АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Л. Н. БОТВИНКИНА

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ИЗУЧЕНИЮ СЛОИСТОСТИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1965

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR

GEOLOGICAL INSTITUTE

L. N. BOTVINKINA

MANUAL ON THE METHODS OF STUDYING BEDDING

(Transactions, vol. 119)

PUBLISHING OFFICE «SCIENCE»
Moscow 1965

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Л. Н. БОТВИНКИНА

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ИЗУЧЕНИЮ СЛОИСТОСТИ

Труды, вып. 119

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
Москва 1965

УДК 075.5.539.216

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
академик *А. В. Пейве* (главный редактор),
К. И. Кузнецова, В. В. Меннер, П. П. Тимофеев

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
В. С. Яблоков

EDITORIAL BOARD:
Academician *A. V. Peive* (Chief Editor), *K. I. Kuznetzova, V. V. Menner, P. P. Timofeev*

RESPONSIBLE EDITOR
V. S. Yablokov

ВВЕДЕНИЕ

Главными признаками, определяющими породу и всегда ей присущими, являются ее структура, вещественный состав и текстура, в том числе наиболее распространенная — слоистая. Все эти признаки в той или иной степени учитываются при определении первичной обстановки образования осадка. Однако структура породы часто носит черты, наложенные предыдущей историей осадка (особенно если он образовался в результате разрушения осадочных пород). Вещественный состав в еще большей степени определяется составом пород в области сноса и изменяется при последующих процессах (диагенезе, эпигенезе и др.).

Фауна, являющаяся общепризнанным показателем фациальной обстановки, может быть найдена далеко не всегда, а в очень многих осадочных толщах, особенно в континентальных, древнейших и ряде других, она вообще отсутствует (не говоря уже о том, что фауна может быть и переотложена).

Слоистая же текстура пород очень широко распространена, а характер ее определяется непосредственно обстановками седиментации. Первичная текстура породы — слоистость возникает одновременно с образованием самого осадка и целиком определяется механизмом его формирования. При дальнейших преобразованиях осадка в породу (а далее и самой породы) она обычно достаточно хорошо сохраняется. Поэтому совершенно естественно ожидать, что путем расшифровки особенности слоистой текстуры мы можем наиболее точно подойти к определению условий формирования тех отложений, которым она присуща. И действительно, в последние годы все больше вырисовывается значение изучения слоистости при фациальном анализе, палеогеографических построениях и решении ряда других вопросов современной геологии, как теоретических, так и практических.

Упоминание о слоистости встречается почти во всех геологических работах, но характеристика ее до сих пор чаще всего дается весьма примитивно: «косая», «горизонтальная», «параллельная», иногда с указанием масштаба, и только. Такие определения, конечно, не могут служить основой ни для каких генетических выводов, ибо, как мы увидим ниже, генетическая принадлежность осадка выявляется только лишь при совпадении ряда признаков слоистой текстуры и корреляции их с остальными признаками осадочных пород и толщ. В существующих инструкциях по геологической съемке, поискам и разведке полезных ископаемых изучению слоистости также уделяется минимальное внимание.

Между тем слоистость — явление очень сложное и многообразное. Может быть, отчасти поэтому существует так много мнений по поводу ее значения (подчас весьма противоречивых) и так мало работ, в которых были бы сформулированы теоретические основы учения о слоистости и дана методика ее исследования.

Некоторые существующие на эту тему работы основываются на частных примерах или же преимущественно на рассуждениях, а не на фактическом материале. Некоторые написаны много лет назад и частично уже устарели.

В данном «Руководстве» мы не будем излагать историю изучения слоистости и точки зрения разных исследователей на ее генетическое значение, так как это подробно освещено автором в другой работе (Ботвинкина, 1962).

Цель предлагаемого читателю труда — дать геологам, работающим в поле (съемщикам, поисковикам, разведчикам и другим исследователям), полную классификацию слоистых текстур, их генетические признаки, изложить основы методики изучения слоистости, а также показать пути использования этого признака при фациальном анализе и других геологических исследованиях.

Так как выводы о генезисе отложений делаются на основании изучения и сопоставления комплекса признаков, мы вынуждены немного коснуться также генетического значения и других признаков пород — структуры, условий залегания и т. д. Однако это будет сделано только с учетом их связи с текстурными особенностями пород, так как полное и всестороннее освещение генетического значения всех признаков в равной степени является по существу уже другой работой, а именно — изложением методики фациального анализа.

В основу настоящего «Руководства» положено исследование большого фактического материала, изучение слоистости в отложениях как современных, так и ископаемых (но с точно установленным генезисом). В 1962 г. вышло из печати монографическое исследование автора о слоистости пород, в котором была изложена значительная часть этого фактического материала и разобран ряд теоретических положений. Однако для удобства пользования в практической работе, особенно непосредственно в поле, выявилась необходимость в создании краткого методического руководства (до сих пор не существовавшего), в котором были бы изложены только окончательные результаты проведенного исследования.

Естественно, что краткость изложения не позволяет с достаточной полнотой осветить все вопросы, возникающие в связи с изучением такого сложного явления, как слоистость. Всех, кто захочет узнать о них более подробно, мы отсылаем к упомянутой выше работе автора и к другим литературным источникам, перечисленным в приложенном списке литературы по этому вопросу. Весь излагаемый материал разделен на шесть разделов. К тексту приложены классификационные и вспомогательные таблицы.

Кроме краткого изложения теоретических основ, методики и обобщенных выводов по каждому генетическому типу отложений, добавлены совершенно новые разделы о фациальном и фациально-циклическом анализе, а также о специфике изучения слоистости в зависимости от характера геологоразведочных работ и особенностей объекта исследования. Такой подход к изучению слоистости намечается впервые и поэтому последний раздел совершенно не претендует на полные и исчерпывающие рекомендации. Его цель — показать, что специфические вопросы, возникающие при различных геологических работах, могут рассматриваться также с привлечением и анализа текстур. Работа в таком смысле только намечается, и материала для обобщений еще слишком мало; однако нет сомнения в том, что изучение особенностей слоистости может помочь геологам разных специальностей в решении многих геологических вопросов. Усилия геологов в этом направлении, безусловно, дадут основание для дополнительных и самых разнообразных выводов.

Мысль о необходимости создания предлагаемой работы возникла у автора в результате общения с широкими кругами геологов и многократных обращений их за консультацией по вопросам, возникающим в процессе работы, в том числе при непосредственной работе в поле. Составление данного руководства было включено в план по инициативе геологов Геологического управления центральных районов. В процессе работы содержание данного руководства обсуждалось на ряде совещаний.

Автор пользуется случаем выразить свою искреннюю благодарность всем, оказавшим помощь в его работе.

Раздел I

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ

1. Слоевые единицы. Основные термины

Термином «слоистость» в геологии обозначают два рода явлений:

1. Слоистость, которая составляет текстуру осадочных толщ. Она образуется последовательным налеганием разных слоев (или пластов), более или менее однородных внутри.

2. Слоистость внутри одного слоя породы. Она образуется повторяемостью одинаковых слойков (или же одинаковых пар слойков) и составляет внутреннюю текстуру породы.

Основным текстурным элементом слоистой осадочной толщи является слой — геологическое тело, сложенное более или менее однородным материалом, отличающееся по каким-либо признакам от смежных и часто отграниченное от них более или менее выраженными плоскостями наслоения. Это тело прослеживается на достаточно большой площади и имеет мощность, значительно меньшую, чем его протяженность. Все эти признаки слоя в каждом конкретном случае могут быть то более, то менее отчетливо выражены, а иногда какой-либо один признак может и отсутствовать вовсе. Слои пород имеют тенденцию отлагаться горизонтально и параллельно друг другу (или полого-наклонно, параллельно ложу).

