т. п. Реки, вынося эти осадки в море, придают красную или желтую окраску морским осадкам. Поэтому красный ил мы находим вдоль восточного берега Южной Америки, где он

обязан возникновением выносу рек Амазонки и Ориноко. Развит он и вдоль берегов Китая, где желтый цвет морского ила связан с громадными массами лесса, выносимого реками.

Содержание извести колеблется от 6 до 61%, в среднем 32,8%. Минеральные зерна составляют 10 — 25%, илистое вещество от 30 до 60%. Интересно полное отсутствие глауконита.

**Зеленый ил и песок.** Цвет этих осадков зависит от присутствия зерен глауконита. При более крупных зернах осадок называется зеленым песком, при более мелких — илом. Зеленый ил и песок связаны с областями более сильно наклонного континентального склона и отсутствия больших рек. Затем на их возникновение оказывает влияние развитие течений, особенно встреча холодных и теплых течений. Зеленый песок и ил встречаются и в литторальной зоне (см. глауконит).

**Вулканический ил** представляет обычный синий ил, обогащенный вулканическим пеплом. Он развит вдоль берегов проявления вулканической деятельности, напр. у берегов Японии, Камчатки, Индо-Малайских островов и т. д. Характерна значительная примесь зерен минералов молодых вулканических пород: санидина, плагиоклаза, авгита, роговой обманки, оливин.

**Известковый ил** распространен на значительной площади. Связан преимущественно с областями развития коралловых рифов, продуктом разрушения которых он в значительной степени и является. Интересно значительное содержание в нем раковин фораминифер. Количество планктонных форм колеблется от 10 до 65%. Цвет ила беловатый, желтоватый и зеленоватый. Содержание извести доходит до 85 — 90%.

**Батиальные отложения прошлого.** Литологически батиальные отложения не отличаются от соответствующих отложений глубоких частей шельфа. Поэтому единственным признаком для их обособления из массы литторальных илов может служить характер фауны.

Большинство групп, живущих в батиальной зоне, обладают своеобразными признаками.

Рыбы — небольших размеров, с громадной пастью, с гипертрофированными глазами.

Ракообразные также характеризуются гипертрофией глаз и длинными усиками.

Головоногие весьма многочисленны.

Гастropоды — только хищные или плодядные формы. Характерны разнообразные *Pleurotoma*. Нередки *Fusus*, *Cassis*, *Pleurotomaria*. Размеры их небольшие, скульптура очень нежная и тонкая.

Пелепиподы — только формы, лежащие на иле: тонкостенные, прозрачные *Pecten*; зарывающиеся небольшие *Cuspidaria*.

Брахиоподы — редки. Преобладают гладкие формы.

Мшанки — разнообразны.

Иглокожие — многочисленны и разнообразны. Питаются илом.

Кораллы — одиночные и колониальные, но нет массивных рифообразующих форм.

Губки исключительно встречаются кремневые.

Фораминифер — немного. Характерны *Biloculina*, преобладают формы с агломератовой раковиной — *Hiperammina* и *Rhabdammina*.

С несомненностью батиальные отложения установлены только среди третичных отложений, допускающих точное сравнение фауны с современными. По данным Фукса (240) полным аналогом батиальных илов является баденский тегель — пластичная глина с своеобразной фауной, состоящей преимущественно из гастропод.

Для мезозоя и палеозоя установления батиальных отложений представляют чрезвычайные затруднения, так как возможность непосредственного сравнения фаун отпадает, и выводы можно делать только на основании развития некоторых признаков, напр. гипертрофия или атрофия глаз, тонкостенная раковина, тонкая и нежная скульптура и т. п.

**Абиссальные отложения.** Абиссальные отложения, связанные с глубинами от 2000 до 3000 м и больше, в ископаемом состоянии почти неизвестны. Поэтому мы остановимся на их характеристике самым общим образом.

Абиссальные осадки подразделяются на два типа:

1. Известковые: глобигериновый и птероподовый ил.
2. Кремнистые: красная глубоководная глина, диатомовый ил, радиоляриевый ил.

Глобигериновый ил в свежем виде представляет рыхлую илистую массу. При увеличении видно, что она состоит сплошь из раковин различных пелагических фораминифер. Фораминиферы очень однообразны и представлены всего 6—8 родами.

Средний состав по данным экспедиции Чэлленджера, в процентах:

$\text{CaCO}_3$  — 64,47

a. Пелагические фораминиферы . . . . .	53,10
b. Бентониты . . . . .	2,18
c. Другие организмы . . . . .	9,24
Итого . . . . .	64,47

Нерастворимый осадок — 35,53

a. Кремнистые организмы . . . . .	1,64
b. Минеральные зерна . . . . .	3,33
c. Илистое вещество . . . . .	30,56
Итого . . . . .	35,53

Птероподовый ил представляет местное изменение глобигеринового ила, отличающееся обилием раковин птеропод. Много и фораминифер.

Глубоководная красная глина открыта впервые экспедицией Чэлленджера. Основное свойство — отсутствие известия, она состоит из: космической пыли, вулканического ила и нерастворимых частей раковин планктонных животных и растений.

В красной глине попадаются включения: марганцевые конкреции, кристаллы филлипита.

Довольно часто (десятки находок) встречаются зубы акул и слуховые kostочки китов — наиболее твердые части скелета. От зубов сохраняется только верхняя часть, покрытая эмалью, остальная часть растворяется. Зубы в большинстве принадлежат вымершим формам, главным образом плиоценовым и миоценовым, иногда олигоценовым. Раз зубы олигоценовых акул были подняты драгой, значит их покрывал слой осадка не больше 25 см. А из этого вытекает, что за громадный промежуток времени, начиная с олигоцена и доныне, измеряющийся во всяком случае сроком более миллиона лет, накопилось не более 25 см осадков. Этот чрезвычайно важный факт показывает, насколько незначительна скорость накопления красной глубоководной глины.

Радиоляриевый ил представляет красную глубоководную глину, несколько обогащенную скелетными образованиями планктонных форм. Средний состав его, в процентах:

$\text{CaCO}_3$	— 4,01
а. Пелагические фораминиферы . . . . .	3,11
б. Бентонные . . . . .	0,11
с. Другие организмы . . . . .	0,79
Итого . . . . .	4,01
Нерастворимый осадок — 95,99	
а. Кремневые организмы . . . . .	54,44
б. Минеральные зерна . . . . .	1,67
с. Илистое вещество . . . . .	39,88
Итого . . . . .	95,99

Из организмов больше всего радиолярий, довольно много спикул кремневых тубок.

Диатомовый ил — разновидность радиоляриевого ила, состоящая главным образом из диатомей. Распространен в холодных морях.

Полная сводка данных по глубоководным отложениям дана в работе Андре (5).

## ЛАГУННЫЕ ФАЦИИ.

Лагунные фации располагаются вдоль берега в виде прерывистой, сравнительно узкой полосы. Полоса лагунных фаций отделяет континент — континентальные фации от моря — морских фаций.

Основным признаком лагунной полосы является присутствие бассейнов с ненормальной соленостью, связанных в своем образовании с морем. От размера этих бассейнов зависит ширина зоны лагун, местами достигающая нескольких сот километров, местами равная нулю.

Обычная ширина зоны лагун колеблется от нескольких километров до немногих десятков километров. В устьях больших рек она значительно больше: у Ганга ширина ее 100—120 км, у Гудзона — 230 км, у Амазонки — 700 км и у Янцзыянга — 800 км. Вдоль мало изрезанных, крутых, обрывистых берегов зона лагун отсутствует, напр. по испанскому берегу Бискайского залива, по черноморскому побережью Кавказа от Анапы до Поти и т. п.

Протяженность и площадь зоны лагун также весьма различны.

Зона лагун тянется по всему восточному и южному побережью Балтийского моря, захватывает побережье Дании и протягивается до Ламанша. Вся Голландия представляет лагунную область.

Колоссальную площадь лагуны занимают в нижнем течении Янцзыянга. Ширина ее местами свыше 400 км, протяженность свыше 500 км.

Еще большую площадь лагуны занимают по побережью Бенгальского залива в области дельт Брамапутры, Ганга и Маханди. Длина ее вдоль берега около 900 км, ширина свыше 150—200 км. При этом ширина берется только для надводной части дельты; если же учитывать и подводную часть, то ширина возрастет значительно.

Весьма значительная площадь лагун в области устья Инда и Кутча.

Все эти районы по своим размерам значительно превышают Кузбасс, не говоря уже о Донбассе. Площадь Донбасса, древней лагунной области, приблизительно равна всего только площади Финского залива.

### Отложения лагунной зоны.

Отложения лагунной зоны весьма разнообразны и быстро меняются. Общая мощность их почти всегда значительна и измеряется сотнями метров, а нередко и километрами: лагунная угленосная толща Донбасса достигает 8—10 км, угленосная

толща Кузбасса 5—6 км, верхнепалеозойские отложения Киргизской степи 2—3 км, нефтеносная балаханская свита Ашшера свыше 1 км.

Весьма интересна и большая скорость накопления осадков. В то время как в Подмосковном бассейне в продолжение среднего карбона отложилось около 200 м известняков, в недалеко расположеннем Донбассе за то же время отложилось 5—6 км лагунных осадков, т. е. больше чем в 20 раз. В течение верхней юры в среднерусском море-проливе накопилось всего 60—80 м песков и глин, в Средиземном море — Тетисе — 600—800 м известняков и сланцев, а в тихоокеанской геосинклинали на Дальнем Востоке — 3000 м песчаников и глин сучанской угленосной толщи; отношение 1 : 10 : 50. Не менее велика скорость накопления осадков и в других районах.

Громадная мощность осадков и скорость их накопления объясняются тем, что зона лагун является базисом эрозии для всего земного шара и осадки, выносимые реками, прежде всего и с максимальной скоростью в этой зоне и отлагаются.

Весьма велико и разнообразие отложений, быстро изменяющихся как по простиранию, так и по мощности. Неустойчивость разреза, его быстрая изменяемость — основной признак лагунных отложений. Более или менее постоянные горизонты, протягивающиеся на значительное расстояние, очень редки. Поэтому параллелизация разрезов лагунных отложений нередко представляет значительные затруднения.

Литологически состав лагунных отложений характеризуется преобладанием песков и глин. Нередки органические осадки: каменный уголь, торф, нефть. Много солей. Известняки и конгломераты встречаются редко и играют подчиненную роль. В Донбассе детально изученный разрез угленосной толщи среднего карбона дал следующие цифры: при общей мощности около 3000—3400 м песчаников — 48,5%, сланцеватых песчаников — 23,5%, глинистых сланцев — 24,9%, каменных углей — 1,8%, известняков — 1,3%.

Пресладают рыхлые осадки, очень тонкозернистые и плодородные. Благодаря этому обычно развивается богатейшая растительность.

Среди лагунных фаций развиты все основные типы отложений:

1. Лагунные отложения.
2. Наземные отложения.
3. Пресноводные отложения.
4. Морские отложения.

Основной тип — лагунные отложения — выражены осадками бассейнов с ненормальной соленостью — опресненных или горькосоленых и осадками дельт.

Наземные отложения образуются на участках, разделяющих лагуны, и на поверхности дельт.

Пресноводные отложения широко развиты и представлены речными, озерными и болотными отложениями.

Морские отложения наименее распространены и связаны с временными морскими трансгрессиями, проникающими в область лагун и дельт. По окраине зоны они переслаиваются с дельтовыми.

Исходя из генезиса осадков можно наметить следующие группы фаций, с которыми связано образование лагунных отложений:

1. Опресненные бассейны.
2. Горькосоленые бассейны.
3. Дельты.
4. Эстуарии.
5. Мангровые заросли.
6. Речные долины.
7. Озера и болота.
8. Прибрежные дюны и пески.
9. Мелководные морские заливы.

### Бассейны с ненормальной соленостью.

Благодаря деятельности прибоя, приливов и отливов, поверхностных и глубинных течений вода в океанах и открытых морях перемешивается настолько, что везде она почти одинакового состава. В частности постоянна и соленость, вызываемая содержанием в воде 3,5% различных солей. Эта цифра 3,5 определяет жизнь органического мира, населяющего океаны. Достаточно ее небольшого изменения, чтобы изменился и органический мир.

**Причины изменения солености.** Основной причиной изменений солености в данной части моря является ее обособление от открытого моря. Обособление, изоляция, хотя бы и частичная, сейчас же вызывает нарушение единого, мирового кругообмена веществ в море. Нарушение кругообмена выдвигает вперед те факторы, которые раньше им уравновешивались.

Такими факторами являются испарение и принос пресной воды реками.

Испарение вызывает образование горькосоленных бассейнов с повышенным содержанием солей, вплоть до полного насыщения.

Принос пресной воды реками вызывает образование опресненных солоноватоводных бассейнов с пониженной соленостью.

Направление изменения солености зависит от соотношения испарения с притоком пресной воды.

Напр. Каспийское море лежит в зоне пустынь, обладает по-

вышенным испарением и казалось бы должно обладать повышенной соленостью, как обыкновенно и думают. Но на самом деле соленость Каспийского моря всего 1,5%, т. е. вдвое меньше нормальной солености — 3,5%. Это объясняется колоссальным приносом пресной воды реками — Волгой, Тереком, Уралом, Курой и др.

В Аральском море, расположенному в центре пустыни, соленость еще меньше благодаря Сыр-Дарье и Аму-Дарье.

Балтийское море обособлено от океана только частично, но тем не менее вся восточная часть его обладает пониженной соленостью, а Финский залив почти пресный благодаря притоку пресных вод. Получается интересная картина: соленость постепенно увеличивается по направлению с востока на запад. У Каттегата она становится нормальной. Параллельно с изменением солености происходит и постепенное изменение фауны от пресноводной в Финском заливе до нормальной морской в западной части.

Даже Черное море, благодаря изоляции и притоку пресной воды, обладает несколько пониженной соленостью — 3%. И эта разница в 0,5% уже вызывает то, что фауна Черного моря значительно однообразней, чем фауна Средиземного моря.

С другой стороны, обособление без притока пресной воды сразу вызывает образование горькосоленных бассейнов, напр. Карабутага, Сиваша, Мертвого Култука и т. п. Интересно, что все эти бассейны являются заливами сильно опресненных морей — Каспийского и Азовского.

**Влияние изменений солености на фауну.** Большинство морских форм являются эвригалинными, т. е. не выносящими изменений солености. Достаточно изменения солености хоть на полпроцента, чтобы они вымерли. К ним относятся целый ряд больших групп, напр. цефалоподы, иглокожие, рифообразующие кораллы и большинство родов и видов других групп.

Это является причиной того, что в опресненных и горькосоленных бассейнах фауна гораздо однообразней, чем в морях.

Основной признак фауны бассейнов с ненормальной соленостью — это бедность видами и богатство особыми.

Второй признак — это присутствие в однообразной фауне только одних стеногалинных форм. Стеногалинными формами называются формы, легко переносящие значительные изменения солености. К ним относятся ракообразные, мшанки, пелепицоподы, гастроподы и, в палеозое, некоторые брахиоподы и криноиды и возможно цефалоподы. Причем из этих групп выживают только немногие рода и виды.

Третий признак — это сильная изменчивость отдельных видов. Форма в нормальной солености весьма постоянна, в бассейнах

с ненормальной соленостью сразу дает целый ряд уклонений и вариаций.

Четвертый признак, второстепенного значения—это наблюдающееся у ряда форм утонение стенок раковины и упрощение скульптуры и замка.

**Отложения опресненных бассейнов** отличаются от морских главным образом отсутствием рифовых известняков (за исключением мшанковых рифов) и вообще значительно меньшим количеством известняков. Известняки преимущественно представлены ракушняками и мергелистами и глинистыми разностями.

Обломочные отложения и их распределение у больших опресненных морей такие же, как и у нормальных морей, так что отличить их можно только по фауне. У небольших бассейнов благодаря ослаблению прибоя и отсутствию течений конгломераты почти отсутствуют, и пески распространены значительно меньше.

Глубокие области обособленных бассейнов, как напр. Черного и Каспийского морей, заражены сероводородом, что вызывает увеличение стяжений пирита. Глубоководные отложения Черного моря детально изучены Архангельским (177), Каспийского — Книповичем.

**Отложения горькосоленых бассейнов** отличаются главным образом большим количеством разнообразных солей, нередко образующих мощные пласти. Среди солей преобладают гипс, ангидрид и каменная соль. Более редко встречаются калийные соли.

Второй признак — замкнутые контуры и небольшая площадь распространения, связанные с небольшими размерами горькосоленых бассейнов.

Третий признак — почти полное отсутствие конгломератов. Фауна горькосоленых бассейнов обычно состоит из немногих видов ракообразных. В отложениях прошлого преобладает род *Estheria*. Но нужно помнить, что *Estheria* с таким же успехом живут и в опресненных и пресноводных бассейнах.

### Дельты.

**Общая характеристика.** Дельтой называется место впадения реки в море, служащее областью отложения осадков, выносимых рекою.

Форма дельт весьма разнообразна, обычно приближаясь к треугольной или вернее веерообразной.

Весьма различны также и размеры, у некоторых больших рек весьма значительные. Иногда дельты нескольких рек, впадающих в море вблизи друг от друга, сливаются вместе, образуя сплошной пояс дельтовых отложений, тянущийся вдоль берега на много

сот километров. Примером могут служить дельты Брамапутры, Ганга и Маханди, образующие пояс, длиной выше 700 км.