Каждый слой породы в свою очередь обладает присущей ему внутренней текстурой, очень часто также слоистой, которая может быть параллельной общему наслоению (т. е. горизонтальной), но может быть и иной — косой, волнистой и др.

Получается, что слой распадается на подчиненные ему слои. Для их различия слоевые элементы внутренней слоистости осадочных пород стали называть слойками, а само явление — слойчатостью (Давыдова и Гольдштейн, 1947; Вассоевич, 1948).

Термин «слоек» первоначально понимался как «маленький слой», слой значительно меньшей мощности. Однако слой от слойка отличается не только по величине, но и по другим основным признакам, характеризующим понятие слоя.

В отличие от слоя слоек внутри может быть не только однороден, но и иметь либо двучленное строение, либо представлять собой постепенное изменение компонентов осадка снизу вверх по размеру и составу.

Смежные слойки сходны между собой и многократно повторяются в разрезе. Если верхняя часть слойка двучленного строения резко отличается от нижней, то слоек превращается либо в ленту (с постепенным переходом между двумя слойками), либо в пару слойков (с резкой границей между последними, но всегда связанными друг с другом). В этом случае в породе многократно повторяются или ленты, или пары слойков.

Таблица 1

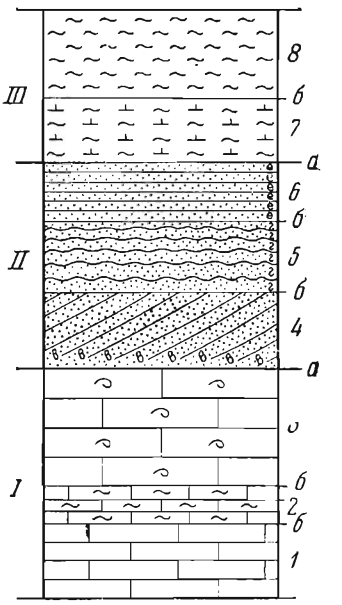
Различие признаков слоя и слойка

(признаки 2, 4, 5, 7, 8а и 9 взяты по Н. Б. Вассоевичу, 1958 г., с некоторыми изменениями)

Признаки		Слоевые единицы	
		Слой	Слоек
1. Сходство смежных единиц и их повторяемость (основной признак различия)		Смежные слои различны. Повторяемость только при правильном переслаивании или ритмичности (но при этом каждый слой имеет внутреннюю слойчатую текстуру)	Смежные слойки сходны и многократно повторяются (или образуют повторяющиеся сходные группы — «пары», «пачки», «ленты»)
Размер	2. Толщина (мощность)	Различная	Небольшая (от долей миллиметра до сантиметров)
	3. Площадь (протяженность)	Обычно большая	В косой и волнистой слоистости невелика, в горизонтальной — может быть различной
	4. Первичный наклон (до деформаций)	Отсутствует или мал (не более нескольких градусов). Исключения редки	Может достигать 30—40° (и даже более) для косой и волнистой слоистости. В горизонтальной слоистости отсутствует
Строение	5. Внутренняя текстура	Слой может состоять из слойков	Слоек не может состоять из других слоевых единиц (слоек — низшая единица слоистости). Текстура его может быть выражена лишь в ориентировке частиц
	6. Наличие прослоев	Могут быть прослои иной породы	Всегда простого строения (прослойков не бывает)
7. Связь с породой		Слой объединяет одну породу со сходными признаками	Слойки могут быть внутри одной породы
8. Время образования	а) Абсолютное	Более или менее длительное (чаще — многие годы, тысячелетия, реже — сезон)	Обычно — небольшое (чаще — сезон, иногда — часы, дни)
	б) Относительное	Слой — чаще одновременное образование, но может быть и разновременным	Всегда одновременное образование
9. Условия образования		Возникновение слоев определяется каким-либо изменением в условиях осадконакопления	Общие условия седиментации неизменны. Возникновение слойков определяется незначительной пульсацией осадкообразующих факторов (может быть, лишь с некоторой направленностью их изменения)
Явление		Слоистость осадочных толщ или стратификация	Слоистость осадочных пород или слойчатость

Эта повторяемость слойков или их пар обусловлена механизмом процесса, формирующего слоистость, его пульсацией; она является одним из основных признаков, позволяющих отличить слоистость пород, или слойчатость[1], от слоистости осадочных толщ (или стратификации) даже при их одинаковом горизонтальном залегании и примерно одинаковой величине. Основные признаки различия понятий «слой» и «слоек» приведены в табл. 1. Наравне с термином «слой» существует термин «пласт», обычно употребляемый, когда имеется резкое различие смежных слоев или же резко выражена граница, их разделяющая, а также при определении слоя полезного ископаемого (угольный пласт, рудный пласт и т. д.).

Следуя Ю. А. Жемчужникову (1950), пластом следует называть слой или группу слоев, образовавшихся в результате резких региональных изменений седиментации при смене фациальной обстановки. При резком различии смежных слоев (например, песчаник, известняк) или при появлении полезного ископаемого (например, уголь среди глин) региональное изменение фаций заметно сразу, что и вызывает у геолога желание подчеркнуть это, назвав их пластами, а не слоями (пласт угля, пласт известняка). В тех случаях, когда фациальный характер неясен, элементы слоистой толщи лучше называть слоями, а не пластами. При этом естественно возникает вопрос: можно ли считать пластами (или слоями) слоевые элементы в монотонной по составу осадочной толще, выявляемые только резкими плоскостями раздела? Очевидно, если эти поверхности обусловлены размывом, перерывом в седиментации, растворением и т. д. (т. е. появление их вызвано изменением условий седиментации), то такие элементы можно считать слоями. Если же разделение породы зависит только от вторичных процессов (плоскости отдельности, кливаж и т. д.), то разделяемые ими элементы осадочной толщи называть слоями и тем более пластами не следует.



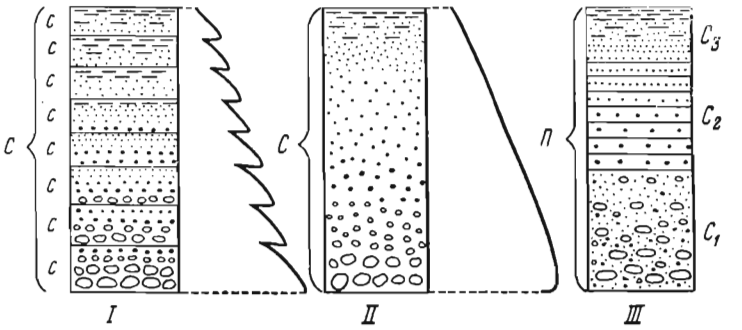
Фиг. 1. Соотношения пластов, слоев и слойков. Пласты обозначены римскими цифрами, слои — арабскими и слойки буквами *в, г, е*; *а*— границы пластов, *б*— границы слоев

I — пласт известняка, состоящий из слоев разного состава: *1* — известняк фораминиферовый; *2* — известняк афанитовый глинистый; *3* — известняк детритусовый. *II* — пласт песчаника, состоящий из слоев с разным типом слойчатости: *4* — косой; *5* — волнистой; *6* — тонкой горизонтальной. *III* — пласт глины, состоящий из слоев различного химического состава: *7* — глина известковистая; *8* — глина чистая

Может возникнуть и другой вопрос: где же количественные границы этого понятия? Можно ли назвать слоем или пластом толщу породы, отвечающую всем признакам, которые их определяют, но имеющую слишком малую или, наоборот, слишком большую мощность? Ведь как-то «неудобно» называть слоем или даже пластом, например, толщу известняка мощностью в несколько десятков, а иногда и сотен метров. В таких случаях, по-видимому, можно употреблять термин «горизонт», объединяющий отложения относительно маломощных толщ, характеризующихся какими-либо специфическими особенностями, в том числе однородным литологическим составом. Дальнейшие исследования могут выявить, является ли данный горизонт по существу однородным или он состоит из ряда слоев. Практика детальных литологических исследований показала, что такие толщи в большинстве

[1] Этот термин мы будем употреблять, когда необходимо будет подчеркнуть в тексте, что речь идет именно о внутренней текстуре пород (например, при горизонтальной слоистости).