Обычно дельтой считается только ее надводная часть, но на самом деле дельта нередко продолжается под поверхностью моря на значительное расстояние.

Как пример большой дельты приведем дельту Нила, по описанию Бэррила (251). Поверхность дельты представляет низменную равнину, слабо наклоненную к морю. Многочисленные притоки различной величины прорезывают ее по всем направлениям. Не менее многочисленные озера и болота рассеяны по всей площади. Вдоль берега тянется полоса лагун, окруженных песчаными дюнами. Дюнны пески наблюдаются и в других местах дельты.

Наземная часть дельты довольно круто обрывается до глубины 6—10 м. Затем идет широкая и большая подводная часть дельты. Она начинается подводной равниной, представляющей слабо наклоненную плоскость. Насколько невелик наклон, видно из того, что край подводной равнины лежит всего на 50 м глубины при ширине равнины около 50 км. Начиная с глубины 50 м и до 200 м, уклон становится больше, но все еще невелик. От глубины 200 м и до глубины 1000 м дельта довольно круто обрывается в море. Средний угол уклона больше  $1,5^{\circ}$ . Начиная с глубины 1000 м и дальше, поверхность дельты снова становится почти горизонтальной.

**Отложения дельт.** Отложения дельт делятся на три группы:

1. Поверхностные отложения — topset beds.
2. Отложения склона — foreset beds.
3. Донные отложения — bottomset beds.

Поверхностные отложения в свою очередь распадаются на:

1. Отложения надводной равнины.
2. Отложения подводной равнины.

Твэнхофел (2) дает следующую характеристику дельтовых отложений.

*Отложения надводной равнины* континентального происхождения, ясно линзовидные, прорезаны каналами, местами покрыты трещинами высыхания, следами от дождя и града и от ползания животных; в значительном количестве содержат остатки наземных и пресноводных животных и растений, последние нередко там, где они росли. Растительные остатки нередко скапливаются в больших количествах, образуя угленосные толщи.

Благодаря различным степеням окисления и раскисления цвета пород отличаются разнообразием. Сортировка и слоистость слабые и неправильные; местами могут достигать высокой степени, напр. в озерах. Многие свиты косослоистые. Нередки деформации, образовавшиеся во время отложения. Осадки состоят из

песков, песчаных глин и чистых глин и растительных остатков. Слои известняка редки, но местами могут быть развиты. Галечники редки. Иногда встречаются остатки морских животных.

*Отложения подводной равнины* образуются протоками, волнами и течениями различного направления и силы. Пласти нередко линзовидные с неправильной слоистостью; местами же правильная слоистость развита на значительной площади. Присутствуют остатки наземных и пресноводных животных и растений. Нередки и остатки морских животных. Осадки состоят из песка, песчаных глин, чистых глин и более редких скоплений растительных остатков. Местами могут происходить скопления планктонных организмов, ведущие к образованию горючих сланцев. Известняковые прослои редки, цвета преимущественно сероватые и синеватые.

*Отложения склона* (*foreset beds*) образуются волнами, течениями и иногда протоками. Нередко вода, в которой происходит образование осадков, соленая или солоноватая, что ведет к выделению взвешенных тонких частиц. Слоистость и сортированность хорошая; реже неправильная. Слои могут иметь значительный первичный наклон. Морские и озерные животные широко распространены: нередки остатки наземных и речных животных и растений. Преобладают сероватые и синеватые цвета. Слоистость расплагается по склону веерообразно, правильно изменяясь. Нередки подводные оползни и другие нарушения залегания осадков, связанные с значительными первичными углами накопления. Осадки состоят из песков, песчаных глин, чистых глин; нередки известняки.

*Отложения дна дельты* образуются в морских условиях, но состоят из материала, приносимого реками. Они отличаются своей тонкозернистостью и правильностью сортировки и слоистости. Преобладают чистые, реже песчанистые глины.

Вальтер (1) дает интересные дополнения к характеристике осадков больших дельт, как напр. Нила, Ганга, Миссисипи и т. п. Эти осадки очень однообразны и состоят из весьма тонких зерен, среди которых нередки листочки слюды. Цвет осадков серый или серовато-бурый. В многочисленных разрезах по берегам протоков обычно видна правильная слоистость. Чаще всего она очень тонкая, нередко листоватая, реже толстослоистая. Органические остатки весьма редки.

Интересно отметить особенности, обычно в дельтах редко наблюдающиеся, а именно чрезвычайную тонкозернистость осадков и правильную слоистость. Эти особенности в связи с бедностью органическими остатками, обилием листочек слюды и значительной мощностью весьма напоминают особенности флиша, этой своеобразной фауной, условия образования которой до сих пор не выяснены и которую иногда считают глубоководным осадком.

## Эстуарии.

Эстуарием называется часть нижнего течения реки, на которую распространяется действие приливов и отливов и которая обладает повышенной соленостью. От дельты эстуарий отличается отсутствием накопления осадков, которые в значительной части уносятся морем.

Примерами эстуарий могут служить эстуарий Темзы, Рио-де-Лаплата и наиболее хорошо изученный эстуарий р. Северн.

Осадки эстуариев отличаются преобладанием глин и тонкозернистых песков. Известняки отсутствуют, но местами образуются скопления ракушек. Цвет осадков серый, темный или синеватый.

Фауна эстуариев обладает всеми особенностями солоноватоводных бассейнов и представляет обедненную морскую фауну соседних участков моря. Нередко особи отличаются маленькими размерами по сравнению с особями, живущими в нормальных морских условиях. Но последний признак развивается и в других бассейнах и указывает только на неблагоприятные условия существования.

## Мангровые заросли.

В устьевых частях рек и вдоль примыкающих к ним защищенных берегов моря в тропических областях развивается, нередко прямо в воде, своеобразная флора. Эта так называемая мангровая флора состоит из деревьев, иногда значительных размеров с целой сетью воздушных корней, которые обнажаются во время отлива. Сам ствол дерева и крона всегда остаются над уровнем воды. Мангровые деревья образуют сплошную густую заросль, которая в виде зеленой ленты тянется вдоль берега. Ширина полосы мангровых зарослей иногда достигает нескольких километров.

Мангровые заросли уничтожают действие прибоя. Благодаря этому и в пределах самой заросли, и по морскому берегу отлагаются значительные массы черного вонючего вязкого песчанистого ила, весьма обогащенного растительными веществами.

На корнях мангровых деревьев, между ними и в иле селится своеобразная фауна, состоящая из прирастающих — устрицы, *Mytilus* и зарывающихся форм. По берегу моря фауна морская, в дельтах — солоноватоводная.

Заросли типа мангровых были широко распространены и в прошлом. В девоне и нижнем карбоне вся флора была связана исключительно с зарослями типа мангровых. Широко они были развиты и в верхнем палеозое и мезозое.

Нередко в пределы зоны лагун входят части нижних течений рек, характеризующиеся медленным тихим течением, низкими пологими берегами.

Соответственно в составе лагунных толщ встречаются и типичные речные отложения, даже и вне дельт. Они состоят главным образом из тонкозернистых осадков и обладают всеми особенностями, присущими речным отложениям, описанными ниже.

Свообразной особенностью является большое развитие половодий. Благодаря низменному равнинному рельефу половодия иногда захватывают громадные площади. На всем пространстве этих площадей отлагается единообразный пласт илистых осадков. Повторение половодий создает впечатление правильно слоистой толщи, обладающей весьма большим распространением.

### Озера и болота.

Озера и болота пользуются еще большим распространением, чем речные долины. Наряду с лагунами они занимают большую часть поверхности лагунной зоны. Размеры их сравнительно невелики, но число весьма значительно.

Озера и болота в большинстве случаев связаны с дельтовыми отложениями, входя в их комплекс. Более редко они располагаются между дельтами, входя в комплекс континентальных отложений.

Озера и болота зоны лагун ничем не отличаются от озер и болот континентальной зоны, описанных ниже.

### Прибрежные дюны и пески.

Пески лагунной зоны отличаются своей тонкозернистостью и распространенностью. Они легко выдуваются ветром по всему побережью, образуя почти сплошной пояс песков нередко значительной ширины. Также легко выдувается песок из речных и озерных отложений дальше вглубь суши, нередко образуя более или менее значительные площади сыпучих песков и дюн.

Все это является причиной того, что нередко среди лагунных отложений мы встречаем довольно мощные толщи чистых однородных песков со всеми признаками золового происхождения.

В тропиках эти пески ярко и пестро окрашены, преимущественно в красные цвета. Причины возникновения красной окраски см. в главе о свойствах осадков.

## Мелководные морские заливы.

Граница между нормальными морскими бассейнами и зоной лагун бывает то более резкая, то скрадывается благодаря смешиванию пресных и морских вод. Соответственно и морские отложения, напр. известняки, то резко и сразу сменяют лагунные глины и пески, то наоборот постепенно переходят друг в друга через более или менее широкую промежуточную зону.

Особенно резка смена лагунных отложений морскими в области развития коралловых рифов. Здесь рифовые известняки сразу сменяются глинами, песками и накоплениями растительных остатков.

Во время опусканий или длительных и сильных засух морские воды проникают далеко вглубь лагунной зоны, образуя мелководные морские заливы.

Во время этих трансгрессий на дне заливов образуются толщи типичных морских осадков с типичной морской фауной. Эти морские осадки образуют прослои, иногда развитые на большом расстоянии. Благодаря своему распространению и однородности они имеют большое значение для корреляции разрезов лагунных отложений, среди которых они залегают.

Обычно существование мелководных морских заливов в зоне лагун не продолжительно, и они быстро отступают обратно, снова сменяясь лагунными бассейнами.

Хорошим примером многократно образовывавшихся, но кратковременных мелководных морских заливов могут служить заливы, проникавшие в Донбасс, в среднем карбоне. Среди мощных километровых толщ лагунных и дельтовых отложений развиты небольшие прослои известняков с нормальной морской фауной. Мощность этих прослоев не превышает нескольких метров, но они распространяются на весь Донбасс, служа хорошими маркирующими горизонтами. По направлению на восток, к открытому морю, мощность известняков увеличивается. Вне пределов Донецкой дельты весь средний карбон представлен одними известняками.

## Экономическое значение лагунных отложений.

Экономическое значение лагунных отложений очень велико, несмотря на их сравнительно небольшое распространение.

На дне болот и лагун происходит массовое накопление растительных остатков. Лагунные отложения заключают в себе крупнейшие каменноугольные бассейны СССР: Кузбасс, Донбасс, Подмосковный бассейн, Кизел, Караганда, связанные с лагунными отложениями карбона и перми.

Горючие сланцы преимущественно отлагаются в заливах с нор-

мальной соленостью. Но иногда они образуются и в бассейнах лагунного типа.

Пески лагунных толщ нередко служат хорошими коллекторами для нефти, хотя в этом отношении наземные пески более хороши благодаря меньшему количеству цемента.

Горькосоленые бассейны лагунной зоны нередко достигают значительных размеров и существуют в течение длительного периода. На дне их отлагаются мощные толщи различных солей. Все крупнейшие месторождения солей СССР лагунного происхождения, Соликамск, Илецк, Индерские горы, Баскунчак, Бахмут — все связаны с горькосолеными бассейнами, то существовавшими по берегам опресненного верхнепермского моря, то возникшими после его распада.

## Глава IV.

### КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ ФАЦИИ.

Континентальные фации подразделяются на:

#### I. Пресноводные фации.

1. Озерные фации.
2. Болотные фации.
3. Речные фации.

#### II. Наземные фации.

1. Фации подножий.
2. Фации осыпей, обвалов и оползней.
3. Ледниковые фации.
4. Пустынные фации.

#### Пресноводные фации.

**Общая характеристика.** Основной особенностью пресноводных фаций является присутствие пресноводной фауны. Вторым важным признаком является слоистость и третьим мощность и распространение отложений.

**Пресноводные фауны.** Современная пресноводная фауна общеизвестна. Наиболее распространенными представителями ее являются пелепицоподы — *Unio*, *Anodonta*, *Pisidium*, *Corbula*, гастropоды — *Limnaeus*, *Planorbis*, *Paludina*, ракообразные — *Decapoda*, *Cypris*, рыбы, насекомые. Другие группы лишены твердых скелетных образований и в ископаемом состоянии не встречаются. Можно отметить еще только плодоношения водорослей — *Chara* и кремневые водоросли — диатомеи.

В неогене общий характер и состав пресноводной фауны тот же, но в палеогене ряд форм значительно отличается от современных, и даже родовое определение их представляет трудности.

В мезозое различие становится еще более, правда *Unionidae*

еще более или менее похожи на современных, но гастроподы уже резко отличаются. Отличаются также рыбы и ракообразные; среди последних весьма распространен род *Estheria*. Насекомые местами многочисленны, но все представлены особыми родами.

В палеозое сходство исчезает совершенно.

В перми и карбоне широко развиты группы, близкие к *Unionidae*, среди которых можно отметить *Anthracosiidae*. Пресноводные гастроподы неизвестны и возможно их еще и не было. Многочисленны рыбы, насекомые и ракообразные — *Estheria*.

В девоне и верхнем силуре морская фауна впервые мигрирует сначала в солоноватые воды, а затем и в пресные. Переселяются немногие рода пелеципод, рыб и ракообразных, а также и харовые водоросли. Среди пелеципод приспособления к жизни в пресных водах вызывают некоторые изменения, но эти изменения не нарушают общего морского облика. Очень возможно, что ряд пелециподовых и остракодовых фаун верхнего силура и девона, которые мы считаем морскими по общему облику фауны, на самом деле являются солоноватоводными и даже пресноводными. Вероятна принадлежность к пресноводным формам некоторых панцирных рыб — *Placodermi*.

**Озерные отложения.** По условиям образования озерные отложения можно разбить на следующие типы:

I. Обломочные отложения.

1. Галечники и брекчии.
2. Пески.
3. Глины.

II. Химические отложения.

1. Известняки (туфы).
2. Соли.
3. Железные руды.
4. Кремнезем.

III. Органические отложения.

1. Известняки и мергеля.
2. Углистые вещества.
3. Диатомиты.

**Обломочные отложения.** Обломочные отложения играют преобладающую роль. У больших озер они по характеру и распространению очень близки к морским. У маленьких озер слабо развиты и нередко отсутствуют галечники и пески.

**Галечники.** Развиты мало и то по берегам больших озер. Происхождение главным образом за счет приноса реками, реже от деятельности прибоя.

**Пески.** Ширина зоны песка незначительна и то только у больших озер с развитым прибоем. У маленьких озер пески нередко отсутствуют.

*Глины* являются преобладающим осадком и довольно разнообразны: песчанистые, углистые, битуминозные, известковистые, железистые; в горькосоленых озерах: гипсонасные, соленосные и кремнистые.

*Химические отложения.* Значительного развития химические отложения достигают только в горькосоленых озерах.

*Известняки (туфы)* образуются благодаря испарению и представляют неправильные массы то в виде пластов, то в виде неправильных, холмообразных скоплений.

*Соли* развиты только в горькосоленых бассейнах.

*Железные руды.* В ряде озер умеренного пояса в Европе и Северной Америке на дне отлагаются незначительные толщи железных руд, чаще всего лимонита, в виде отдельных зерен и стяжений. Реже встречаются карбонаты железа, главным образом в озерах с большим количеством органических веществ.

*Кремнезем.* В соленых озерах происходит выделение и оседание кремнезема, аналогично тому, как это наблюдается в морях. В результате получаются кремнистые глины — опоки, реже кремнистые сланцы и роговики.

*Органические отложения.* По сравнению с морями органические отложения играют в озерах подчиненную роль, но иногда достигают значительного развития.

*Известняки и мергеля.* Иногда на дне озер происходит накопление больших количеств раковин моллюсков и остракод. В результате накапливаются толщи мергелей и мергелистых известняков.

Возможно, что в некоторых случаях озерные известняки образуются за счет разрушения берега, сложенного известняками, и приноса реками известкового ила.

Во всяком случае известняки и мергеля не представляют редкости ни в современных озерах, ни в озерах прошлого.

*Углистые вещества.* Большая или меньшая примесь углистых частиц наблюдается в озерных отложениях передко. Большие же скопления связаны с болотами.

*Битуминозные вещества.* На поверхности некоторых озер планктон развивается в колоссальных количествах. Ветрами он сгоняется в обособленные заливы и там оседает на дно, образуя желатинообразную массу — будущие горючие сланцы. Подобный процесс резко выражен в Балхаше, где скопления планктона в заливе Ала-куль носят название балхашита.

С подобными пресноводными горючими сланцами вероятно связана нефтеноносность и газоносность, наблюдавшаяся в ряде районов Азии — в Джунгарии, по побережью Байкала, у ст. Манчжурия.

*Диатомиты.* В тех случаях, когда в планктоне развивается большое количество диатомей, скелеты их скапливаются на дно озер. Образуются илы, обогащенные диатомиями, постепенно пе-

реходящие в диатомиты — породы главным образом сложенные скелетами диатомей. Диатомит иногда называется трепелом или инфузорной землей.

Характерные признаки озерных отложений.

1. Пресноводная фауна. В горькосоленых озерах она отсутствует.

2. Ограниченнное распространение, соответственно форме озера.

3. Правильная, ясная, тонкая слоистость.