случаев не бывают совершенно однородны. Чаще всего они сложены слоями или даже пластами, но с недостаточно отчетливо выраженными границами. Иногда различия слоев не обнаруживаются при беглом осмотре в обнажении, но выявляются при детальном изучении, просмотре в шлифах и т. д. Например, горизонт известняков мощностью в несколько десятков метров, кажущийся одинаковым, может состоять из ряда слоев известняка, отличающихся по составу фауны, примеси терригенного материала или чем-либо



Фиг. 2. Сортировка в различных слоевых единицах.

I — сортировка двух порядков: 1) в каждом слойке (*c*), более грубозернистом внизу, но кверху постепенно становящемся более тонкозернистым; 2) во всем слое (*C*), сортированные слойки которого снизу вверх становятся все более тонкозернистыми. *II* — сортировка материала в слое, не разделяющемся на слойки (неслойчатом): осадок более грубозернистый внизу, кверху становится все более тонкозернистым. У верхней границы слоя заметна слоеватость. *III* — сортировка материала в пласте песчаника, выявленная последовательной сменой трех слоев (C_1, C_2, C_3), каждый из которых является более тонкозернистым по отношению к нижележащему. Все три слоя имеют различную внутреннюю текстуру: C_1 — слоеватый — по расположению включенных галек; C_2 — слойчатый; C_3 — слоеватый — по расположению компонентов осадка. В каждом слое намечается также и внутренняя сортировка; в слоях C_1 и C_3 — характерная для случая *III*, в слое C_2 — может быть еще сортировка и внутри слойков, как в случае *I*

еще. В этом случае понятие «горизонт» совпадает с понятием «пласт». Иногда слои могут следовать друг за другом в периодически повторяющейся последовательности, в этом случае горизонт будет равен нескольким седиментационным циклам.

Что же касается нижней количественной границы, то слоем можно назвать отложения любой мощности, даже и очень небольшой (оговорив его размер). Если появление иной породы обусловлено изменением фаций, то ее можно назвать тонким пластом или пропластком, если данная слоевая единица занимает подчиненное положение среди других — основных и значительно более крупных.

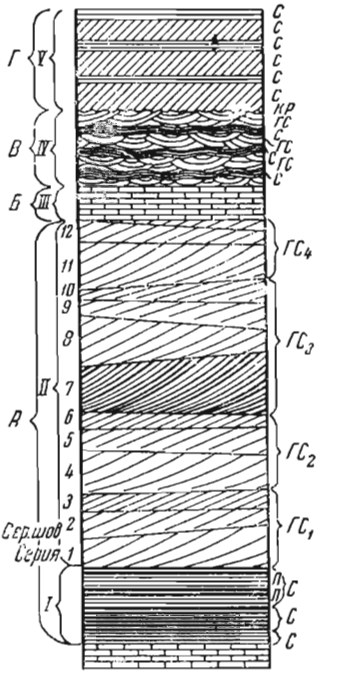
Соотношение слоевых единиц разного ранга в разрезе показано на фиг. 1.

Бывает, что последовательное наложение компонентов осадка не оформилось в виде слоев или слойков и направление наслоения проявляется только в ориентированном расположении компонентов породы (всех или отдельных включений). Такую текстуру следует (согласно Н. Б. Вассоевичу) называть «слоеватостью», подчеркивая этим невыраженность признака («слоистость без слоев»).

Сортировка осадка часто проявляется в постепенном изменении компонентов породы по размеру или весу в каждом слое или слойке в направлении от его подошвы к кровле. Чаще наблюдается изменение компонентов породы от более грубых внизу до более тонких вверху (прямая сортировка), реже — наоборот (обратная сортировка). Слоистость, образуе-

мую путем многократного повторения таким образом построенных слоев или слойков, мы называем «слоистостью ритмической сортировки материала» или кратко — сортированной слоистостью (что отвечает английскому термину graded bedding).

Сортировка может проявляться в породе многостепенно, образуя своеобразные ритмы разных порядков. Ритмическая сортировка может быть присуща слойкам и слоям и даже пластам (фиг. 2). В случае ритмической сортировки внутри слоя породы, но без отчетливо выраженных слойков, внутренняя текстура слоя может быть слоеватой.



Фиг. 3. Основные слоевые элементы.

А, *Б*, *В*, *Г* — пласты; *I*, *II*, *III*, *IV*, *V* — слои; *С* — серии; *ГС* — группы серий; *П* — пачки; *КР* — контакты размыва. *А* — пласт песка между пластами известняка, состоящий из слоев, различающихся по текстуре; *I* — горизонтально-слойчатый песок. В нем выделяются три серии, из которых две нижние — простые, а верхняя состоит из двух пачек; *II* — косослойчатый песок, в котором серии (*1—12*) образуют четыре группы; в каждой из них мощность серий убывает снизу вверх. Нижняя серия (*7*) третьей группы ($ГС_3$) сложена пачками косых слойков. Пласты *Б*, *В* и *Г* содержат по одному слою (равны слою), причем пласты *В* и *Г* имеют сложную слойчатость: *В* — пологоволнистую с мульдообразной волнистой; *Г* — диагональную (чередование горизонтально- и косослоистых серий)

2. Группировка слоевых единиц

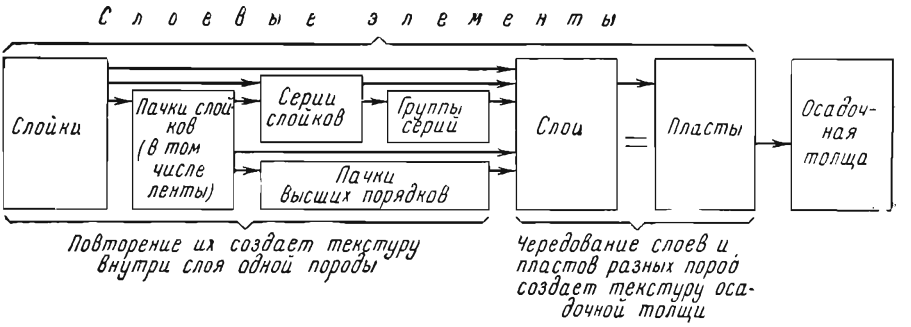
Слои, являющиеся единицами слоистой текстуры осадочных толщ, объединяются в пласты (или равны им), в горизонты и далее — в комплексы отложений, определяемые либо по стратиграфическому принципу (зоны, свиты и т. д.), либо по принципу закономерной последовательности и повторяемости слоев (ритмы, циклы разных порядков, о чем см. ниже).

Слойки, являющиеся элементарными единицами слоистой текстуры осадочной породы, группируясь, образуют пачки, серии и слои (фиг. 3).

Серия слойков — группа сходных по форме и строению слойков, связанных друг с другом непрерывной последовательностью наслоения и поэтому обычно имеющих одинаковое залегание. Серии слойков сверху и снизу отделены от смежных серий плоскостями раздела — границами серий (или, в разрезе, «серийными швами»). Таким образом, серии характеризуются сходством слойков внутри каждой из них и некоторым отличием их в смежных сериях (чаще — по углу наклона в косой и волнистой слоистости). Группировка в серии характерна для косой и волнистой слоистости. Иногда серии слойков объединяются в группы по какому-либо признаку (или его изменению), причем граница между группами серий обычно выражена более резко, чем граница между сериями внутри группы, отражая этим какие-то более резкие изменения условий седиментации.

Однако слойки могут группироваться и иначе, чем в серии, а именно: с отчетливо выраженной тенденцией к постоянному изменению от слойка к слойку внутри группы слойков и резким изменением их на границе двух групп. Такие группы слойков мы называем пачками слойков. При этом для всех пачек данного слоя будет характерна одна и та же закономерность изменения слойков. (Например, увеличение глинистости от слойка к слойку внутри пачки и резкое уменьшение ее в начале новой пачки.) Пачки слойков могут неоднократно повторяться внутри косослоистой

серии, но наиболее типична группировка в пачки для горизонтальной слоистости, причем повторяющиеся пачки обычно образуют не серии, а группы пачек высшего порядка, подчиненные той же закономерности, что и смена слойков внутри пачек первого порядка (например, слойки внутри пачки снизу вверх постепенно становятся все более глинистыми; сами пачки снизу вверх тоже становятся все более и более глинистыми, далее они могут образовывать группы пачек по тому же признаку и т. д.).



Фиг. 4. Схема соотношения и соподчинения различных элементов слоистой текстуры

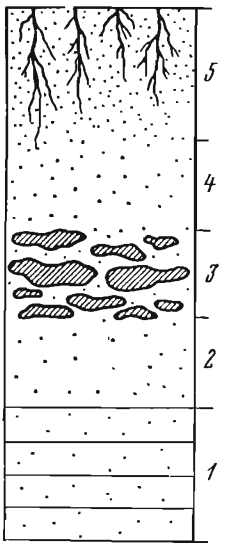
Пачки слойков по существу являются своеобразными ритмами. Наиболее простой пример такого ритма — известные всем геологам «ленты» в отложениях ленточных глин, где нижняя часть ленты — песчаная, верхняя — глинистая, причем внутри пачки переход постепенный, а граница со следующей пачкой (лентой) — резкая. Лента является наиболее просто построенной пачкой, сложенной всего лишь двумя слойками, чаще связанными постепенным переходом. Соотношение и соподчинение всех перечисленных стратификационных единиц друг с другом показаны на фиг. 1, 3 и 4. Направление стрелок на фиг. 4 указывает, какая следующая группировка может быть образована из данных слоевых единиц. Например, слойки могут образовывать пачки или серии, в других случаях они непосредственно образуют слой, который как бы представлен одной серией. Несколько пачек иногда образуют серию, но чаще — пачку более высшего порядка. Эта пачка может иногда являться слоем. Слой может быть равен пласту; иногда пласт может состоять из нескольких слоев и т. д.

3. Условность выделения слоев

Вопрос о выделении слоев кажется всем ясным и не вызывающим сомнения. Однако благодаря сложности и многообразию природных явлений выделение слоев имеет значительную степень условности. Так, например, в толще пород, показанной на фиг. 5, разные исследователи, в зависимости от масштаба работ и стоящих перед ними задач, выделят и различные слои. В частности, если конкреционный горизонт связан с полезным ископаемым, он будет обязательно выделен как самостоятельный слой; геолог-угольщик отметит слой со следами корневой системы растений, так как такие слои лежат в почве угольных пластов, причем часто являются маркирующими горизонтами или служат поисковыми признаками и т. д. С нашей точки зрения, в приведенном разрезе следует выделить пять слоев, так как каждый из них отвечает определенному изменению условий осадкообразования. Однако если горизонт с конкрециями маломощный и невыдержанный, его следует считать прослоем, объединив слои 2, 3 и 4 в один. При региональных мелкомасштабных работах этот разрез весь будет описан как единый пласт песчаника без выделения слоев внутри него. Вообще более существенным признаком при выделении слоев является не наличие разделяющих их гра-

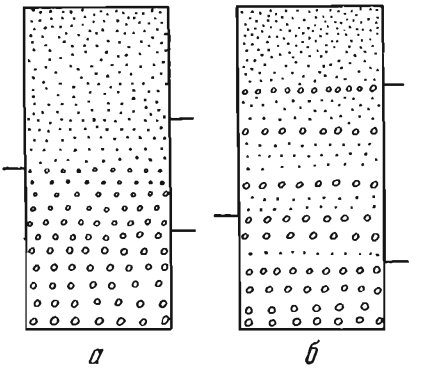
ниц (которых иногда может и совсем не быть), а изменение состава материала, слагающего слой (основного и включений), его структуры, текстуры и органических остатков.

Границы, разделяющие слой, бывают резкими, отчетливыми или отсутствуют совсем, и слой переходит в другой слой постепенно, что осуществляется либо путем постепенного изменения породы нижележащего слоя и перехода ее в вышележащий, либо через зону переслаивания пород, составляющих верхний и нижний слои (фиг. 6). Иногда, при достаточно большой мощности, растянутая переходная зона может быть выделена в самостоятельный слой.



Фиг. 5. Условность выделения слоев.

Пласт песчаника, внизу — разделенный отчетливыми плоскостями отдельности, выше — массивный; в средней его части имеется горизонт с конкрециями. Верхняя часть пласта изменена в результате проникновения корней растений. Цифры справа показывают возможное выделение условных слоев



Фиг. 6. Типы постепенных переходов между слоями.

а — постепенное изменение породы; *б* — переход через зону переслаивания материала выше- и нижележащих слоев. Черточками сбоку колонок показаны возможные границы «условных слоев»

Все сказанное свидетельствует о большей или меньшей доли условности при выделении слоев. Однако если ее оговорить, указав признаки, по которым слои выделяются, то этого будет достаточно для понимания характера наслоения, даже если оно недостаточно ясно выражено. Признаки, позволяющие выявлять слоистость вообще (в широком понимании этого слова), приведены в табл. 2.

Переслаивание — термин, употребляемый для обозначения достаточно частого и более или менее равномерного чередования слоев относительно небольшой мощности.

Конечно, понятия «тонкое и толстое», «частое и редкое», «равномерное и неравномерное» также условны, и их определение в значительной степени зависит от масштаба и задач работы. Так, например, при детальных литологических исследованиях чередование слоев мощностью в несколько десятков сантиметров будет описываться слой за слоем. При региональных работах и описании крупных единиц разреза даже не очень правильное чередование слоев значительно большей мощности мы можем назвать переслаиванием. Этот термин обязательно требует пояснения — переслаивание чего с чем — и указания его масштаба.

Термин «переслаивание» применим только к слоям, но не к слойкам.