4. Небольшая мощность — десятки метров.

5. Преобладание глин, нередко мергелистых.

6. Зональное расположение осадков: 1. Зона песка. 2. Зона песчаной глины. 3. Зона чистой глины.

**Болотные отложения.** Болота представляют разновидность озер, отличающуюся интенсивным развитием растительности и накоплением на дне больших масс растительных остатков.

Характерные признаки болотных отложений.

1. Пресноводная фауна.

2. Ограниченнное распространение, соответственно форме озера.

3. Слоистость правильная, местами неясная.

4. Небольшая мощность — десятки метров.

5. Преобладание растительных остатков и глин.

6. Отсутствие зонального расположения.

Все типы болотных осадков отличаются значительной углистостью, связанный с содержанием растительных остатков.

Нередко происходит накопление окислов железа в виде неправильных прослоев и масс, незначительной мощности. Железные руды всегда содержат некоторое количество кремнезема, до 15%. Часто наблюдается значительное содержание фосфорной кислоты, доходящее до 10%.

В глинах и сланцах нередко присутствует пирит и марказит в виде конкреций и тонких илек.

**Речные отложения.** Речными отложениями называются отложения, образовавшиеся в речной долине. Дельты и конуса выносов выделены особо и рассматриваются первые в лагунных отложениях; вторые — в наземных.

Характерные признаки речных отложений.

1. Пресноводная фауна.

2. Распространение в виде длинных извилистых полос, врезанных в подлежащие отложения.

3. Неправильная косая слоистость.

4. Небольшая мощность — десятки метров.

5. Преобладание песков.

6. Быстрая и значительная изменчивость как по простирации, так и по мощности. Многочисленные карманы и линзы.

Распространение речных отложений обусловливается формой

речной долины. В долинах больших зрелых рек ширина полосы речных отложений достигает многих десятков километров.

Также различна и мощность. Обычно она невелика, измеряясь десятками метров. В тех же случаях, когда долина большой реки проходит вдоль склона горной области, то ее отложения приобретают характер отложений конусов выноса и достигают весьма большой мощности. Буровая скважина в долине Ганга, у Лукнуу, у подножья Гималаев прошла в речных отложениях выше 400 м, не дойдя до их основания.

По литологическому составу и характеру слоистости речные отложения разделяются на три резко различных типа:

1. Отложения русла реки.
2. Отложения долины реки.
3. Отложения половодий.

Отложения русла реки обладают теми признаками, которые мы обычно связываем с понятием речные отложения. Они состоят преимущественно из песка; нередки неправильные, линзовидные прослои галечника и глин. Слоистость неправильная, косая; часто наблюдаются карманы, линзы и местные резкие несогласия.

Отложения речной долины отличаются тем, что к отложениям русла реки добавляются отложения стариц, болот, озер, небольшие конуса выноса притоков, эоловые пески. Литологически преобладают пески, но много глин. Нередки скопления растительных остатков. Местами наблюдается отложение мергелистых осадков, а иногда и известняков. Широко развиты галечники. Слоистость самая разнообразная и быстро меняющаяся в зависимости от разнообразных быстро меняющихся условий образования осадков.

Отложения половодий достигают значительного развития только в нижних частях низменных долин зрелых рек. Наиболее типичный пример представляют половодья Нила, от которых зависит все благосостояние Египта. Ежегодно Нил разливается на значительной площади и оставляет пласт рыхлого известковистого ила, богатого органическими веществами. Этот ил служит лучшим естественным удобрением.

Отложения половодий весьма близки к отложениям середины больших озер, обладая такой же правильной слоистостью и тонко-зернистостью. Отличаются они распространением и прерывистостью, вызывающейся возвышениями на поверхности речной долины.

### Наземные фации.

Наземные отложения отличаются практически полным отсутствием органических остатков. Только в исключительных случаях наблюдаются скопления остатков наземных животных и растений.

Изредка встречаются пресноводная фауна и флора, развивающиеся во временных бассейнах.

**Фации подножий.** В тех случаях, когда река выходит из горной области в равнину, скорость течения ее резко уменьшается, и те осадки, которые выше переносились и передвигались рекой, теперь отлагаются в виде низких широких конусов (см. рис. 37).

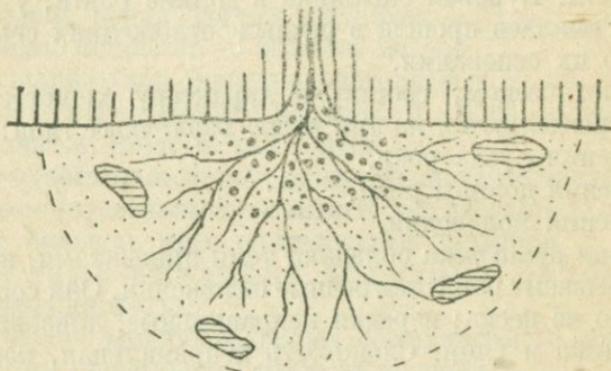


Рис. 37. Схема строения конуса выноса и распределения осадков.

Расположение осадков в конусах выноса такое же, как и в дельтах (см. рис. 38).

Конуса располагаются вдоль горных хребтов, у их подножья, в виде более или менее широкой полосы. Пространство между большими конусами заполняется конусами небольших рек, выносами дождевых потоков, оползнями и т. п. В результате

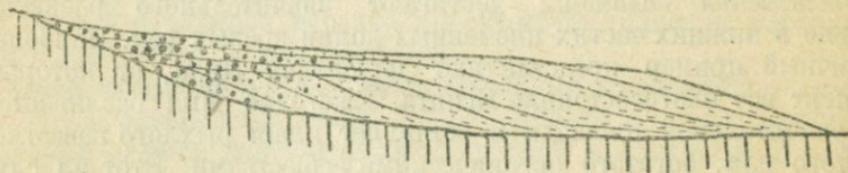


Рис. 38. Схема разреза конуса выноса.

таке получается непрерывный пояс накопления громадных масс обломочных осадков, достигающий ширины во много десятков километров, а иногда и свыше ста километров.

Отложения конусов выноса обычно называют «отложениями подножий».

Мощность отложений колossalна, обычно измеряясь сотнями метров и нередко достигая нескольких километров. Мощность Сиваликских слоев в Индии напр. достигает 4,5 — 5 км.

Протяжение пояса накопления зависит от длины горных хребтов и может достигать нескольких тысяч километров, как напр. вдоль подножья Тянь-Шаня от Аральского моря до Ордоса.

По площади и мощности отложений пояс подножий представляет континентальную область накопления осадков, не уступающую морским геосинклиналям, и с полным правом может называться «континентальной геосинклиналью».

Интересно, что континентальные геосинклинали также являются областью проявления складчатости, как и морские. Как пример можно привести юрские континентальные отложения, получившиеся в результате разрушения варисцийского Тянь-Шаня. Они все собраны в складки, а местами прорваны и переслаиваются с эфузиями.

Юрские континентальные отложения тянутся вдоль обоих склонов Тянь-Шаня в виде почти непрерывной полосы длиной в несколько тысяч километров и шириной во много десятков километров. Мощность достигает 4—5 км, как напр. в Богдо-Ола.

Углы падения, вернее говоря углы отложения уменьшаются от гор к равнине. У гор они нередко достигают углов устойчивости; на большей части конусов выноса они колеблются от 15° до 4—5°, ближе к равнине они глинистые ложиваются. Эти естественные углы падения иногда путают с углами падения, вызываемыми тектоническими движениями.

Слоистость и материал отложений изменяется по направлению от гор к равнине. Ближе к горам отложения неясно слоисты или неслоисты и представляют неправильные накопления обломков и валунов. Отдельные глыбы достигают громадных размеров. Дальше от гор материал сортируется, валуны и гальки становятся меньше, количество песка увеличивается. Намечается слоистость, обычно косая и неправильная.

Еще дальше от гор преобладают пески, гальки встречаются в виде неправильных прослоев, появляются глины. Углы падения становятся пологими. Слоистость чаще косая, но иногда правильная. В этой зоне иногда развиваются небольшие озера и болота, с присущими им осадками.

По периферии конусов отлагаются тонкозернистые пески и суглинки, нередко лёссовидные, постепенно переходящие в отложения речных долин или пустынь.

Литологический состав характеризуется преобладанием конгломератов и песчаников, глины играют подчиненную роль, но местами достигают значительного распространения. У периферии развивается иногда зона озер и болот, в которых отлагаются толщи глин, мергелей и растительных остатков.

Среди континентальных отложений отложения подножий могут сравниваться по площади распространения только с пустынными,

значительно превышая их по мощности. Остальные типы континентальных отложений развиты значительно меньше.

**Характерные признаки отложений подножий.**

1. Почти полное отсутствие органических остатков.
2. Громадная площадь распространения и мощность.
3. Распределение осадков по величине от гор к равнине.
4. Разнообразная слоистость от неясной до косой, линзовидной и наконец до правильной.
5. Преобладание конгломератов и песчаников.

**Фации обвалов, осыпей и оползней.** Означенные фации развиты главным образом в горных областях и реже по берегам рек и морей.

Современное распространение их и занимаемая ими площадь незначительны. Еще менее известны они в ископаемом состоянии.

Они представляют скопления неокатанного, несортированного и неслоистого материала, более или менее однородного. В общей массе глинистого или известковистого цемента преобладают угловатые обломки самой различной величины.

По форме накоплений и литологическим фациям обвалов и осыпей весьма похожи на морены. Единственные отличия — большая однородность материала и главное нешлифованная поверхность подстилающих пород.

**Ледниковые фации.** Ледниковые отложения пользуются значительным распространением в настоящее время и нередки в отложениях прошлого. Условия их образования достаточно известны из курса физической геологии.

**Характерные признаки ледниковых отложений.**

1. Несортированность, неокатанность, неслоистость, неоднородность материала.
2. Небольшая мощность.
3. Отшлифованная поверхность подстилающих отложений.
4. Бугристая поверхность.

Ледниковые отложения распадаются на две группы:

1. Отложения долинных ледников.
2. Отложения покровных оледенений.

Отложения долинных ледников имеют форму долины и состоят из донной морены и конечной морены. За конечной мореной идет пояс флювио-глациальных, речно-ледниковых отложений, постепенно переходящий в речные отложения.

При покровном оледенении различных типов картина распределения осадков сложнее. По внутренней стороне конечной морены располагаются камы и пебольшие озерки. По внешней стороне конечной морены лежит пояс флювио-глациальных отложе-

ний. При отступании ледника между новыми и старыми конечными моренами образуются озера, в которых отлагаются озерные или ленточные глины. Подо льдом образуются друмлины, озы и донная морена. При дальнейшем отступании флювио гляциальные и озерные отложения перекрывают донную морену. В озерных отложениях нередко встречаются мергеля и торф. Выдувание ледниковых отложений создает песчаные дюны и дальше по периферии — толщи лесса. Последовательные наступания и отступания ледников вызывают переслаивание этих типов отложений.

В искощаемом состоянии неизмененные морены называются «валунной глиной». Метаморфизованная, уплотненная валунная глина превращается в брекчиевидную породу, носящую название «тиллит». Лучшим признаком для обособления тиллитов от других брекций служит отшлифованное ложе, покрытое ледниковыми шрамами. Штрихованные валуны встречаются далеко не всегда.

Цемент морен обычно глинистый, с некоторой примесью песка. В районах большого развития известняков известковая муть, получаемая от перетирания известняков попадает в морену и делает ее цемент известковистым. В случае развития в области оледенения одних известняков весь материал морены и обломки и цемент состоят из извести. Аналогичная картина наблюдается и у тиллитов.

**Пустынные фации.** Пустынные фации весьма широко распространены. В настоящее время площадь, занятая ими, достигает 11 000 000 кв. миль. Не менее были распространены они и в эпохи прошлого.

Характерные признаки пустынных отложений.

1. Громадная площадь распространения.
2. Сравнительно небольшая мощность от десятков до немногих сот метров.
3. Преобладание песчаных и валунных отложений.
4. Яркая, пестроцветная окраска. Не всегда.
5. Отсутствие органических остатков. Спорадические скопления костей наземных животных.
6. Редкость растительных остатков.

В общем комплексе пустынных областей можно выделить следующие основные типы:

1. Каменистая пустыня.
2. Области временных потоков и бассейнов.
3. Области золовых песков.
4. Полупустыни.

*Каменистая пустыня* часто служит областью, где получается материал для всех других пустынных отложений. Образующиеся продукты зависят от разрушающихся пород и изменяются от круп-

ных обломков до тонкозернистого песка. Каменистая пустыня является областью образования брекчий.

Благодаря деятельности временных потоков и ветра большая часть продуктов разрушения уносится из каменистой пустыни и отлагается в других областях.

*Области временных потоков* располагаются кругом каменистой пустыни или вдоль подножья хребтов, ограничивающих пустыню, или располагающихся в ее середине.

В сухое время долины временных потоков безводны и покрыты песком, угловатыми обломками и слабо окатанной галькой. В дождливые периоды образуются бурные потоки, быстро сносящие весь этот материал вниз в равнину. Часть этого материала отлажается вдоль склона; более тонкозернистые частицы уносятся вниз.

Отложения временных потоков близки к речным, но отличаются меньшей окатанностью зерен, частым нахождением прослоев брекчий и расположением вдоль склона возвышенностей. Мощность их сравнительно небольшая. Слоистость правильная или косая.

Временные водные бассейны образуются в пониженных частях пустынь. Размеры их различны: от небольших котловин в диаметре несколько сот метров до громадных площадей во много десятков километров в поперечнике.

В период засухи их поверхность представляет плоскую равнину, или глинистую, плотную, с многочисленными и глубокими трещинами усыхания, или песчанистую, рыхлую, гипсонасную. В дождливые периоды они представляют громадные озера, отличающиеся ничтожной глубиной, не больше одного метра, но совершенно непроходимые из-за вязкости грунта. Нередко в них появляется пресноводная фауна и флора — Characea. В периоды засухи фауна и флора частью гибнет, частью переходит в консервированное состояние. В некоторых временных бассейнах скапливается значительное количество солей, после высыхания образующих ослепительно белую корку — снег пустыни.

В Средней Азии бассейны с плотным глинистым дном называются такыры; бассейны с рыхлым, пористым, гипсонасным дном — шорами или сорами.

Отложения такыров и шоров весьма своеобразны. Их отличительная особенность — тонкая и правильная слоистость, прослеживающаяся в последовательно идущих друг за другом бассейнах на значительной площади. Характерны также преобладание тонкозернистых осадков, преимущественно песчанистых глин и частое развитие соленосности. Важно и нередкое нахождение пресноводной фауны.

*Области золовых песков* подразделяются на области смычущих, барханных песков и области неподвижных, бугристых песков, покрытых скучной растительностью.

В обеих областях характер отложений приблизительно одинаков. Они представляют толщу песков, диагонально-слоистых, мощностью до нескольких десятков метров. Распространение этих толщ весьма значительно, достигая сотен километров в длину и десятков километров в ширину. В области сыпучих песков пески отличаются чистотой и однородностью. В области неподвижных песков в общей массе песков появляются прослои глин и углистого вещества, связанные с озерами и скоплениями растительности.

Области полупустынь обладают хорошо развитым растительным покровом. Рельеф слабо развитый, равнинный. И постоянные, и временные потоки развиты слабо и на накопление осадков почти не влияют. Благодаря этому скорость накопления осадков ничтожна; соответственно невелика и их мощность. Литологически преобладают песчанистые глины и глинистые пески. Нередки отдельные гальки и обломки. Довольно часто встречаются отложения пресноводных и горькосоленных озер и болот.

Все эти типы наземных отложений далеко не исчерпывают всего их разнообразия, представляя только наиболее распространенные из них. И для них дана только самая основная характеристика.

По сравнению с морскими отложениями наземные отложения изучены очень мало и их дальнейшее изучение — работа будущего.

## Глава V.

### МЕТОДИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ.

#### Методика определения физико-географических условий прошлого.

При решении ряда вопросов по условиям образования осадков, по палеогеографии района во главу угла ставятся определенные узко ограниченные вопросы по основным особенностям земной коры.

Этими особенностями являются:

1. Глубина бассейна.
2. Климатические условия.
3. Соленость воды.
4. Положение береговой линии.

**Глубина бассейна.** Для определения глубины бассейна прошлого служат:

- a. Палеогеография.
- b. Характер осадков.
- c. Характер фауны.

1. Прежде всего надо отчетливо представлять себе положение изучаемого бассейна по отношению к другим элементам земной коры; а) лежит ли он в геосинклинали, или на континентальном

массиве; б) в какой части этих областей он помещается; с) что представляет собою то море, частью которого является данный залив: пролив, залив, открытое море, архипелаг островов и т. п.

2. Весьма важны соотношения изучаемого пласта с теми пластами, которые его подстилают, покрывают и в которые он переходит по простирации.

3. Распространение, мощность и однородность пласта.

4. Величина зерна осадка. Наличие отдельных зерен и обломков, по своей величине резко отличающихся от среднего зерна осадка.

5. Присутствие зерен глауконита и фосфоритовых галек.

6. Рифовые известняки.

7. Наличие ракушняков. Сохранность ракуши.

8. Ракушняковые банки.

9. Толщина стенок раковин.

10. Характер наружных украшений.

11. Распределение фауны в осадке.

На решении конкретных примеров остановимся позже в главе о методике определения фаций.

**Климатические условия.** На теплый, тропический характер бассейна указывают:

1. Коралловые рифы.

2. Фораминиферовые береговые известняки, типа фузулиновых и нуммулитовых. (Глубинные фораминиферовые мергеля не связаны с высокой температурой.)

3. Преобладание в осадках известняков.

4. Разнообразие, большие размеры и резкость наружных украшений у ракуши.

5. Для мезозоя и кенозоя значение имеет географическое распространение фауны изучаемого бассейна. На теплые воды указывает ее преимущественное распространение на юге. Для палеозоя это неясно.

Климатические условия суши определяются по характеру отложений и по характеру фауны и флоры.

**Соленость воды.** При определении солености воды главное значение имеет состав фауны.

*Нормальную соленость* характеризуют:

1. Присутствие коралловых рифов, цефалопод, иглокожих.

2. Разнообразие фауны. В одном обнажении встречаются десятки видов, но каждый вид представлен небольшим числом особей.

*Пониженнную соленость* характеризуют:

1. Однообразие фауны. Вся фауна бассейна состоит из немногих десятков видов. В одном обнажении встречается обычно не больше 5—6 видов, но зато в громадном количестве. Получается весьма характерная «бедность видами, но богатство особями».

2. Отсутствие коралловых рифов; полное или почти полное отсутствие цефалопод и иглокожих. Повидимому одиночные виды цефалопод и морских лилий приспосабливались к некоторому опреснению воды.

3. Косвенным указанием служит обособленность бассейна, в связи с возможным развитием речной системы.

*Повышенная соленость* вызывает гибель сначала большинства морской фауны, а затем и всей фауны. При небольшом повышении солености изменения такие же, как и при понижении — фауна становится бедной видами и богатой особями. Нередко наблюдаются карликовые размеры фауны, вообще указывающие на неблагоприятные условия существования.

В горькосоленных бассейнах живут только немногие виды ракообразных — филлопод и бранхионопод. Наиболее распространен род *Estheria*.

Присутствие в осадках прослоев солей также указывает на повышенную соленость.

**Положение береговой линии.** Положение береговой линии определяет смену моря сушей и обратно. Для целого ряда палеогеографических выводов установление положения береговой линии имеет первостепенное значение. Положение береговой линии определяет начало морских трансгрессий и вместе с этим границу многих свит.

В обычной геологической литературе положение береговой линии определяют по нахождению пласта конгломерата. Считают, что раз нашли конгломерат, то море сменяет сушу. Часто это неверно, так как конгломераты существуют и на значительных глубинах. Но самое главное то, что конгломераты представляют только один и то не очень распространенный осадок береговой линии. С береговой линией связан целый ряд других осадков, которые также определяют ее положение, как и конгломераты.

Можно выделить следующие типы береговой линии:

1. Песчаный берег.
2. Скалистый берег.
3. Каменистый берег.
4. Галечный берег.
5. Илистый берег.
6. Известняковый берег.
7. Оолитовый берег.
8. Соляный берег.
9. Органический берег.

**Песчаный берег** — наиболее распространенный тип береговой линии. Длина песчаных берегов достигает многих сот километров. Песок обычно кварцевый, реже магнетитовый, гранатовый, оливиновый и т. п.

Зона песка связана не только с самим урезом воды, но поднимается выше его, образуя береговые валы и дюны, и спускается ниже обычно до глубин 10—15 м. Поэтому, когда трансгрессия начинается с песчаной толщи, нижние горизонты нередко представляют еще наземные дюны и береговые валы, а верхняя — уже морские пески, и только средняя часть соответствует зоне прибоя. Такую картину мы наблюдаем в толще верхнекембрийских фукоидных и унгулитовых песчаников Ленинградской области, которой начинается верхнекембрийская - нижнесилурийская трансгрессия.

**Скалистый берег.** В современных морях скалистый берег распространен не менее, чем галечный. В ископаемом состоянии он почти неизвестен и представляет большие затруднения для установления, как это уже отмечалось выше.

**Каменистый берег** представляет разновидность скалистого. В зоне прибоя образуется слой обломков различной величины, угловатых или слабо окатанных. Между ними скапливаются гальки и песок.

В результате образуется слой брекчии. Эта брекчия лежит непосредственно на породах береговой зоны.

В этом случае морская трансгрессия будет начинаться с пластов брекчии.

**Галечный берег** представляет узкую зону накопления хорошо окатанной гальки почти без цемента и без органических остатков. Выше и ниже по берегу зона гальки сменяется зонами песка. Протяженность галечных берегов невелика. Они образуются или в результате разрушения каменистых берегов, или от скопления гальки, выносимой реками.

**Илистый берег.** В обособленных заливах и проливах, в лагунах и в бассейнах типа Watten берег нередко сложен глинистыми породами, и прибой почти отсутствует. В этих случаях линия уреза воды покрыта илом, более или менее песчанистым. Изредка встречаются небольшие площадки песка. Выше уреза залегают песчано-глинистые наземные отложения; ниже — береговые глины.

**Известняковый берег.** Во время образования известняковый берег имеет обычный вид каменистого, галечного, песчаного или илистого берега. Но в ископаемом состоянии все береговые осадки переходят в слои известняка, отличающиеся только характером составных частей.

В тех случаях, когда известняки образуются на берегах, сложенных другими породами, в частности, что часто бывает, изверженными, то морские осадки начинаются непосредственно базальным известняком, отличающимся характером зерна. Если берег покрыт обломками известняка, известняк брекчнеидный; если

развита известняковая галька, известняк конгломератовидный; если берег песчаный или илистый, известняк грубозернистый или тонкозернистый, плотный.

В тех случаях, когда на известняковом берегу образуются накопления ракушки в виде береговых валов, получается известняк с большим количеством фауны, причем фауна отличается плохой сохранностью: масса обломков, разрозненные створки, следы окатывания и перетирания, инкрустационные корки на раковинах и т. п. Такие известняки с полной уверенностью говорят о наличии береговой линии.

Нередко скопления ракушки, образовавшие береговые валы, встречаются и в других породах — песчаниках и глинах. И в этом случае они являются важным доказательством наличия береговой линии, начала трансгрессии. Значение береговых ракушняков как указателя береговой линии почти не учитывается в современной литературе.

Оолитовый берег. Большинство оолитов образуется в зоне прибоя и служит важным указателем береговой линии. По составу преобладают известковые оолиты; более редки оолиты доломитовые, железорудные и кремнистые..

По отношению к оолитам нужно иметь в виду то же обстоятельство, что и по отношению к пескам. Оолиты накапливаются не только в зоне прибоя, но и выше ее в береговых валах и дюнах, а также и ниже уровня моря. Схема разреза начала трансгрессии такая же, как и для песков.

В ископаемом состоянии известковые оолиты переходят в оолитовые известняки. Диагонально-слоистые оолитовые известняки в большинстве случаев представляют ископаемые береговые дюны.

Соляные берега. По берегам нормальных морских бассейнов накопление соли и гипса никогда не происходит. Но по берегам заливов, лиманов и лагун с горькосоленой водой образование корок солей и гипса широко распространено.

Таким образом гипсоносно-соленосные песчано-глинистые слои в толще морских отложений всегда указывают на близость берега.

Органические берега встречаются редко и пользуются незначительным распространением, но весьма разнообразны. Можно упомянуть следующие типы, по данным Вальтера (1): берег, образованный скоплениями деревьев; берег, сложенный торфяником; диатомовый берег; берег, сложенный скоплением копала или янтаря; берег, образованный толщами гуano. Своеобразны берега, образованные скоплениями битых и окатанных костей животных, в ископаемом состоянии называемые костяной брекчийей — bone beds.

Все эти примеры показывают, насколько разнообразны типы берегов и на какое количество разнообразных признаков приходится обращать внимание при определении в разрезах положения береговой линии, определении базальных слоев морских трансгрессий.

### Методика определения ископаемых фаций.

При определении условий образования ископаемых фаций в первую очередь приходится обращать внимание на следующие факторы:

1. Положение изучаемой фации в общей палеогеографической картине соответствующей части земной коры.
2. Распространение и мощность.
3. Характер отложений, которые подстилают и покрывают данную фацию и в которые она переходит по простиранию.
4. Слоистость и другие внешние признаки.
5. Литологический состав. Помимо макроскопической характеристики необходимо микроскопическое изучение.
6. Характер фауны и флоры. Их распределение в массе осадка фации.

Только после выяснения и сопоставления этих факторов можно делать выводы об условиях образования изучаемой фации.

Для большей ясности дадим анализ некоторых фаций.

**Нижнесилурийские известняки Ленинградской области.** Начнем с характеристики вышеперечисленных факторов.

1. Область распространения нижнесилурийских известняков Ленинградской области является частью обширного эпиконтинентального моря.

2. Распространены, начиная от Скандинавии, далеко на восток. Морской нижний силур известен на Новой Земле и на Северном Урале.

Эти данные можно было извлечь из специальной литературы. Проще же и вполне достаточно аналогичные характеристики извлекать из детальных курсов исторической геологии, напр. Борисяка, Кайзера или Ога, или же из очерков отдельных районов СССР, напр. Борисяка (4). Обручева, Архангельского, Наливкина.

3. Характер отложений, которые подстилают и покрывают данную фацию, а также слоистость, литологический состав и характер фауны в значительной степени можно узнати из существующей литературы. Но во многих случаях литературы недостаточно и для характеристик необходимы специальные наблюдения в поле.

В данном случае нижнесилурийские известняки подстилаются

дикционемовым сланцем. Глауконитовый известковистый песчаник мы включаем в общий комплекс известняков.

Покрывают их наземные и лагунные средне-и верхнедевонские отложения.

В какие отложения они переходят по простиранию, неизвестно. На всем протяжении известняки однородны.

4. Слоистость ясная, средняя. Поверхности напластования неровные, бугристые, нередки небольшие карманы. Иногда намечаются волноприбойные знаки типа образуемых постоянными течениями, направленными в одну сторону. Распределение зерен глауконита по поверхности пластов и скопления их в карманах указывают на то, что в определенные периоды накопление осадков прекращалось и поверхность пласта затвердевала.

5. Желтовато- и зеленовато-серые, иногда пятнистые глинистые известняки. Местами наблюдаются глинистые прослои. Характерна значительная примесь глауконита. Глауконит распределен в общей массе породы довольно равномерно, местами образуя тонкие прослоечки и скопления. Нередко наблюдают фосфоритовые гальки. В трех горизонтах развиты небольшие прослои, характеризующиеся скоплением чечевицеобразных зерен бурого железняка.

6. Фауна весьма богатая и разнообразная, типично морская. Много трилобитов, иглокожих, цефалопод, мшанок, брахиопод, пелеципод и гастropод. Среди брахиопод интересно нахождение *Lingula* в том положении, как она зарывалась в ил. Fauna хорошей сохранности.

Какие же можно сделать выводы из этих данных?

1. Бассейн был типичным морем с нормальной соленостью, на что указывает большое количество эвригалинных форм—цефалопод и иглокожих.

2. Размеры бассейна были значительны. Он был в соединении с открытым морем на западе и возможно на востоке.

3. Глубина бассейна колебалась от 30 до 80 м. На небольшую глубину указывают массивные образования мшанок *Monticulipora*, толстостенные, грубо украшенные раковины брахиопод и *Lingula*, зарывавшиеся в дно. С другой стороны, обилие глауконита и фосфориты указывают на образование вне действия волн, на более значительных глубинах.

Верхняя граница определяется тем, что действие волн прекращается в мелководных бассейнах на глубинах 30—40 м, на этих глубинах начинается и зона ила. Нижняя граница намечается более условно распространением *Lingula* и массивных *Monticulipora*.

4. Развитие фосфоритов и глауконита, затвердевшая и неровная поверхность слоев указывают на развитие сильных течений.

5. Климатические условия намечаются условно. Отсутствие коралловых рифов и сравнительно слабо развитая скульптура раковин указывают на умеренный климат.

Суммируя все это, можно сказать, что нижнесилурийское море Ленинградской области представляло довольно широкий и глубокий пролив, пересекавший балтийский щит и соединявший моря Скандинавии с морями Севера и Урала. Как и всегда в проливах, были развиты сильные течения.

**Цехштейн среднерусской платформы.** Цехштейн или казанский ярус — это толща мергелей и известняков верхнепермского возраста.

1. Лежит в пределах балтийского щита.

2. Область распространения значительна, от долины Северной Двины до долины Урала. С другой стороны, намечается полная или почти полная замкнутость бассейна. С востока он доходит до Урала, на западе приблизительно до меридиана Москвы. Отсутствует он на северном побережье, на Новой Земле и на Северном Урале. Не обнаружен он и буровыми скважинами в Урало-Эмбенском районе.

Мощность сравнительно небольшая, достигая максимума в несколько десятков метров.

3. Подстилают различные отложения, то мергеля с морской фауной, то гипсы и доломиты, то красноцветные песчаники.

Покрывается везде красноцветными наземными отложениями.

По простианию переходит то в толщи каменной соли и гипса, то в красноцветные наземные песчаники.

4. Слоистость везде правильная, средняя.

5. Зеленовато- и буровато-серые глинистые известняки, мергеля и глины. Песчаники отсутствуют.

6. Фауна своеобразна и отличается бедностью видами и богатством особями. Эвригалинные группы отсутствуют (рифовые кораллы) или почти отсутствуют (цефалоподы и иглокожие). Преобладают стеногалинные группы — пелециподы, гастроподы, мшанки; брахиоподы многочисленны и нормальных размеров, но представлены небольшим числом родов и видов. Большинство видов отличается сильной изменчивостью.

Выводы: цехштейновое море представляло обширный замкнутый, мелководный, опресненный бассейн. Глубины не превышали 100 — 200 м.

Полная замкнутость цехштейнового моря иногда подвергается сомнению. Нечаев указывает на существование пролива, соединявшего цехштейновое море с открытым морем Кавказа. Этот пролив он рисует посередине Каспийского моря, где ничего не видно. Но это гипотетическое допущение неправильно. В случаях действительного соединения, как напр. в Балтийском море, измене-

ние фауны происходит постепенно: у конца пролива фауна типичная морская, и чем дальше от пролива, тем она все более и более изменяется. Ничего подобного в фауне цехштейна не наблюдается. На всем протяжении, на юге, в центре, на севере, ее общий характер совершенно одинаков. Даже на самом юге, у предполагаемого пролива, в Оренбурге фауна не носит никаких следов изменения. Благодаря этому приходится рассматривать цехштейновое море как вполне замкнутый бассейн, аналогичный Каспийскому морю.

Глубина этого бассейна несмотря на большую площадь была незначительна, не превышая 100—120 м. Это доказывается однородностью осадков и фауны, скоплением фауны в больших количествах и ее сравнительным разнообразием. Зона заражения сероводородом отсутствовала, так как количество пирита в отложениях ничтожно.

Ненормальность солености не вызывает сомнения, но иногда ее считают повышенной, указывая на образование громадных залежей различных солей. Но эти залежи образовывались конечно не в самом море, а в замкнутых заливах и лиманах, соленость которых не имеет ничего общего с соленостью моря как напр. у Карабугаза и Каспийского моря. С другой стороны, только-что образовавшийся Урал достигал значительной высоты и размеров и обладал хорошо развитой речной системой (выносы артинских песчаников, уфимская дельта). Эти реки впадали в цехштейновое море, вызывая его опреснение.

**Юрские угленосные отложения Ферганской долины.** 1. Располагаются в юго-западной части Ангарского материка по ее окраине.

2. Распространены в виде сравнительно узкой полосы, вытянутой вдоль северного подножья Алайского и Туркестанского хребтов.

Мощность сильно колеблется, достигая многих сот метров.

3. Слоистость весьма различна. Чаще всего правильная, ясная, но нередко неясная, иногда косая.

4. Литологический состав изменчив. Иногда, ближе к палеозойским массивам, заметно, как породы становятся все грубее и грубее, переходя от песчаников к конгломератам и брекчиям. На некотором удалении от палеозойских массивов преобладают среднезернистые песчаники и песчано-глинистые сланцы. В этой зоне нередки прослой каменного угля, иногда большой мощности. В связи с углями нередки глинистые и мергелистые сланцы. Цвет отложений бурый и серый.

5. Fauna обычно отсутствует. Изредка в глинистых и мергелистых сланцах встречают небольшие, гладкие пелециподы, по форме напоминающие современных Unionidae. Еще более редко встречаются рыбы, насекомые и ракообразные — Estheria.

Остатки растений весьма многочисленны и разнообразны, особенно на некотором удалении от палеозойских хребтов.

Выводы: характер фауны и флоры указывает на континентальный характер отложений. Это подтверждается и палеогеографическими данными.

Материал для отложений получался за счет разрушения палеозойских массивов, что подтверждается составом гальки и валунов и их распространением.

Изменчивая мощность отложений, иногда незначительная, преобладание тонкозернистых осадков, близость угленосных толщ к палеозойским массивам, нахождение их даже в середине последних показывают, что высота палеозойских массивов была различна, но в общем незначительна. Скорее всего они имели вид мелкосопочника, посреди которого возвышались более значительные массивы. Возвышенности разделялись широкими плоскими долинами и впадинами.