Таблица 2

Признаки, выявляющие слоистость и слойчатость

<table>
<tr><td rowspan="6">Обособленность слоев (или слойков)</td><td rowspan="4">Изменение состава самих слоев (или слойков)</td><td>Гранулометрического (структура)</td></tr>
<tr><td>Минерального (вещественного)</td></tr>
<tr><td>Изменение окраски</td></tr>
<tr><td>Появление послойной примеси</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Наличие слоевых границ обусловлено</td><td>Различием состава смежных слоев</td></tr>
<tr><td>Появлением примеси на граничащих поверхностях (глина, растительный детрит и др.)
Наличием плоскостей отдельности</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Обособленных слоев нет (слоеватость)</td><td colspan="2">Ориентировка основных компонентов породы (сплошная слоеватость)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ориентировка включений или отдельных компонентов породы</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ритмическая сортировка материала слоя или слойка</td></tr>
<tr><td colspan="3">Изменение внутренней текстуры (только для пластов и слоев, но не для слойков)</td></tr>
</table>

4. Повторяемость слоевых единиц

Повторяемость слоевых единиц появляется в результате периодичности процесса седиментации.

Повторяемость слойков — обязательный, всегда присущий им признак, он входит в само понятие слойчатости, и поэтому для слойков их повторяемость специально не оговаривается.

Что же касается слоев и пластов, то для определения их повторяемости в разрезе существуют два термина: «ритм» и «цикл». До сих пор нет достаточно четких различий между этими понятиями. Многие исследователи, неправильно понимая слово цикл как «замкнутый круг», предпочитают употреблять выражения «ритм» и «ритмичность». А между тем именно ритм есть простая повторяемость небольшого количества каких-либо сходных элементов, в то время как цикл — понятие более сложное — он обозначает определенный этап развития и состоит из ряда элементов, идущих друг за другом в определенной закономерной последовательности; такие этапы развития тоже повторяются, причем смежные циклы хотя и сходны между собой, но не тождественны[1].

Термин «ритм» был предложен Н. Б. Вассоевичем для обозначения повторяемости из двух или трех простых элементов (слоев) во флишевых толщах. Термин «цикл» получил широкое развитие в угольной геологии, где он обозначает последовательную смену отложений различных фаций (Бот-

[1] Сравним, например, с употреблением этих слов в других областях: ритм в музыке, ритм пульса; циклы производства, циклы лекций и т. д.

винкина, 1953). Мы считаем необходимым разграничивать эти понятия и предлагаем следующие определения ритма и цикла применительно к литологии.

Р и т м — относительно просто построенный ряд отложений, идущих друг за другом в определенной последовательности, которая неоднократно повторяется. Чем проще построены ритмы, тем обычно они более сходны друг с другом в образуемой ими единой ритмической толще. По объему ритмы могут быть весьма различны. Слойки, пачки слойков и группы пачек всегда являются ритмами. В этом случае ритм равен части слоя или слою. Кроме того, ритмы могут состоять из небольшого количества слоев разных пород, но сформировавшихся внутри единой фациальной обстановки (примеры — см. раздел IV, 3). Именно в этом случае наиболее целесообразно пользоваться термином «ритм».

Ритм является элементарной стратификационной единицей, возникающей в результате периодичности осадконакопления низшего порядка. Образование ритмов определяется главным образом процессами, непосредственно связанными с самой седиментацией, и зависящими от ее механизма, а также от сезонных, климатических и других периодических изменений условий образования осадка (Ботвинкина, 1963).

Ц и к л — комплекс отложений, связанных определенной направленностью изменения, зависящей от смены фациальных условий осадконакопления, которые определяются обычно региональными внешними причинами (часто имеющими тектоническую природу). Циклы повторяются в разрезе, но не однотипно, а лишь более или менее сходно, отражая эволюцию развития данного района на фоне цикличности следующих порядков. При этом циклы следующего порядка подчиняются тем же закономерностям, что и циклы более низшего порядка. Циклы всегда состоят из смены слоев или пластов. Они являются элементами высшей периодичности седиментации.

Таким образом, термины ритм и ритмичность лучше употреблять при повторяемости низших слоевых единиц — пачек слойков и слоев (повторяемость самих слойков всегда ритмична, поэтому говорить «ритмическая слойчатость» нет смысла). Для повторяемости слоевых единиц высшего порядка — пластов и слоев[1] — лучше употреблять термины «цикл» и «цикличность». Некоторое сопоставление этих явлений и причин, их обусловливающих, приведено в разделе V, а относящаяся к ним терминология показана в табл. 3. Седиментационные ритмы могут быть построены различно (фиг. 7 и табл. 4), образуя закономерную последовательность наслоения.

Таблица 3

Название слоистых текстур слоя, пласта и осадочной толщи

	Внутри одного слоя породы	Внутри пласта сложного строения	Осадочной толщи
Название внутренней слоистой текстуры	Слоистость породы или слойчатость	Слоистость, ритмичность	Слоистость, напластование, ритмичность, цикличность
Название слоевых единиц	Слоек, пара слойков; лента, пачка слойков; серия слойков; группа серий	Слой; ритм (может быть частью пласта или равен пласту, а сам состоять из слоев)	Слои, пласты, ритмы, циклы

[1] Следовательно, слои могут образовывать и ритмы и циклы.

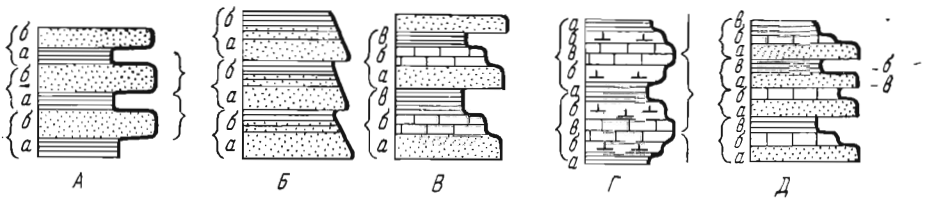
Таблица 4

Классификация слоистости по последовательности наслоения и чередованию слоевых единиц

Характер последовательности слоевых единиц				Тип слоистости	Тип периодичности
Правильная закономерная последовательность наслоения	Ритмичная	Простая повторяемость слоевых единиц		Слойчатость, реже стратификация	Ритмичность
		Направленно изменяющаяся слоистость *	Прерывистая (скачкообразная)	Слойчатость и стратификация	Ритмичность и цикличность
			Непрерывная (маятниковая)	Реже слойчатость, чаще стратификация	Ритмичность и цикличность
	Направленно изменяющаяся, но неритмичная			Стратификация	Крупная цикличность или отсутствие периодичности
Неправильная смена слоев или пластов				Только стратификация	Отсутствие периодичности

* Может быть неполной, если некоторые элементы ритмов выпадают.

1. Простая ритмичная повторяемость обычно двух (редко более) элементов без их направленного изменения. Такая простая повторяемость весьма типична для слойчатости (например, многократное чередование песчаных и глинистых слойков), но может быть присуща и стратификации (когда отмечается ритмичное повторение одинаковых слоев с отчетливо выраженными границами). При простой повторяемости границы ритмов можно проводить, начиная с любого элемента (фиг. 7, *А*).



Фиг. 7. Типы ритмической слоистости.

а, *б*, *в* — слои; скобками показаны выделяемые ритмы: *А* — простая повторяемость; *Б*, *В*, *Г* — ритмическая, направленно изменяющаяся, причем *Б* и *В* — прерывистая, скачкообразная (*Б* — с постепенным переходом между слоями, *В* — с отчетливой сменой разных слоев внутри ритма), *Г* — непрерывная, «маятниковая»; *Д* — неполная ритмичная (частный случай *В*), справа буквами показаны «выпавшие» слои.