И возвышенности, и долины обладали хорошо развитой, богатой и разнообразной растительностью. На склонах росли леса хвойных и саговниковых, в низинах, в болотах были массовые заросли хвощей и папоротников. Остатки тех и других скоплялись в болотах и озерах, населенных обычной пресноводной фауной.

Климат был влажный и субтропический. Это доказывается обилием растительности, ее разнообразием и значительным количеством южных форм — саговниковых, гигантских хвощей и т. п.

Обилие осадков вызывало бурые и серые тона окраски всех пород.

## Г л а в а VI.

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

#### Общие замечания.

Курс может служить для лабораторной работы и для заочного обучения.

Необходимая подготовка: основы палеонтологии беспозвоночных, минералогии и исторической геологии; полный курс физической геологии.

Проработка материала, приводимого в курсе, должна итти в порядке поврежденных и обобщающих вопросов.

Когда материал, приводимый в курсе, недостаточен для решения того или другого вопроса, необходимо изучение литературы. Списки литературы даны в указателе и расположены по основным группам вопросов в порядке текста курса.

При заочном обучении после проработки курса следует решение примеров для определения фаций. По приводимому материалу необходимо сделать обоснованный вывод об условиях образования данной фации.

## Поверочные и обобщающие вопросы.

**Общие понятия.** Определение фаций. Границы и распространение фаций. Их подразделение.

**О. В.:<sup>1</sup>** Почему теория перманентности материков объясняет обратную картину распространения зон в современных морях и морях прошлого?

**Зоны моря и его дна.** Шельф. Глубины и распространение. Банки и подводные долины. Континентальный склон. Глубины и углы падения. Ложе мирового океана. Глубины и рельеф.

**О. В.:** Какое значение для тектонических построений имеют подводные банки и долины?

**Накопление осадков моря.** Основная причина, обусловливающая величину зерна осадков — скорость движений воды. Типы этих движений. Влияние глубины.

Распределение осадков вдоль нормальных берегов, берегов обособленных бассейнов и скалистых, крутых берегов. Изменения в разрезах, вызываемые течениями.

**О. В.:** Составить схемы для следующих условий: 1. Эпоха A — очень сильные течения. Эпоха B — все уносится. Эпоха C — очень сильные течения. 2. Эпоха A — сильные течения. Эпоха B — очень сильные течения. Эпоха C — слабые течения.

Расположение осадков: равномерное у берегов, вдали от берега и в области рифов и отвесных берегов.

Форма накопления осадков по схеме Чемберлена.

Геосинклинали. Расположение осадков. Гипотетичность схемы Ога. Стадии развития геосинклиналей. Формы и размеры геосинклиналей. Их осадки. Скорость накопления осадков и их мощность. Регулирующие факторы.

**Внешние признаки осадков.** Слоистость. Значение «разделяющего слоя». Факторы, вызывающие слоистость в связи с изменениями сезонными, погоды и климатическими. Каким образом вызывают слоистость изменения течений, колебания уровня моря, отложение коллоидального материала и химические процессы, рост организмов.

**О. В.:** 1. За зиму выпадает снег. В нем отчетливо видна слоистость? Что является ее причиной? 2. Что вызывает слоистость на склонах коралловых островов на глубинах выше 1000 м?

Косая слоистость. Отличия типов косой слоистости эолового, временных потоков, речного, дельтового, морского.

**О. В.:** 1. Какие могут быть смешанные типы косой слоистости? 2. Где может наблюдаться дельтовый тип далеко от моря?

Волноприбойные знаки. Отличия эоловых, проточных и колебательных типов.

<sup>1</sup> **О. В.:** — Обобщающие вопросы.

Различные знаки на поверхности осадков. Значение их для определения положения береговой линии.

**О. В.:** Могут ли многоугольники высыхания образовывать брекчию?

Конкремции. Септарины. Сингенетические и эпигенетические.

Цвет отложений. Факторы, вызывающие образование цветов — черного и серого, зеленого и красного. Влияние на цвет отложений температуры и количества осадков. Связь цвета наземных отложений с цветом морских.

**О. В.:** Благодаря чему окраска отложений, образующихся по берегам и на дне Балтийского, Черного и Каспийского морей, отличается серыми, бурьими и желтоватыми тонами?

**Классификация морских отложений.** Различие и сходство схем Мэррея и Крюммеля. Терригеновые и цепагические осадки. Их различия. Глубина образования терригеновых отложений. Их распространение и площадь.

Классификация литторальных отложений.

**Конгломераты и брекчии.** Фация скал и камней. Ее признаки в ископаемом состоянии. Фация конгломератов и брекчий. Генезис конгломератов. Два типа. Подвижные и неподвижные конгломераты. Конгломераты и брекчии вымывания, затопления и обваливания.

Литологический состав конгломератов. Происхождение галек.

Сводка характерных особенностей конгломератов и брекчий.

**О. В.:** 1. Могут ли неподвижные конгломераты образовываться в зоне прибоя? 2. Какой может быть мощность неподвижных конгломератов? 3. Нарисуйте разрез отложений, накопившихся в области неподвижного конгломерата, образовавшегося за счет опускания морены.

**Пески и песчаники.** Основной фактор образования песков. Прибрежные пески. Глубина распространения, мощность и площадь. Абрационные и денудационные пески. Субзоны песков затопленных, прибоя, побережья.

Береговые валы — прибойные и штурмовые.

Глубинные пески. Распространение. Fauna.

Сводка особенностей. Геологическое распространение.

**О. В.:** В каком случае абрационные пески могут носить характер денудационных?

**Илы, глины и глинистые сланцы.** Литологический состав. Береговые и глубинные глины. Их отличия.

Береговые глины. Их особенности и распространение. Органический мир.

Глубинные глины. Песчаные. Кремнистые. Известковистые. Глауконитовые. Углистые.

Черные битуминозные сланцы.

## Геологическое распространение.

**О. В.:** 1. Какие из типов глубинных глин могут встретиться в береговых глинах? 2. Какие причины обуславливают мощность береговых и глубинных глин и пределы этой мощности?

**Терригеновые фации современных морей.** Сходства и отличия распределения фаций в Лионском заливе и Ламанше. Причины.

То же для Лионского залива и Черного моря.

То же для Черного моря и Кольского залива.

**Известняки, доломиты и мергеля.** Органические, химические и механические известняки. Их образование и распространение во времени.

**Коралловые рифовые известняки.** Определение «риф». Распространение коралловых островов и определяющие его причины. Зависимость от глубины и характера берегов.

Береговые и барьерные рифы. Атоллы. Поднятые рифы.

Последовательность образования коралловых островов. Длительность образования. Мощность.

Рельеф подводный и надводный. Крутизна склонов. Значение для геологии.

Отложения коралловых островов. Брекчии, пески, илы. Тело рифа. Терригеновые и вулканические отложения. Наземные и лагунные отложения.

Глубины распространения известняков.

Органический мир коралловых островов. Значение кораллов и известковых водорослей. Обилие фораминифер. Условия жизни рифообразующих кораллов. Особенности пелеципод.

Сводка особенностей отложений.

Геологическое распространение. Сдвижение границы распространения на юг. Золенгофенский атолл. Тирольские доломиты. Палеозойские рифы.

**О. В.:** 1. Как будут выглядеть в ископаемом состоянии в обнажениях: береговые рифы, барьерные рифы и поднятые рифы? 2. Можно ли в ископаемом состоянии отличить атолл от поднятого рифа? 3. Какие известняки преобладают в рифовых островах: слоистые или неслоистые?

**Другие типы органогеновых известняков кроме коралловых.** Фораминиферовые известняки. Три типа: образованные прибрежными, глубоководными и пелагическими формами.

Мшанковые известняки. Скопления мшанок на дне морей. Скопления на водорослях. Мшанковые рифы солоноватоводных бассейнов.

Губковые известняки. Их связь с коралловыми рифами.

Брахиоподовые, пелециподовые и гастроподовые известняки. Их распределение в отложениях прошлого во времени.

**Ракушняковые известняки.** Ракушняковые банки. Ракушняки. Их отличия. Значение надводных ракушняков для определения береговой линии.

Цефалоподовые известняки. Глубина образования.

**Эхинодерматовые известняки.** Энкринитовые известняки. Распространение и глубина образования. Другие типы эхинодерматовых известняков. Их распространение.

**Трилобитовые и остракодовые известняки.** Глубина образования.

**Целентратовые известняки.** Распространение во времени.

**О. В.:** 1. Какие из вышеперечисленных типов известняков могут обладать раковистым изломом, связанным с большой тонко-зернистостью, однородностью и плотностью осадка? 2. В каких из вышеперечисленных известняков может встречаться окатанная, потертая ракуша? 3. Какой известняк может достигать большей мощности: энкринитовый или строматопоровый?

**Известняки, образованные водорослями и бактериями.** Известняки, образованные известковыми водорослями. Их распространение в современных морях и морях прошлого. Мощность.

Известняки, образованные бактериями. Условия их образования в современных морях. Вероятное распространение в прошлом.

**Химические и механические известняки.** Известняки, образованные разложением органического вещества. Распространение.

Механические известняки. Абрационные и золовые. Косослоистые известняки и условия их образования.

**О. В.:** 1. Как можно отличить химические известняки (см. ниже) от механических? 2. Как можно отличить известняки, образованные водорослями, от бактериальных? 3. Как можно выяснить условия образования какой-нибудь толщи немых известняков?

**Кремнистые отложения.** Происхождение кремнистых пород. Кремнистые сланцы. Яшмы. Кремневые стяжения. Поверхностное региональное окремнение.

Эпигенетическое и сингенетическое образование кремнезема.

**Горючие сланцы и нефть.** Условия образования горючих сланцев — морских, лагунных и пресноводных.

Углистость морских отложений.

**О. В.:** 1. К какому другому типу отложений из описанных выше близки кремневые отложения и нередко встречаются вместе? 2. Как вы объясняете образование регионального поверхностного окремнения?

**Псевдоабиссальные отложения.** История их изучения. Фораминиферовые и радиоляриевые псевдоабиссальные отложения. Их образование. Писчий мел.

**Морские отложения смешанного типа.** Ледниково-морские отложения. Их признаки.

Эолово-морские отложения. Их признаки.

Обвально-морские отложения. Образование.

**О. В.:** 1. Значение морских отложений смешанного типа для определения климатических условий прошлого?

**Химические осадки.** Химические известняки. Условия образования.

Доломиты. Типы распространения. Условия образования. Первичное отложение. Замещение. Просачивание.

Оолиты. Морские оолиты. Связь с зоной прибоя. Железорудные и кремнистые оолиты.

Глауконит. Условия образования. Распространение. Значение для определения глубины.

Фосфориты. Пластовые фосфориты. Фосфоритовые конкреции и гальки. Глубина и условия образования.

**О. В.:** 1. Почему оолиты образуются в тропических морях, связь их с климатом? 2. Легко ли и по каким признакам можно узнать пластовые фосфориты в ископаемом состоянии? 3. Могут ли образовываться скопления глауконита в зоне прибоя?

**Вулканические туфы.** Вулканические брекчи, туфы и пеплы. Их распространение в морских отложениях. Отличительные признаки.

**Батиальные отложения.** Глубоководные пески и галечники. Условия образования. Распространение.

Синий и красный илы. Распространение.

Зеленый ил. Глубина. Распространение.

Вулканический ил. Распространение.

Известковый ил. Распространение.

Батиальные отложения прошлого. Значение фауны для их выделения.

**О. В.:** В каких областях земной коры могут встретиться батиальные отложения?

**Абиссальные отложения.** Известковые илы: фораминиферовый — глобигериновый и птероподовый.

Кремневые илы: красная глубоководная глина, радиоляриевый и диатомовый илы.

**Лагунные фации.** Зона лагун. Положение, ширина, протяжение.

Отложения лагунной зоны. Мощность. Скорость накопления. Разнообразие. Литологический состав. Основные типы отложений, встречающихся в лагунной зоне.

Опресненные и горькосоленые бассейны. Причины изменения солености.

Влияние изменений солености на фауну. Эвригалинные и

стеногалинныe группы. Признаки фауны опресненных бассейнов.

Отложения опресненных бассейнов. Отсутствие рифовых известняков. Отложения горькосоленых бассейнов. Их признаки.

Дельты. Общая характеристика. Отложения дельт: надводной равнины, подводной равнины, склона и дна дельт. Их литологический состав, фауна и углы отложения.

Эстуарий. Осадки. Fauna.

Мангровые заросли. Распространение. Отложения. Fauna.

Речные отложения области дельт. Дюны. Прибрежные заливы. Отложения и роль их в общей массе лагунных отложений.

Экономическое значение лагунных отложений.

**О. В.:** 1. Насколько резки границы лагунных отложений? 2. Связь образования лагунных отложений с эпохами складчатости? 3. Насколько резко обособляются различные типы отложений в общей массе лагунных отложений?

**Континентальные фации.** Подразделение. Наземные и пресноводные.

Пресноводные фации. Пресноводные фауны современные и эпох прошлого.

**Озерные отложения.** Общая характеристика осадков.

Обломочные отложения. Зависимость от величины озера. Химические отложения. Известняки, соли, железные руды, кремнезем. Органические отложения. Известняки и мергели. Углистые вещества. Битуминозные вещества. Диатомиты.

Характерные признаки.

Болотные отложения. Характерные признаки. Отличия от озерных.

**О. В.:** 1. Обрисуйте экономическое значение озерных отложений. 2. Какие признаки могут отличить палеогойские озерные отложения от солоноватоводных, лагунных?

**Речные отложения.** Характерные признаки.

Отложения русла реки. Их отличия от отложений речной долины. Отложения половодий. Отличие их от озерных.

**О. В.:** 1. Часто ли встречаются речные отложения в осадках прошлого и почему?

**Наземные отложения.** Фации подюжий. Характерные признаки.

Длина и ширина пояса. Мощность отложений, их распределение и углы отложения. Fauna и flora.

Фации обвалов, осипей и оползней. Распространение. Отличия от ледниковых.

Ледниковые фации. Характерные признаки ледниковых отложений.

Отложения долинных ледников. Отличия от отложений покровного оледенения. Морены. Валуны и цемент. Тиллит.

Пустынные фации. Характерные признаки отложений. Отложения каменистой пустыни. Отложения временных потоков и бассейнов. Эоловые пески. Подразделение.

**О. В.:** 1. Чем отличаются отложения временных бассейнов от озерных. 2. С какими отложениями могут контактировать морены? 3. Начиная с плиоцена весь бассейн Аральского моря, долины Аму-Дары и Сыр-Дары и горные хребты Средней Азии представляют приблизительно ту же картину, что и сейчас. Где достигают наибольшей мощности наземные отложения, развитые в этих районах?

**Общие замечания.** Для усвоения курса необходимо знание всех поверочных вопросов и возможно более полные ответы на обобщающие вопросы.

При лабораторной работе распределение материала по заданиям зависит от времени, предоставленного на прохождение курса.

Основательная подготовка получается при затрате 40 часов на бригадную работу и 30 часов на самостоятельную индивидуальную работу. Индивидуальная работа должна состоять в определении одной или двух фаций из отложений, которые студент знает по летней работе.

При заочной работе проработка курса заканчивается определением трех нижеследующих фаций по даваемому материалу. Рекомендуется самостоятельное определение и других фаций по материалу занимающегося.

### Примеры для определения фаций.

При решении примеров работать по схеме, данной в методической части курса — методике определения ископаемых фаций. Оттуда же взята и нумерация.

**Доманик** (черные битуминозные сланцы и известняки верхнедевонского возраста).

1. Палеогеографическое положение: уральская геосинклиналь.

2. Распространение. Отдельные площади на Новой Земле, на юге Тимана, в Среднем Урале — Кизеловский район, р. Чусовая, Южный Урал — хр. Кара-тау, бассейн Зилима и далее на юг.

Мощность 20 — 40 м.

3. Подстилаются различными породами, то песчаниками и глинистыми сланцами, то черными битуминозными известняками с колониями Favosites и толстостенными брахиоподами — Pentamerus.

4. Слоистость правильная, в сланцах листоватая, в известняках тонкая.

5. Литологический состав: горючие, битуминозные сланцы,

кремнистые сланцы, черные битуминозные, более или менее окремнелые, глинистые известняки. Чередующиеся слои.

6. Фауна состоит из планктонных форм: гониатиты, ортоцирасы, пелециподы, ракообразные, и донных: *Lingula*, *Discina*, *Rhynchonella*.

По этим данным сделать выводы о характере бассейна, его очертаниях, глубине, солености и движениях воды.

### **Елатомская глина.** Нижний келловей долин Оки и Волги.

1. Окраина эпиконтинентального моря — пролива, покрывавшего большую часть среднерусской платформы.

2. Распространение. Сравнительно небольшие площади. Мощность не свыше 20 м.

3. Подстилают немые песчаники, несогласно залегающие на палеозое. Покрывают среднекелловейские песчаники и оолитовые гематитовые мергеля с морской фауной.

4. Неслоистая однородная масса. Многочисленные конкреции известковистого песчаника, переполненные фауной. Много стяжений серного колчедана. Фауны нет, кроме ростров белемнитов.

5. Черная вязкая глина с зернами песка и кусками древесины.

6. В глине фауны нет. В конкрециях богатая и разнообразная фауна: аммониты, пелециподы, гастropоды.

### **Нижний древний красный песчаник Ленинградской области.**

Средний девон.

1. Балтийский щит.