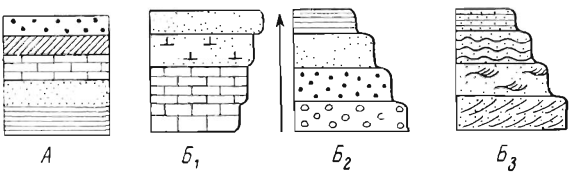
Жирные линии на рисунках справа подчеркивают характер хода осадконакопления

2. Ритмичное направленное изменение слоевых единиц; направленно изменяющаяся ритмичность может быть либо прерывистой, либо непрерывной.

а) Прерывистая (скачкообразная) ритмичность возникает тогда, когда на границе ритмов происходит резкое изменение составляющих его элементов; при этом начало нового ритма сходно с началом предыдущего, но

конец каждого ритма отличается от его начала. Внутри же ритма составляющие его элементы либо постепенно переходят один в другой (фиг. 7, *Б*), либо сменяют друг друга в определенной последовательности (фиг. 7, *В*). Ритмы этого рода могут состоять из двух-трех элементов и более и границы их однозначно выделяются по резкой смене отложений («скачку» в седиментации). Данный тип ритмичности наиболее распространен; он присущ и слоистости пород (ленты, пачки, группы серий), и слоистости осадочных толщ (ритмически построенные толщи флиша, отложения водоемов аридных зон, соленосных толщ и др.).

б) Непрерывная («маятниковая») ритмичность, выявляемая по наличию постепенного изменения пород попеременно — сначала в одном направлении, а затем в другом, противоположном. При этом начальные и конечные



Фиг. 8. Различные типы чередования слоев в разрезе.

А — наслоение без какой-либо закономерности; *Б* — наслоение направленно изменяется (но не ритмичное) (*Б*$_1$ — изменение состава породы, *Б*$_2$ — изменение структуры породы, *Б*$_3$ — изменение текстуры породы)

части ритмов сходны и границы их нерезкие (нет скачков); кроме того, сходны и средние части ритмов, поэтому ритмы могут быть выделены в двух вариантах (фиг. 7, *Г*). Ритмы такого рода состоят из трех элементов и более. Этот тип ритмичности встречается реже; он отмечен в различных карбонатных толщах (известняках, доломитах). «Маятниковая» ритмичность более характерна для стратификации толщ, чем для слойчатости пород.

Если описанные выше ритмы разных типов полные, т. е. если в них повторяются все слагающие их элементы (фиг. 7, *А*, *Б*, *В*, *Г*), то такая ритмичность сразу бросается в глаза, особенно если мощность ритмов невелика и достаточно постоянна. Но в природе во многих случаях наблюдается редуцирование, а иногда и полное выпадение некоторых элементов ритмов (фиг. 7, *Д*). В таких более сложно построенных разрезах подметить и выделить ритмы труднее, особенно если различаются также и мощности сходных элементов ритмов. Однако и в этих случаях, при внимательном рассмотрении особенностей строения слоев пород, их последовательной смены, и переходов одного в другой, все же удается подметить ритмичность седиментации. Такая сложная неполная ритмичность присуща только смене слоев и пластов (стратификации), но не характерна для смены слойков (слойчатости).

Сказанное выше о типах ритмов можно отнести и к циклам. Отметим только, что простая повторяемость для циклов не характерна, для них типично именно направленное изменение составляющих цикл элементов; чаще оно бывает прерывистым, реже непрерывным. В циклах еще в большей степени, чем в ритмах, устанавливается разнообразие их строения в результате выпадения отдельных элементов и изменения мощностей слоев.

Закономерная последовательность наслоения иногда может выражаться в направленном его изменении, но без периодического повторения слагающих его элементов (фиг. 8, *Б*). Однако такая направленно изменяющаяся толща пород при дальнейшем изучении может оказаться частью какого-то крупного седиментационного цикла, мощность которого больше мощности изученного разреза. Наконец, в ряде разрезов бывает видна столь непра-

вильная смена слоев и пластов, что какую-либо закономерность в развитии осадконакопления подметить не удается (фиг. 8, *А*).

Особенности циклического строения осадочных толщ целиком связаны с закономерностями напластования, поэтому их изучение неотделимо от изучения стратификации, т. е. от вопросов, которые мы в данной работе не разбираем, а касаемся лишь попутно. В последних ее разделах мы еще вернемся к ним при рассмотрении методики фациально циклического анализа и значения выделения ритмов и циклов осадконакопления при различных геологических исследованиях.

Раздел II

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СЛОИСТОСТИ, ПРИЧИНЫ ЕЕ ПОЯВЛЕНИЯ И МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ СЛОЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СЛОИСТОСТИ

1. Причины возникновения слоистости

Образование слоев и пластов в осадочных толщах и слойков внутри породы вызывается разными причинами. Слои и пласты образуются действием факторов, преимущественно как бы внешних по отношению к осадку. К ним относятся: изменения количества и состава поступающего в осадок материала (в зависимости от изменения условий в области сноса, климата и других причин), изменение осадка в связи с миграцией фаций вследствие различного положения береговой линии (что может быть обусловлено тектоническими движениями), изменение гидродинамических условий в водоеме, перерывы в осадконакоплении и другие причины (см. табл. 5). Что же

Таблица 5

Различные внешние причины, вызывающие образование слоев и пластов
(редко — слойков)

Отдаленные	Более общие	Тектонические движения, вулканизм, изменения обстановки в области сноса, солнечная радиация и др.
	Более частные	Миграция береговой линии, изменение морфологии суши, климатические изменения и др.
Непосредственно связанные с осадком		Смена фаций, резкое изменение поступающего в осадок материала, изменение скорости седиментации, сезонные изменения (разного масштаба). Перерывы в осадконакоплении, размывы, растворение уже отложенного осадка

касается слойков, составляющих внутреннюю текстуру породы, то они формируются действием процессов, под влиянием которых образуется и сам осадок (табл. 6), т. е. большей частью непосредственно связанных с осадком.

Основные факторы седиментации, создающие слоистость (слойчатость) осадка, следующие:

1. Сортировка осадка при его выпадении (из механической взвеси, кристаллов из химического раствора, свертывающихся коллоидных частиц или органических остатков). Под влиянием силы тяжести любой осадок стремится лечь горизонтально и параллельно, сортируясь по размеру и