2. Распространение весьма широкое. Ленинградская область. Эстония. Латвия. Англия. Шотландия. Шпицберген. Новая Земля. Тиман.

Мощность от нескольких десятков до немногих сот метров. В Шотландии несколько километров.

3. Слоистость разнообразная. Обычно неправильная и косая, но иногда правильная. Нередки трещины усыхания, следы от ползания животных и т. п.

4. Несогласно подстилается нижнесилурскими известняками. Покрывается, согласно, верхнедевонскими известняками с морской фауной.

5. Преимущественно песчаные и песчано-глинистые породы. Нередки мергеля, реже конгломераты. Местами встречаются соленосные толщи (Старая Русса).

6. Фауна состоит из немногих видов панцирных рыб — *Platyceratids*. Нередки пресноводные харовые водоросли — трохилюски. По окраинам встречается обедненная морская фауна.

### **Нижнедевонские пелециподовые плитняковые мергеля Минусинского края.**

1. Окраина Ангарской геосинклиналии.

2. Распространение небольшое; только в пределах Минусинского края.

Мощность несколько метров.

3. Подстилается и покрывается немыми песчано-глинистыми толщами.

4. Слоистость правильная тонкая.

5. Тонкозернистые, плотные известняково-мергелистые породы.

6. Фауна состоит из одних целеципод, представленных немногими видами, сильно изменчивыми. Характер родов — морской.

## ЛИТЕРАТУРА

Указатель литературы расположен в порядке текста курса. Кроме работ, на которые есть ссылки в тексте, приведены и другие наиболее важные работы.

### Общие понятия

1. *Walther J.* Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. 1893—94.
2. *Twenhofel W. H.* Treatise on Sedimentation. 1926.
3. *Haug E.* Traité de Géologie. 1908—1911.
4. *Борисов А. А.* Курс исторической геологии. 1922. Новое изд. 1931.
5. *Andrée K.* Geologie des Meeresbodens. Bd. II. Bodenbeschaffenheit. 1920.
6. *Marr J. E.* Deposition of the Sedimentary rocks, 1929.
7. *Dacqué E.* Grundlagen und Methoden der Palaeogeographie. 1915.
8. *Collet L.* Les Dépôts Marins. 1908.
9. *Krümmel O.* Handbuch der Ozeanographie. 1907—1911.
10. *Мушкетов И. В.* Физическая геология. 1927.

### Морское дно

11. *Губкин И.* Геол. иссл. в Нефтяно-Ширванском районе. Тр. Геол. Ком., нов. сер., вып. 78 и 88.
12. *Nansen F.* The bathymetrical Features of the North Polar Sea. Norweg. North Polar Exped. IV, 1904.
13. *Ziemendorff G.* Der Kontinental-schelf des Indischen Ozeans. Beitr. zur Geophysik, XIII, 5—6. 1914.
14. *Ziemendorff G.* Der Kontinental-schelf des Atlantischen Ozeans. Beitr. zur Geophysik, X, 1911.

15. *Hull E.* Monograph of the sub-oceanic physiography of the North Atlantic Ocean. 1912.
16. *Lawson A. C.* The continental-shelf of California. Bull. Nat. Res. Coun., № 44, 1924.

### Накопление осадков

17. *Cotton C. A.* Condition of deposition on the continental shelf and slope. Jour. Geol., v. 26. № 2, 1918.
18. *Chamberlin T. C.* Diastrophism and the formative processes. VI. Foreset beds and slope deposits. Jour. Geol., v. 22, 1914.
19. *Andrée K.* Ueber Sedimentbildung am Meeresboden. Geol. Rundschau, Bd. III, 1912. Bd. VII, 1916, Bd. VIII, 1917.
20. *Bailey E. B.* New light on sedimentation and tectonics. Geol. Mag., v. 67, 1930.
21. *Cholnoky E.* Umformungsvorgänge der Meeresküsten. Peterm. Geogr. Mitt., 1927, H. 7—8.

### Внешние признаки осадков

#### Слоистость

22. *Andrée K.* Wesen, Ursachen und Arten der Schichtung. Geol. Rundschau, Bd. VI, 1915.
23. *Shaw E. W.* Anomalous dips. Econ. Geol., v. 13, 1918.
24. *Gale H. S.* The potash deposits of Alsace. U. S. G. S. Bull. 745 B, 1921.

25. Udden J. A. Laminated anhydrite from Texas. Bull. Geol. Soc. Am., v. 35, 1924.
26. Geer de G. A geochronology of the last 12 000 years. Comp. R. Cong. Geol. Intern., Sess. 11. 1910, 1912.
27. Antevs E. The recession of the last ice sheet in New England. Am. Geogr. Soc., Research ser., № 11, 1922.
28. Sauromo M. Studies of the Quaternary varve sediments in southern Finland. Bull. Com. Geol. Finl., v. 60, 1923.
29. Sayles R. W. Seasonal deposition of aqueoglacial sediments. Mem. Mus. Comp. Zool., v. 47, № 1, 1919.
30. Johnston W. A. Sedimentation in Lake Louise, Alberta. Am. Journ. Sci., v. 4, 1922.
31. Gilbert G. K. Sedimentary measurement of Cretaceous Time. Jour. Geol., v. 3, 1895.
32. Johnston W. A. The character of the stratification of the sediments in the recent delta of Fraser River, British Columbia, Canada. Jour. Geol., v. 30, 1922.
33. Mendenhall C. E. and Mason M. The stratified subsidence of fine particles. Proc. Nat. Ac. Sci., v. 9, 1923.
34. Winkler A. Zum Schichtungsproblem. Ein Beitrag aus den Südalpen. Neues Jarb., B Bd. 53, 1926. Важная работа.

### Косая слоистость

35. Жемчужников Ю. А. Тип косой слоистости как критерий генезиса осадков. Зап. Горн. Инст. т. VII, Ленингр., 1926.
36. Briart A. Sur la stratification entrecroisée. Bull. Soc. Géol. France, III ser., v. VIII, 1879—80.
37. Frantzen W. Untersuchungen über die Diagonalstruktur etc., Jahrb. d. k. pr. Geol. Landesanst. f. 1892.
38. Gilbert G. K. Ripple marks and crossbedding. Bull. Am. Geol. Soc., v. 10, 1899.
39. Grabau A. W. Types of crossbedding and their stratigraphical

significance. Science, n. s., v. 25, 1907.

40. Spurr J. E. False bedding in stratified drift deposits. Am. Geol., v. 13, 1894.
41. Kindle E. M. Cross-bedding and absence of fossils, considered a criteria of continental deposits. Am. Jour. Sci., v. 32.
42. Hobbs W. Guadix formation of Grenada, Spain. Bull. Geol. Soc. Am., v. 17, 1906.
43. Trowbridge A. A classification of common sediments and some criteria for identification of the various classes. Jour. Geol., 1914.
44. Vaughan C. On the formation of the sand dunes. Geogr. Jour., v. 9, 1897.

### Волнонабойные и другие знаки

45. Bucher W. H. On ripples and related sedimentary surface forms and their palaeogeographic interpretation. Am. Journ. Sci., v. 47, 1919.
46. Kindle E. M. Recent and fossil ripple mark. Mus. Bull. 25, Geol. Surv. Canada, 1917.
47. Johnson D. W. Contributions to the study of ripple-marks. Jour. Geol., v. 24, 1916.
48. Johnson D. W. Shore processes and shoreline development. 1919.
49. Ayrton H. The origin and growth of ripple mark. Proc. R. Soc. London, Ser. A., v. 84, 1910.
50. Hyde J. E. The ripples of the Bedford and Berea formations etc. Jour. Geol., v. 19, 1911.
51. Epyr Ch. Les ripple-marks. Annal. Inst. Océanogr. Monaco, v. IV, fasc. 4.
52. Clarke J. M. Strand and undertow markings, etc. New-York St. Mus., Bull. 196, 1917.
53. Udden J. A. Fossil ice crystals. Univ. Texas Bull. № 1821, 1918.
54. Twenhofel W. H. Impressions made by bubbles, etc. Bull. Geol. Soc. Am., v. 32, 1921.
55. Kindle E. M. Some factors affecting the development of mud cracks. Jour. Geol., v. 25, 1917.

56. Elton Ch. S. Soil-polygons in Spitsbergen. Quat. Jour. v. 83, 1927.

### Конкремции

57. Kindle E. M. Range and distribution of certain types of Canadian Pleistocene concretions. Bull. Geol. Soc. Am., v. 34, 1923. (См. библиографию о конкрециях.)  
58. Todd J. E. Concretions and their geological effects. Bull. Geol. Soc. Am., v. 14, 1903.  
59. Haas W. H. Formation of clay balls. Jour. Geol., v. 35, 1927.  
60. Cox G. H., Dean R. S. and Gottschalk V. H. Studies on the origin of Missouri cherts and zinc ores. Missouri School of Mines, Bull. 2, v. 3, 1916.  
61. Richardson W. A. The relative age of concretions. Geol. Mag., v. 58, 1921.

### Цвет осадков

62. Dorsey G. E. The origin of the color of red beds. Jour. Geol., v. 34, 1926.

### Вторичные нарушения слоистости

#### Подводные оползни

63. Bailey E. B., Collet L. W. and Field R. M. Paleozoic submarine landslips near Quebec City. Jour. Geol., v. 36, 1928. Библиография.  
64. Miller W. J. Intraformational corrugated rocks. Jour. Geol., v. 30, 1922.  
65. Reis O. M. Geognostische Jahresh., B. 23, 1909—1910. Большая работа.  
66. Brown T. C. Notes on the origin of certain paleozoic sediments. Jour. Geol., v. 21, 1913.  
67. Иванов А. А. Подводные оползни в пермских отложениях Урала. Изв. Гл. Геол. Разв. Упр. 1931.

### Давление льда

68. Lahee F. H. Contemporaneous deformation, a criterion for aqueo-glacial deformation. Jour. Geol., v. 22, 1914.

### Классификация морских отложений

69. Murray J. and Renard A. F. Deep-see deposits. Rep. Sci Results of the voyage of "Challenger". 1891.  
70. Murray J. and Philippi E. Die Grundproben der "Deutschen Tiefsee Expedition". 1908.  
71. Murray J. and Lee G. V. The depth and marine deposits of the Pacific. Mus. Comp. Zool., Mem. 38, 1909.  
72. Murray J. On the depth and marine deposits of the Indian Ocean. Trans. Linn. Soc. London, v. 13, 3, 1909.  
73. Thoulet J. Étude bathylithologique des côtes du golfe du Lion. Ann. Inst. Océanogr. Monaco, v. IV, fasc. 6, 1912.

### Конгломераты и брекчи

74. Wentworth C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Jour. Geol., v. 30, 1922.  
75. Udden J. A. Mechanical composition of clastic sediments. Bull. Geol. Soc. Am., v. 25, 1914.  
76. Wentworth C. K. A laboratory and field study of cobble abrasion. Jour. Geol., v. 27, 1919.  
77. Wentworth C. K. The shapes of pebbles. U. S. Geol. Surv. Bull. 730-C, 1922.  
78. Wentworth C. K. The shapes of beach pebbles. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 131-C, 1922, pp. 75—83.  
79. Hewitt, W. Notes on pebbles in their geological associations. Proc. Liverpool Geol. Soc., 1918.  
80. Holmes A. Petrographic methods and calculations. 1921.  
81. Walcott C. D. Paleozoic intraformational conglomerates. Bull. Geol. Soc. Am., v. 5, 1894.

82. *Landon R. E.* An analysis of beach pebbles abrasion and transportation. *Jour. Geol.*, v. 38, 1930.
83. *Barrel J.* Marine and terrestrial conglomerats. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 1925.
84. *Reinolds S. H.* Breccias. *Geol. Mag.*, v. 65, 1928. Полная классификация.
85. *Field R. M.* A preliminary paper on the origin and classification of intraformational conglomerates and breccias. *Ottawa Naturalist*, v. 30.
86. *Gregory H. E.* The formation and distribution of fluviatile and marine gravels. *Am. Jour. Sci.*, v. 39, 1915.

#### Пески и песчаники

87. *Shaw E. W.* Sorting in sedimentary rocks. *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 28, 1917.
88. *Barrel J.* Fluviatile origin of old Red sandstone. *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 37, 1916.
89. *Walther J.* Das Gesetz der Wüstenbildung. 1912.
90. *Ziegler V.* Factors influencing the rounding of sand grains. *Jour. Geol.*, v. 19, 1911.
91. *Galloway J. J.* Value of the physical characters of sand etc., abstract. *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 33, 1922.
92. *Hatch and Rastall.* The sedimentary rocks. 1913.
93. *Barton D. C.* The geological significance and genetic classification of arcose deposits. *Jour. Geol.*, v. 24, 1916.
94. *Thomlison C. W.* The origin of the red beds. *Jour. Geol.*, v. 24, 1916.
95. *Anderson G. E.* Experiments on the rate of wear of sand grains. *Jour. Geol.*, v. 34, 1926.
96. *Reed R. D.* Recent sands of California. *Jour. Geol.*, v. 38, 1930.

#### Илы, глины и глинистые сланцы

97. *Odén Sven.* Allgemeine Einleitung zur Chemie und phisicalischen

Chemie der Tone. *Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala*, v. 15, 1916.

98. *Clarke F. W.* Data of geochemistry. *U. S. Geol. Surv. Bull.* 695, 1920.
99. *Schuchert Ch.* The conditions of black shale deposition as illustrated by the Kupferschiefer and Lias of Germany. *Proc. Am. Phil. Soc.*, v. 54, 1915.
100. *Pompeckj J. F.* Das Meer des Kupferschiefers. *Branco-Festschrift*, 1914.
101. *Twenhofel W. H.* Notes on black shale in the making. *Am. Jour. Sci.*, v. 40, 1915.
102. *Goldman M. I.* «Black shale» formation in and about Chesapeake Bay. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.*, v. 8, 1924.
103. *Sudry L.* L'Étang de Thau. *Ann. Inst. Océanogr. Monaco*, v. I, fasc. 10, 1910.
104. *Clarke J. M.* Naples fauna in western New-York. *Mem. New York St. Mus.*, № 6, 1903—04.
105. *Ruedemann R.* Stratigrafic significance of the wide distribution of graptolites. *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 22, 1911.
106. *Coffey G. N.* Dunes of Clay. *Jour. Geol.*, v. 17, 1909.
107. *Frebold H.* Rippeln im Graptolithenschiefer. *Zeitschr. f. Geologie*, Bd. 4, 1928.
108. *Trask P. D.* The origin of the ore of the Mansfield Kupferschiefer. *Econ. Geol.*, v. 20, 1925. Обзор литературы.

#### Терригеновые фауны современных морей

109. *Pruvot G.* Essais sur les fonds et la faune de la Manche occidentale. *Arch. Zool. Exper.*, 3 sér., v. 5, 1897—98.
110. *Pruvot G.* Essais sur la topographie et les fonds sous-marins de la région de Banyuls. *Arch. Zool. Exper.*, 3 sér., v. II, 1894.
111. *Зернов С. А.* К вопросу об изучении жизни Черного моря. *Зап. Ак. Наук*, VIII серия, 32, в. I, 1913.
112. *Дерюгин К. М.* Фауна Коль-

ского залива и условия ее существования Зап. Акад. Наук, VIII серия, т. 34, 1915.

113. Lorenz I. K. Phisicalische Verhältnisse und Vertheilung der Organismen im Quarnärischen Golfe. 1863.

### Известняки, доломиты и мергеля

#### Работы общего характера

114. Johnston J. and Williamson E. D. The role of inorganic agencies in the deposition of calcium carbonate. *Jour. Geol.*, v. 24, 1916.
115. Vaughan T. W. Oceanography in its relations to other earth sciences. *Jour. Washington Ac. Sci.*, v. 14, 1924.
116. Kindle E. M. Nomenclature and relations of certain calcareous rocks. *Pan-American geol.*, v. 39, 1923.
117. Clarke F. W. and Wheeler W. C. The inorganic constituents of marine invertebrates. *U. S. Geol. Surv., Prof. Pap.* 124, 1922.
118. Cayeux L. Contribution à l'étude de micrographie des terrains sedimentaires. *Mém. Soc. Géol. Nord*, v. 4, 1897.
119. Cayeux L. Introduction à l'étude petrographique de roches sédimentaires. *Mem. Carte Géol. France*, 1916.
120. Grabau A. Principles of stratigraphy. 1913.
121. Baily E. B. The desert shores of the chalk seas. *Geol. Mag.*, v. 61, 1924.
122. Munthe. On the sequence of strata within southern Gotland. *Geol. Foren. Forhandl.*, b. 32. 1910.
123. Howe M. A. The building of "coral reefs". *Science*, v. 35, 1912. p. 837.
124. Crossfield M. C. and Johnston M. S. A study of ball stones and the associated beds in the Wenlock limestone. *Proc. Geol. Assoc.*, v. 25, 1914.
125. Walther J. Die Fauna der Solenhofener Plattenkalke bionomisch betrachtet. 1904.