Таблица 6

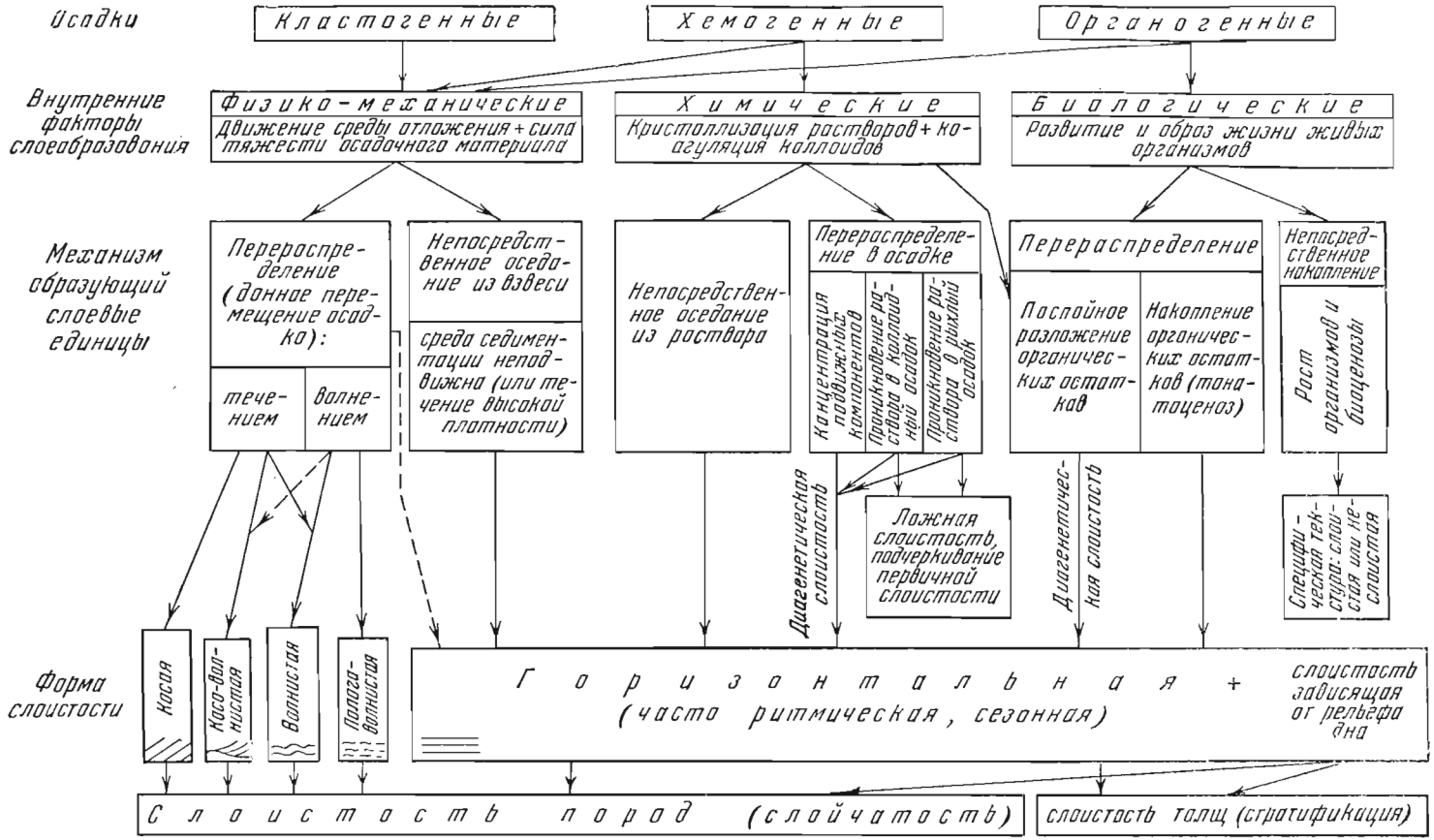
Зависимость слоеобразования от различных внутренних причин, непосредственно связанных с формированием осадка

Более общие факторы		Более частные факторы (механизм слоеобразования)		Результат (стратификационные элементы)
Физико-механические	Динамический режим среды осаждения	Течения	Скорость Направление Постоянство Нагрузка	Преимущественно слойки, в меньшей степени слои
		Волнения	Интенсивность волнений Амплитуда смещения волн	
		Неподвижная среда осаждения		
	Распределение материала в осадке	Сортировка по весу (и по размеру)		
		Распределение неизометричных частиц осадка		
		Различная упаковка зерен		
Химические	Кристаллизация растворов, коагуляция коллоидов, проникновение растворов в осадок	Непосредственное выпадение осадка из раствора		Слои и слойки
		Перераспределение и изменение в осадке	Послойная концентрация различных веществ, имеющихся в осадке	Диагенетическая слоистость (слои и слойки)
			Реакция между осадком и проникающим раствором	
Биологические	Недостаточно изучены	Послойное разложение органических остатков (главным образом растений) Скопления органогенных остатков Рост живых организмов (образование рифов и др.)		Слойки, слои и пласты

весу. При этом горизонтальная слойчатость внутри породы возникает в результате периодичности действия преимущественно внешних факторов седиментации, из которых наибольшее значение имеют сезонные изменения.

2. Перераспределение выпавшего осадка по дну в результате движений придонной части среды отложения: течений (образующих донные валы и ряби течения) и волнений (образующих волновую рябь разного размера). Пульсирующий характер этих движений создает слойчатость косую и волнистую.

3. Перераспределение и изменение составных компонентов уже выпавшего осадка при диагенезе (в том числе разложение органических остатков),



Фиг. 9. Схема зависимости морфологического типа слоистых текстур от различных внутренних факторов и механизма слоеобразования

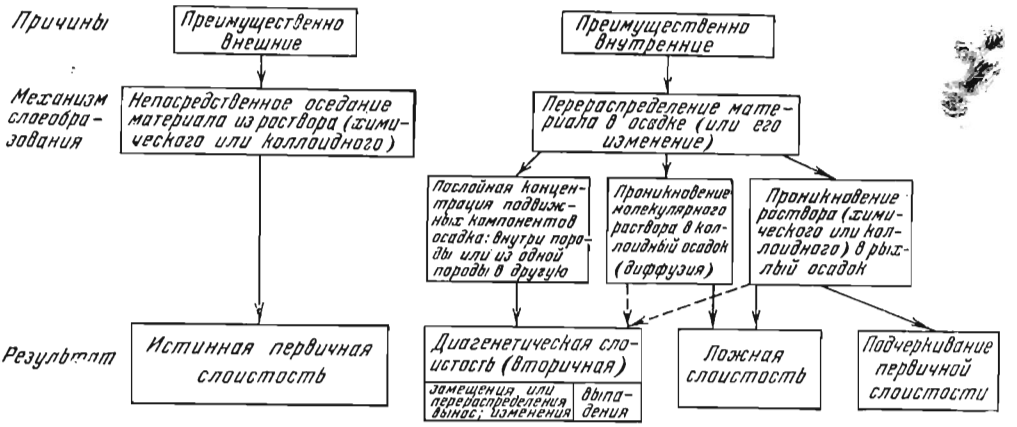
который приводит к образованию диагенетической или смешанной седиментационно-диагенетической слоистости.

4. Развитие и рост живых организмов, нарастание их на дне (образование биогенной слоистости).

5. Пульсационная подача в осадок иного материала (например, вулканогенного).

Перечисленные факторы, действуя в различных фациальных и климатических обстановках, создают все многообразие слоистых текстур, которые мы видим в природе.

То обстоятельство, что основные факторы, формирующие слоистость (сила тяжести, движение среды и др.), действовали и в более древние геологические эпохи, позволяет сравнивать происхождение текстур в отложениях



Фиг. 10. Схема зависимости текстуры хемогенных отложений от механизма их образования

различного возраста. Зависимость формы слоистых текстур от механизма и разных факторов седиментации показана на схеме (фиг. 9).