126. Sarle C. J. Reef structur in Clinton and Niagara strata of western New-Iork. *Am. Geol.*, v. 28, 1901.

127. Howe M. A. The building of coral reefs. *Science*, v. 35, 1912.

### Современные коралловые рифы

128. Agassiz A. The Tortugas and Florida reefs. 1883.
129. Agassiz A. Three cruises of the Steamer Blake. 1888.
130. Agassiz A. The coral reefs of the Hawaiian islands. 1889.
131. Agassiz A. The Bahamas and the elevated reefs of Cuba. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 26. 1894.
132. Agassiz A. The elevated reef of Florida. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 28. 1896.
133. Agassiz A. The islands and coral reefs of Fiji. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, v. 33. 1899.
134. Dana J. D. Corals and coral islands.
135. Saville-Kent W. The great barrier reef of Australia. 1893.
136. Bonney T. G. The Atoll of Funafuti. Borings into a coral reef. 1904.
137. Walther J. Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel. *Abh. math.-phys. Cl. K. Sächs. Ges. d. Wiss.*, 14. 1888.
- Приложение. Детальный полный обзор литературы по коралловым рифам и условиям их образования приведен в монографии Андре (Andrée, 5).

### Образование известняков

138. Joubin L. Carte des bancs et récifs de Coraux. *Ann. Inst. Océanogr. Monaco*, v. IV, fasc. 2. 1912.
139. Борисяк А. А. Геол. очерк Изюмского уезда. *Тр. Геол. Ком.*, п. с., в. 3, 1905.
140. Яковлев Н. Н. и Ряби нин В. Н. К геологии Соликамского Урала. *Тр. Геол. Ком.*, п. с., в. 123, 1915.
141. Andrussov N. Die fossilen Bryozoenriffe der Halbinsel Kertsch und Taman. *Kiell.* 1909 — 1911.

142. *Davis C. A.* Natural history of marl. Geol. Surv. Michig., v. 8, pt. 3, 1903.

**Известняки, образованные водорослями и бактериями**

143. *Drew G. H.* On the precipitation of calcium carbonate in the sea by marine bacteria. Pap. Tortugas Lab. Carnegie Inst., v. 5, 1914.

144. *Lipman C. B.* A critical and experimental study of Drew's bacterial hypothesis of  $\text{CaCO}_3$  precipitation in the sea. Pap. Marine Dept. Biology. Carnegie Inst., Publ. 340, v. 19, 1924.

145. *Murray J. and Irvine R.* On coral reefs and other carbonate of lime formations in modern seas. Proc. R. Soc. Edinburgh, v. 17, 1891.

146. *Daly R. A.* The limeless Ocean of precambrian time. Am. Jour. Sci., 23, 1907.

147. *Daly R. A.* First calcareous fossils and the evolution of the limestones. Bull. Geol. Soc. Am., v. 20, 1909.

148. *Mc Clendon J. F.* On changes in the sea and their relations to organisms. Carnegie Inst., Publ. 252, 1918.

149. *Garwood E. J.* Calcareous Algae, etc. Geol. Mag., Dec. 5, v. 10, 1913.

- Mawson D.* Algae limestones in process of formation. Quat. Jour., v. 85, 1929.

150. *Garwood E. J.* Rock-building organisms from the lower carboniferous beds of Westmoreland. Geol. Mag., Dec. 6, v. 1, 1914.

151. *Glock W. S.* Algae as limestone makers and climatic indicators. Am. Jour. Sci., 5 ser., v. 6, 1923.

152. *Skeats E. W.* On the chemical and mineralogic evidence as to the origin of the dolomites of the southern Tyrol. Quart. Jour., v. 61, 1905.

153. *Walther J.* Die Gesteinsbildenden Kalkalgen des Golfs von Neapel und die Entstehung strukturloser Kalk. Zeit. Deut. Geol. Ges., B. 37, 1885.

**Химические и механические известняки**

154. *Evans J. W.* Mechanically-formed limestones from Junagarh. Quart. Jour., v. 56, 1900.

155. *Rössa M.* Karbonatgesteine als chemische Sedimente etc. Zeitschr. Kali, 1 d. 20, 1926.

156. *Emmons R. C.* Notes on the precipitation of calcium carbonate. Jour. Geol., v. 36, 1928. Анализ условий выделения.

157. *Hildebrand E.* Über die chemisch-physikalischen Bedingungen der Knollenkalkbildung. Zeitschr. d. Deut. Geol. Ges., B. 80, 1928.

158. *Field R. M.* The Great Bahama Bank. Studies in marine carbonate sediments. Am. Jour. Sci., v. 16, 1928.

159. *Tarr W. A.* Is the chalk a chemical deposit? Geol. Mag., v. 62, 1925. Мел — химический осадок.

**Кремнистые отложения**

160. *Sampson E.* The ferruginous chert formations of Notre Dame Bay, Newfoundland. Jour. Geol., v. 31, 1923.

161. *Davis E. F.* The radiolarian cherts of the Franciscan group. Univ. California Publ., v. II, № 3, 1918.

162. *Dewey H. and Flett J. S.* On some British pillow lavas and the rocks associated with them. Geol. Mag., v. 48, 1911.

163. *Brydone R. M.* The origin of flint. Geol. Mag., v. 57, 1920.

164. *Tarr W. A.* Origin of the chert in the Burlington limestone. Am. Jour. Sci., v. 44, 1917.

165. *Sargent H. C.* Massive chert formations of North Flintshire. Geol. Mag., v. 59, 1923.

166. *Gruner J. W.* The origin of sedimentary iron formation. Econ. Geol., v. 17, 1922.

167. *Sargent H. C.* Further studies in chert. Geol. Mag., v. 66, 1929. Очерк образования. Библиография.

168. *Krusch P.* Kieselschiefer, Lydit, und Verkieselungshornstein. Zeitschrift. d. Deut. Geol. Ges., B. 80, 1928.

- 169.** Leith C. K. Silification of erosion surfaces. Econ. Geol., v. 28, 1925.  
**170.** Van Tuyl F. V. The origin of chert. Am. Jour. Sci., v. 45, 1918.  
**171.** Dixon E. L. Lagoon-phases and the origin of radiolarian cherts. In Dixon and Vaughan, Carboniferous success. in Gower. Quart. Jour., v. 47, 1911.

### Горючие сланцы и нефть

- 172.** Potonié H. Die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolith. Zeit. d. Deut. Geol. Ges., B. 73, № 6—7, 1921.  
**173.** Zalessky M. D. Sur quelques sapropelites fossiles. Bull. Soc. Geol. France, 4 séér., 1917.  
**174.** Залесский М. Д. Кукерсит. Ежег. Палеонт. Общ. за 1917 г.  
**175.** Takahashi J. The marine kerosene shales from the oil-fields of Japan. Rept. Sci Tohoku Imp. Univ., ser. 3, v. 1, № 2, 1922.  
**176.** White D. and Stadnichenko T. Some mother plants of petroleum in the Devonian Blake shales. Econ. Geol., v. 18, № 3, 1923.  
**177.** Архангельский А. Д. Об осадках Черного моря и т. д. Бюлл. Моск. Общ. Исп. Прир. Геол. отд., т. V, 1927.  
**178.** Anderson F. M. Origin of California petroleum. Bull. Geol. Soc. Am., 1926. Диатомей — источник нефти.  
**179.** Totman C. F. Biogenesis of hydrocarbons by diatoms. Econ. Geol., v. 22, 1927.  
**180.** Takahaschi J. R. Origin of California petroleum. Econ. Geol., v. 22, 1927.  
**181.** Rüger L. Die Ergebnisse neuer Untersuchungen über den estnischen Kukersit. Geol. Rundschau, B. 17, 1926.

### Псевдоабиссальные отложения

- 182.** Fuchs Th. Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten? Neues Jahrb., B. Bd II, 1883.  
**183.** Scupin H. Ist der Dictyonema-

- schiefer eine Tiefseeablagerung? Zeit. d. Deut. Geol. Ges., B. 73, № 6—7, 1921.  
**184.** Fuchs Th. Ueber Pteropoden—und Globigerinenschlamm in Lagunen von Koralleninseln. Verh. d. K. K. Geol. Reichsanst., 1905.  
**185.** Васильевский М. М. Предварительный отчет о геол. иссл. в центральной части 60-го листа. Изв. Геол. Ком., т. 30, 1911.

### Морские отложения смешанного типа

- 186.** Blackwelder E. The Iakutat coastal plain of Alaska. A combined terrestrial and marine formation. Am. Jour. Sci., 4 ser., v. 27, 1909.  
**187.** Thoulet J. Sédiments marins d'origine éoliennes. Comp. Rendu Ac. Sci., v. 150, 1910, pp. 947—949.

### Химические осадки

#### Доломиты

- 188.** Van Tuyl F. M. The origin of dolomite. Iowa Geol. Surv., v. 25, 1914.  
**189.** Steidtmann E. Evolution of limestone and dolomite. Jour. Geol., v. 19, 1911.  
**190.** Van Tuyl F. M. Depth of dolomitisation. Science, v. 48, 1918.  
**191.** Philippi E. Ueber Dolomitbildung in heutigen Meeren. Neues Jahrb., Festb., 1907.  
**192.** Hewett D. F. Dolomitisation and ore deposition. Econ. Geol., v. 23, № 8, 1928. Связь с изверженными породами.  
**193.** Boswell G. H. The action of colloids in precipitation fine grained sediments. Geol. Mag., v. 67, 1930.  
**194.** Leitmeier H. Der heutige Stand der Dolomitfrage. Tschermaks Mitt., N. F., B. 33, 1915.  
**195.** Skeats E. W. The chemical composition of limestones from upraised coral islands. Bull. Mus. Comp. Zool., v. 42, 1903.

## Оолиты

196. *Bucher W. H.* On oolites and sphaerulites. *Jour. Geol.*, v. 26, 1918.
197. *Brown T. C.* Origin of oolites and the oolitic texture in rocks. *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 25, 1914.
198. *Van Werveke L.* Ueber die Zusammensetzung und Entstehung der Minetten. *Rev. Zeit. für Pract. Geol.*, 1901.
199. *Harder E. C.* Iron depositing bacteria and their geologic relations. *U. S. Geol. Surv., Prof. Pap.* 113, 1919.
200. *Rothepletz A.* On the formation of oolite. *Botan. Centralbl.*, № 35, 1892.
201. *Issel A.* Esempi notevoli di icoliti. *Mem. R. Acc. Lincei, cl. sci. fis.*, ser. 5, v. XIII, f. IV, 1920.
202. *Kumm A.* Zur Klassification und Terminologie der Sphaerite. *Zeitschr. d. Deut. Geol. Ges.*, B. 78, 1926.

## Глауконит

8. *Collet L.* Les dépôts marins. 1908. Основная работа.
203. *Goldman M. I.* Basal glauconite and phosphate beds. *Science*, v. 56, 1922.
204. *Ehrenberg C. G.* Beitrag zur Kenntnis der unterseeischen Agulhas-Bank etc. *Monatsber. Ak. Wiss. Berlin*. 1863.
205. *Takahashi J. and Yagi T.* Peculiar mud grains and their relation to the origin of glauconite. *Econ. Geol.*, v. 24, № 8, 1929.
206. *Schneider H.* A study of glauconite. *Jour. Geol.*, v. 35, 1927.
207. *Goldman M. I.* General character, mode of occurrence and origin of glauconite. *Washington Ac. Sci. Jour.*, v. 9, 1919.

## Фосфориты

208. *Lasne H.* Origine des phosphates de chaux de la Somme. 1901.
209. *Murray J.* Challenger Exped. Report on deep sea deposits. 1891.

210. *Blackwelder E.* The geologic rôle of phosphorus. *Am. Jour. Sci.*, v. 42, 1916.
211. *Cayeux L.* Introduction à l'étude petrographique des roches sédimentaires. *Mem. Carte Géol. France*. 1916.
212. *Matson G. C.* The phosphate deposits of Florida. *U. S. Geol. Surv., Bull.* 604, 1915.
213. *Graham W. A.* Experiments on the origin of phosphate deposits. *Econ. Geol.*, v. 20, 1925.

## Железные руды

214. *Cayeux L.* Les minerais de fer oolithique secondaires de France. *Bull. Soc. Géol. France*, v. 24, fasc. 5, 1924.
215. *Berz K. C.* Über der Natur und Bildungsweise der marinien Eisen-silicaten etc. *Fortschr. d. Geol. und Palaeont.*, H. 2, 1929. Важная, большая работа. Библиография.
216. *Gill J. E.* Origin of the Gunflint iron-bearing formation. *Econ. Geol.*, v. 22, 1927.
217. *Moore E. S. and Maynard J. E.* Solution, transportation and precipitation of iron and silica. *Econ. Geol.*, v. 24, 1929.
218. *Gruner J. W.* The origin of sedimentary iron formations, etc. *Econ. Geol.*, v. 17, 1922.
219. *Harder E. C.* Iron depositing bacteria and their geologic relations. *U. S. Geol. Surv., Prof. Pap.*, 113, 1919.
220. *Miller W. G.* Laterite ore deposits. *Rept. Ontario Bur. of Mines*, v. 26, 1917.
221. *Cumings W. L. and Miller B. L.* Origin of brown ores of Cuba. *Trans. Am. Min. Eng. Inst.*, v. 42, 1911.
222. *Mc Gregor A. M.* The origin of sedimentary iron ores. *Econ. Geol.*, v. 20, 1925.

## Серный колчедан

223. *Newhouse W. H.* Some forms of iron sulphide occurring in coal and other sedimentary rocks. *Jour. Geol.*, v. 35, 1927.

224. *Mathias H. E.* Syngenetic origin of pyrite concretions etc. Jour. Geol., v. 36, 1928. Анализ условий образования.
225. *Bastin E. S.* A hypothesis of bacterial influence in the genesis of certain sulphide ores. Jour. Geol., v. 34, 1926.
226. *Doss B.* Zeitschr. f. Prakt. Geol., B. 20, 1912.

### Соединения марганца

227. *Thiel G. A.* Manganese precipitation by microorganisms. Econ. Geol., v. 20, 1925.
228. *Fermor L. L.* The manganese deposits of India. Mem. Geol. Surv. India, v. 37, 1909.
229. *Dale N. C.* Cambrian manganese deposits of Newfoundland. Am. Phil. Soc. Proc., v. 54, 1915. Полная библиография.
230. *Murray J. and Irvine K.* On manganese oxide in marine deposits. v. 38, 1894.
231. *Богданович К. И.* Рудные месторождения. Т. II. 1913.
232. *Соколов Н.* Марганцевые руды третичных отложений. Тр. Геол. Ком., т. XVIII, № 2, 1901.

### Вулканические туфы

233. *Barbour E. U.* Nebraska pumicite. Nebraska Geol. Surv. v. 4, 1916.
234. *Hewett D. F.* The origin of bentonite etc. Jour. Washng. Ac. Sci., v. 7, 1917.
235. *Bramlette M. N.* Bentonite in the upper Cretaceous of Louisiana. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., v. 8, 1924.
236. *Nelson W. A.* Volcanic ash bed in the Ordovician etc. Bull. Geol. Soc. Am., v. 33 1922.
237. *Giles A. W.* The origin and occurrence in Rockbridge Co., Virginia of so called «bentonite». Jour. Geol., v. 35, 1927.
238. *Scrivenor J. B.* The mudstreams (Lahars) of Gunung Keloet in java. Geol. Mag., v. 66, 1929.
239. *Sandberg C. G. S.* The origin of the Dwika conglomerate. Geol. Mag., v. 65, 1928.

### Батиальные отложения

240. *Fuchs Th.* Ueber ein neues Analogen der Fauna des Badener Tegel. Verh. d. k. k. Geol. Reichsanst., 1905.
5. *Andrée K.* Geologie des Meeresbodens. 1920. Смотри литературу по батиальным отложениям.  
П р и м е ч а н и е. Фактический материал приведен в работах Murray (см. №№ 56, 57, 58, 59), Agassiz (см. № 1(9) и др.).

### Абиссальные отложения

#### Ископаемые

241. *Molengraaf G. A.* On the oceanic deep-sea deposits of central Borneo. Kon. Ak. Weten. Amsterdam, Sec. of Sciences, v. 12, 1909—1910.
242. *Lechmere Guppy R. I.* The tertiary microzoic formation of Trinidad. Quart. Jour., v. 48, 1892.
243. *Jukes Brown A. J. and Harrison J. B.* The Ceology of Barbados. Quart. Jour., v. 47, 1891, v. 48, 1892.
244. *Harrison J. B.* The coral-rocks of Barbados. Quart. Jour., v. 63, 1907.

### Современные

Полная сводка дана в работе Andrée (5) и основной материал в работах Мэррея и сотрудников (56—59).

### Лагунные отложения

#### О пресноводные бассейны

245. *Sudry L.* L'étang de Thau. Ann. Inst. Océanogr., v. I, fasc. 10, 1910.
246. *Schuch F.* Das Wasser und seine Sedimente im Flutgebiet der Elbe. Jahrb. d. k. k. preus. Geol. Landesanst. f. 1904, B. 25.
247. *Doss B.* Ueber den Limanschlamm des südlichen Russlands etc. Korrespondenzbl. Nat. Ver. Riga, B. 43. 1900. Литература.

248. Соколов Н. Об образовании лиманов Южной России. Тр. Геол. Ком., т. X, в. 4, 1895.
249. Thienemann A. Die Binnengewässer Mitteleuropas. Stuttgart, 1925.

### Дельты

250. Credner G. R. Die Deltas. Ergänzungsh. № 56 zu Peterm. Geogr. Mitt. 1878.
251. Barrel J. Criteria for the determination of ancient delta deposits. Bull. Geol. Soc. Am. v. 23, 1912. Основная работа.
252. Jonston W. A. Sedimentation of the Fraser River delta. Mem. 125, № 107, Geol. ser., Geol. Surv. Canada. 1921.
253. Barrel J. The upper devonian delta and the Appalachian geosyncline. Am. Jour. Sci., v. 35, 1913, v. 37, 1914.
254. Branson E. B. A Mississippian delta. Bull. Geol. Soc. Am., v. 23, 1912.
1. Walther J. Einleitung in der Geologie etc. 1891—93.

### Мангровые заросли

255. Vaughan T. W. The geologic work of mangroves in Southern Florida. Smithson. Misc. Coll., v. 52, Publ. № 1877. 1910.
- 128 и 132. Agassiz. Работы о Флориде.
256. Abel O. Ein Lösungversuch der Flyschproblem. Ak. d. Wiss Wien, Anz. № 27, 1925. Лагуны, мангровые заросли.

### Континентальные отложения. Общая характеристика

257. Wanless H. R. Lithology of the White River sediments. Proc. Am. Phil. Soc., v. 61, № 3, 1922.
258. Barrel J. Relation between climate and terrestrial deposits. Jour. Geol., 16, 1908.
259. Harrasowitz H. Laterit. Fortschr., Bd. IV, II, 14, 1926.

### Озерные отложения

260. Kindle E. M. The bottom deposits of Lake Ontario. Trans. R. Soc. Canada, v. 19, 1925.
261. Russel I. C. Geologic history of Lake Lahontan. U. S. Geol. Surv., Mon. 11, 1885.
262. Coit G. F. Nouvelles recherches sur la sédimentation dans le lac de Genève. C. R. Congr. Int. Geogr. Cairo, v. II, 1925.

### Речные отложения

263. Kindle E. M. Notes on sedimentation in the Mackenzie River basin. Jour. Geol., v. 26, 1918.
264. Davis W. M. Continental deposits of the Rocky mountain region. Bull. Geol. Soc. Am., v. 11, 1900.
265. Rehbeck Th. Bettbildung, Abfluss und Geschiebebewegungen bei Wasserläufen. Zeitschr. d. Deut. Geol. Ges., B. 81, 1929.

### Наземные отложения

#### Фации подножий

266. Trowbridge A. C. The terrestrial deposits of Owens Valley, California. Jour. Geol., v. 19, 1911.
267. Oldham R. D. Geology of India. 1893. Сиваликские слои.
268. Pilgrim G. R. Correlation of the Siwalic. Rec. Geol. Surv. India, v. 43, 1913.
269. Вебер Б. Н. Геол. иссл. в Фергане в 1909—1910 г. Изв. Геол. Ком., т. 29, 1910.
270. Мушиков Д. И. Геол. карта Вост. Ферганды. Тр. Геол. Ком., н. с., вып. 169, 1928.
271. Налибкин Д. В. Очерк геологии Туркестана. 1926.
272. Eckis R. Alluvial fans of the Cucamonga district, California. Jour. Geol., v. 36, 1928.
273. Weller M. J. The cenozoic history of the north-west Punjab. Jour. Geol., v. 36, 1928. Сиваликские слои—5 000 м.

## Ледниковые фации

- Литература по современному и прошлому оледенениям весьма обшира и общеизвестна.
274. Schuchert C. Climates of geologic time. Carnegie Inst., Pub. 192, 1916.
275. Koken E. Indisches Perm und die permische Eiszeit. Neues Jahrb., Festband, 1907.

## Пустынные фации

276. Вальтер И. Законы образования пустынь.
277. Lomas J. Desert conditions and the origin of British Triassic. Geol. Mag., 5 ser., v. 4, 1907.
278. Tilje A. J. The Red beds of the fronta Range in Colorado, Jour. Geol., v. 31, 1923.

# ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловие . . . . .	Стр. 3
-----------------------	-----------

## Глава I. Общие понятия.

Значение курса . . . . .	5
«Определение понятия фаций . . . . .	6
Распространение и границы фаций . . . . .	7
Подразделение фаций . . . . .	8

## Глава II. Морские фации.

Морское дно . . . . .	9
Рельеф морского дна. Подразделение на зоны . . . . .	9
Шельф . . . . .	10
Распространение шельфа . . . . .	10
Рельеф . . . . .	10
Образование шельфа . . . . .	12
Континентальный склон . . . . .	13
Ложе мирового океана . . . . .	13
Накопление осадков . . . . .	13
Влияние движений воды на образование осадков . . . . .	13
Типы распределения осадков в зависимости от прибоя и течений . . . . .	16
Типы разрезов в зависимости от деятельности течений . . . . .	20
Формы отложения осадков . . . . .	25
Форма накопления осадков и глубина бассейна . . . . .	27
Области накопления осадков — геосинклинали . . . . .	29
Форма геосинклиналей . . . . .	32
Размеры геосинклиналей . . . . .	32
Скорость накопления и мощность осадков . . . . .	34
Внешние признаки осадков . . . . .	35
Слоистость . . . . .	35
Сезонные изменения . . . . .	37
Изменения погоды . . . . .	38
Изменения течений . . . . .	38
Климатические изменения . . . . .	38
Колебания уровня моря . . . . .	38
Отложение коллоидального материала . . . . .	39
Рост организмов . . . . .	39
Поднятия морского дна . . . . .	39
Кесая слоистость . . . . .	39
Эоловый тип . . . . .	40
Тип временных потоков . . . . .	41
Речной тип . . . . .	41
Дельтовый тип . . . . .	42
Морской тип . . . . .	42

<i>Волноприбойные знаки</i>	43
Эоловые волноприбойные знаки	43
Волноприбойные знаки водных течений	44
Колебательные волноприбойные знаки	45
Сложные формы волноприбойных знаков	45
Языковидные знаки — лингоиды (45); ромбонадальные знаки (45); интерференционные или перекрестные знаки (45).	
Значение волноприбойных знаков для палеогеографии	46
<i>Различные знаки на поверхности осадков</i>	46
Многоугольники и трещины высыхания	47
Впечатления от дождевых капель и града	47
Линии прибоя	47
Струйчатые желобки	48
Следы от растущих растений	48
Следы от плавающих предметов	48
Знаки от ледяных кристаллов	48
Следы от бегания и ползания животных	48
Следы от пузырьков газа	48
<i>Конкремции</i>	49
Состав	49
Форма	49
Размеры	49
Внутреннее строение	49
Септарии	50
Жеоды	50
Ядра конкремций	50
Типы заключающих пород	50
Классификация	50
Образование	50
<i>Цвет отложений</i>	51
Черный и серый цвета	52
Зеленый цвет	52
Красный цвет	52
Факторы, обуславливающие окраску наземных отложений	52
Факторы, обуславливающие окраску морских отложений	53
Вторичные факторы, влияющие на окраску пород	54
<i>Вторичные нарушения слоистости</i>	54
<i>Классификация морских отложений</i>	55
<i>Схема классификации морских осадков Моррея и Ренара</i>	58
<i>Схема классификации морских осадков Кроммеля</i>	59
<i>Литторальные отложения</i>	60
<i>Обломочные терригенные отложения</i>	61
Конгломераты и брекчии	61
Фация скал и камней	61
Фация конгломератов и брекчий	62
Подвижные конгломераты (62); неподвижные конгломераты (63).	
Литологический состав конгломератов и брекчий	65
Характерные особенности конгломератов и брекчий	65
Геологическое распространение и примеры	67
Спарагмит (67); кусинский конгломерат (67), веррукано (67); артиинские конгломераты (67); конгломераты Гильса (67); Туertia (67); Нагельфлю (67).	
Пески и песчаники	68
Литологический состав	68
Схема подразделения песков	69

Условия образования песков . . . . .	68
Прибрежные пески . . . . .	69
Глубина распространения (69); мощность (70), источники материи (70); подразделения зоны прибрежных песков (71).	
Глубинные пески . . . . .	72
Распространение (72); Фауна (72).	
Характерные особенности песков . . . . .	73
Геологическое распространение и примеры . . . . .	74
Эсфитоновый песчаник (75); фукOIDНЫЙ И УНГУЛИТОВЫЙ ПЕСЧАНИК БИЛОБИТОВЫЙ ПЕСЧАНИК (75); спирiferовЫЙ ПЕСЧАНИК (75); жерновой песчаник (75); артинские песчаники (76); квадерный песчаник (76); молассы (76); масиньо (76); флиш (76); танетские пески (76) харьковские пески (76); нуммулитовые песчаники (75); скелетловые пески (76); гастроподовые пески (76).	
Илы, глины и глинистые сланцы . . . . .	77
Литологический состав . . . . .	77
Условия образования . . . . .	77
Береговые глины . . . . .	77
Органический мир (78).	
Глубинные глины . . . . .	80
Песчанистые глины (80); кремнистые глины и опоки (80); известковистые глины (80); глауконитовые глины (81); углистые глины (81); битуминозные глины (81); фауна глубинных глин (81).	
Черные битуминозные сланцы . . . . .	81
Характерные особенности глин . . . . .	83
Геологическое распространение . . . . .	83
Примеры глинистых фаций прошлого . . . . .	84
Синяя нижнекембрийская глина (84); астиериевые сланцы (84); семилукские глины и мергеля (84); псевдомонотисовые глинистые сланцы (84); таврическая свита Крыма и черные глинистые сланцы Кавказа (84); слатомская глина (84); бартонская глина (89); шлир (89).	
Терригеновые фации современных морей . . . . .	89
Лионский залив (85); Ламанш (86); Черное море (87); Кольский залив (88); Кварнерский залив (89).	
<b>Органогенные отложения . . . . .</b>	91
<b>Известняки, доломиты и мергеля . . . . .</b>	92
Условия образования известняков . . . . .	92
Известняки, образованные животными . . . . .	93
Коралловые, рифовые известняки . . . . .	93
Определение понятия «риф» (94); распространение коралловых островов (94); типы коралловых рифов (96).	
Образование коралловых островов . . . . .	98
Длительность образования рифовых известняков (99); рельеф коралловых островов (100); подводные плато (102); отложения коралловых островов (103); терригеновые и вулканические отложения коралловых островов (104); наземные и лагунные отложения коралловых островов (105); распространение известняков в коралловых рифах (105); органический мир коралловых рифов (105); характерные особенности рифовых известняков (107); геологическое распространение и примеры ископаемых рифов (108); золенгофенский атолл (109); палеозойские рифовые известняки (111); фораминиферовые известняки (112).	
Прибрежные . . . . .	112
	205

	Стр.
Глубоководные . . . . .	113
Мшанковые известняки. . . . .	114
Скопления мшанок на твердом грунте . . . . .	114
Скопления мшанок на водорослях . . . . .	114
Рифовые образования в солоноватоводных бассейнах (115).	
Губковые известняки . . . . .	115
Брахиоподовые, пелециподовые и гастроподовые известняки . . . . .	116
Ракушняковые известняки (116); ракушняковые балки (117); ракушки (118).	
Цефалоподовые известняки . . . . .	119
Эхинодермовые известняки . . . . .	120
Эпикривитовые известняки (120); эхиноидные известняки и мергеля (121); цистоидные и бластоидные известняки (121); астериевые и офиуровые сланцы и известняки (121).	
Трилобитовые и остракодовые известняки . . . . .	121
Целентратовые известняки . . . . .	122
Известняки, образованные водорослями и бактериями . . . . .	122
Известняки, образованные водорослями . . . . .	122
Известняки, образованные бактериями . . . . .	124
Известняки, образованные разложением органического вещества . . . . .	125
Известняки химического происхождения . . . . .	125
Известняки механического происхождения . . . . .	125
Абрационные известняки . . . . .	125
Золовые, дюнные известняки . . . . .	126
Доломиты . . . . .	126
Кремнистые отложения . . . . .	126
Кремнистые сланцы (127); кремневые стяжения (127); региональное поверхностное окремнение; (128); условия образования кремнистых отложений (128).	
Горючие сланцы и нефть. . . . .	129
Условия образования морских горючих сланцев (131) лагунные горючие сланцы (131); пресноводные горючие сланцы (131).	
Углистые отложения . . . . .	132
Псевдоабиссальные отложения . . . . .	132
<i>Морские отложения смешанного типа</i> . . . . .	134
Ледниково-морские отложения . . . . .	134
Эолово-морские отложения . . . . .	134
Обвально-морские отложения . . . . .	135
<i>Химические осадки</i> . . . . .	135
Известняки . . . . .	135
Доломиты и доломитизированные известняки . . . . .	136
Оолиты . . . . .	137
Глауконит . . . . .	138
Фосфориты . . . . .	139
Пластовые фосфориты . . . . .	139
Фосфоритовые конкреции . . . . .	139
Железные руды . . . . .	140
Оксиды и водные оксиды . . . . .	140
Морские железные руды . . . . .	141
Оолитовые руды (141); пластовые руды (141).	
Лагунные железные руды . . . . .	142
Пресноводные железные руды . . . . .	143
Железные руды источников . . . . .	144
Элювиальные железные руды . . . . .	144
Железные руды подземных вод . . . . .	144

Карбонаты	144
Серный колчедан	145
Соединения марганца	145
Процессы выделения	146
Условия образования	146
Другие минералы	147
Вулканические туфы	147
Батиальные отложения	148
Глубоководные пески и галечники	149
Синий или голубой ил	149
Красный ил	149
Зеленый ил и песок	150
Вулканический ил	150
Известковый ил	150
Батиальные отложения прошлого	150
<b>Абиссальные отложения</b>	<b>151</b>
Глобигериновый ил	151
Птероподовый ил	152
Глубоководная красная глина	152
Радиоляриевый ил	152
Диатомовый ил	152

**Г л а в а III. Лагунные фации.**

<i>Отложения лагунной зоны</i>	153
<i>Бассейны с ненормальной соленостью</i>	155
Причины изменения солености	155
Влияние изменений солености на фауну	156
Отложения опресненных бассейнов	157
Отложение горькосоленых бассейнов	157
<i>Дельты</i>	157
Общая характеристика	157
Отложение дельт	158
Отложения надводной равнины (158); отложения подводной равнины (159); отложения склона (159); отложения дна дельты (159).	
<i>Эстуарии</i>	160
<i>Мангровые заросли</i>	160
<i>Речные долины</i>	161
<i>Озера и болота</i>	161
<i>Прибрежные дюны и пески</i>	161
<i>Мелководные морские заливы</i>	162
<i>Экономическое значение лагунных отложений</i>	162

**Г л а в а IV. Континентальные фации.**

<i>Пресноводные фации</i>	163
Общая характеристика	163
Пресноводные фауны	163
Озерные отложения	164
Обломочные отложения	164
Галечники (164); пески (164); глины (165).	
<i>Химические отложения</i>	165
Известняки (165); соли (165); железные руды (165); ирремнезем (165).	
<i>Органические отложения</i>	165

Известняки и мергели (165); углистые вещества (165); битуминозные вещества (165); диатомиты (165).	165
Характерные признаки озерных отложений . . . . .	166
Болотные отложения . . . . .	166
Характерные признаки болотных отложений . . . . .	166
Речные отложения . . . . .	166
Характерные признаки речных отложений . . . . .	166
Отложения русла реки (167); отложения речной долины (167); отложения половодий (167).	167
<b>Паземные фации . . . . .</b>	167
Фации подножий . . . . .	168
Характерные признаки отложений подножий . . . . .	170
Фации обвалов и осыпей, оползней . . . . .	170
Ледниковые фации . . . . .	170
Характерные признаки ледниковых отложений . . . . .	170
<b>Пустынные фации . . . . .</b>	171
Характерные признаки пустынных отложений . . . . .	171
Каменистая пустыня (171); Области временных потоков (172); области золовых песков (172); области полупустынь.	171

### Г л а в а V. Методический отдел.

<b>Методика определения физико-географических условий прошлого. . . . .</b>	173
Глубина бассейна . . . . .	173
Климатические условия . . . . .	174
Соленость воды . . . . .	174
Нормальная соленость (174); пониженная соленость (174); повышенная соленость (175).	174
<b>Положение береговой линии . . . . .</b>	175
Песчаный берег . . . . .	175
Скалистый берег . . . . .	176
Каменистый берег . . . . .	176
Галечный берег . . . . .	176
Илистый берег . . . . .	176
Известняковый берег . . . . .	176
Оолитовый берег . . . . .	177
Соляные берега . . . . .	177
Органические берега . . . . .	177
<b>Методика определения ископаемых фаций . . . . .</b>	178
Нижнесилурские известняки Ленинградской области . . . . .	178
Цехштейн Среднерусской платформы . . . . .	180
Юрские угленосные отложения Ферганской долины . . . . .	181

### Г л а в а VI. Учебно-методическая часть.

<b>Общие замечания . . . . .</b>	182
<b>Поверочные и обобщающие вопросы . . . . .</b>	183
<b>Примеры для определения фаций . . . . .</b>	189

### Литература . . . . .

Редактор В. Г. Старицын

Технич. редактор Р. А. Аронс

Сдано в производство 23/VIII 31 г. Подписано к печати 29/II 32 г. Горгеоглиз № 2720-16-я.  
Тир. 5000 экз. Ленгорлит № 35189. Заказ № 270. Ст. формат 82 × 111. (Тип. знак.  
в 1. бум. л. 167 808) Инд. 25-5-2 Печ. л. 13. Бум. лист. 31/4.