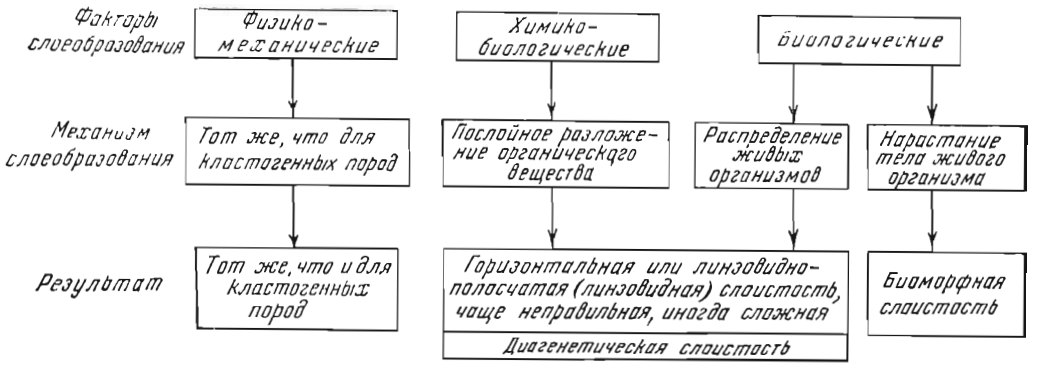
Слоистость кластогенных отложений формируется в основном под воздействием различных физико-механических факторов седиментации; она наиболее разнообразна по форме, которая отражает особенности гидродинамического (или аэродинамического) режима, существующего в той или иной фациальной обстановке.

Слоистость хемогенных образований обусловлена химическими процессами, протекающими при выпадении осадка из раствора или внутри него, непосредственно после выпадения; по форме она обычно бывает горизонтальной. Однако если уже выпавшие из раствора минеральные зерна или сгустки коллоидов перераспределяются в результате движений среды отложения, то слоистость в них образуется, подчиняясь тем же физико-механическим законам, как и слоистость обломочных отложений (поэтому, например, в известняках или доломитах может возникнуть косая слоистость). Химическое перераспределение материала в осадке и его изменение вызывает появление диагенетической слоистости, которая часто подчеркивает первичную слоистость, но иногда создает ложную слоистость (фиг. 10). Органические осадки либо имеют текстуру, обусловленную образом жизни и особенностями развития слагающих их организмов (биоморфные текстуры), либо их текстура образуется так же, как и текстура обломочных отложений — при выпадении в осадок органических остатков или детрита и их перераспределении (фиг. 11). Однако при этом различная форма органических остатков придает образующимся текстурам (в отличие от обломочных пород) некоторую специфичность. Кроме того, для органогенных и хе-

могенных отложений большую роль играет образование диагенетической слоистости (о которой будет сказано ниже, в разделе III).

Итак, спокойная седиментация без перераспределения осадка создает горизонтальную слоистость, а перераспределение его течениями и волнениями — слоистость косую и волнистую. Эти три типа слоистости, отвечающие трем состояниям среды отложения, являются основными простыми типами.

Однако слабые течения (иногда в комбинации со слабыми волнениями) образуют на поверхности осадка разного рода ряби, дающие в разрезе слоистость косо-волнистую (с волнистыми границами серий и косыми слойками внутри серий), переходную между косой и волнистой слоистостью. Слабые



Фиг. 11. Схема зависимости текстуры органогенных отложений от механизма их образования

волнения создают слоистость полого-волнистую, являющуюся переходной от волнистой к горизонтальной. Таким образом, косо-волнистая и полого-волнистая слоистости являются переходными типами как по форме, так и по механизму образования.

Все эти простые типы слоистости образуются при нормальном количестве взвеси в воде.

Если же течение несет очень большое количество взвеси и мути (эти течения называются мутевыми), то поток имеет столь высокую плотность, что течет как вязкая жидкость. Такие потоки способны переносить во взвеси разнообразный по размеру и грубый материал, выпадающий на дно при потере скорости; в результате этого в грубозернистом осадке даже при наличии течения образуется слоистость горизонтальная, а не косая. Этот случай будет разобран особо.

2. Механизм формирования основных типов слоистости и их признаков

Рассмотрим очень кратко[1] механизм формирования различных типов слоистости.

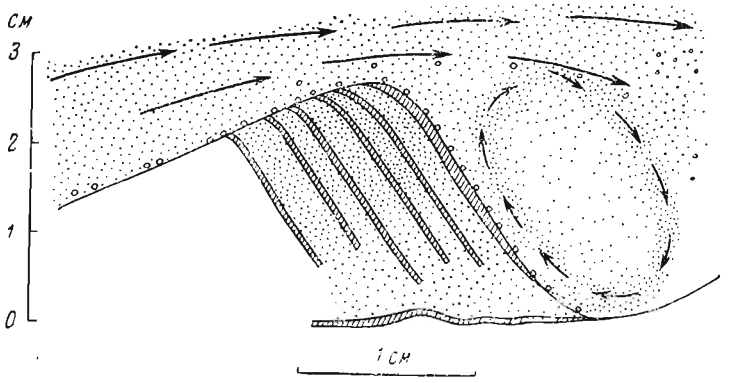
Косая слоистость

Известно, что выпавший осадок при наличии течений (водных или воздушных) передвигается волочением (частично с переходом во взвесь), образуя более или менее вытянутые валы разного размера, высотой от единиц сантиметров до нескольких метров (и даже десятков метров). Валы эти имеют асимметричную форму: склон вала, расположенный против течения, более пологий и длинный, склон по течению — более крутой и короткий. Осадочный материал все время переносится течением с пологого склона на крутой,

[1] Более подробно и детально этот вопрос рассмотрен в предыдущей работе автора (1962).

в результате чего последний все время наращивается; поэтому валы как бы передвигаются вниз по течению.

Механизм формирования слойков на крутом склоне показан на фиг. 12. Появление слойков, чередование в последних более грубозернистого и более тонкозернистого материала (т. е. слойчатость) обусловлено тем, что скорость течения не бывает постоянной, а состоит из чередования максимумов и минимумов — так называемых «мгновенных скоростей», т. е. имеет пульсирующий характер. При действии максимальной мгновенной скорости происходит размыв верхнего склона, частицы переходят во взвешенное состояние, а наиболее тяжелые и крупные перекатываются по поверхности



Фиг. 12. Образование косых слойков на переднем, крутом склоне песчаного вала (по А. А. Вейхеру, 1948)

валика. Достигая гребня, влекомые частицы падают вниз, создавая наклонный песчаный слоек. Наиболее крупные частицы обычно скапливаются у основания валика и частично в подвалье (так же, как и тяжелые минералы). Взвешенные частицы проносятся над гребнем и на некотором расстоянии попадают в область подвального завихрения. Ток завихрения, направленный вниз, увлекает тонкие взвешенные частицы, а также пластинчатые минералы, которые оседают на дне подвалья. Тонкие фракции частично оседают в подвалье, частично же уносятся завихрением вдоль нижнего склона валика; там они либо оседают, либо вновь попадают в круговорот завихрения, либо уносятся дальше надгребневой струей.

Когда мгновенная скорость становится минимальной, размыв верхнего склона прекращается, во взвеси остаются только пылевато-глинистые частицы, а волочением передвигаются лишь частицы мелких фракций. Скорость подвального завихрения также уменьшается. При этом в подвалье, так же как и на крутом склоне вала, оседают пылевато-глинистые частицы. Чем дольше удерживается минимальное значение скорости, тем значительнее будет мощность слойка, состоящего из тонкозернистого осадка. При последующем возрастании мгновенной скорости образуется новый косой слоек, а в подвалье постепенно возникает основание косослоистой серии либо в виде горизонтального вытягивания косых слойков (обычно при относительно более тонкозернистом осадке), либо в виде почти неслоистого осадка, в котором как бы «тонут» концы косых слойков (обычно при более грубозернистом и менее отсортированном осадке, в котором более мелкие фракции распределяются в пространстве между более крупными зернами).

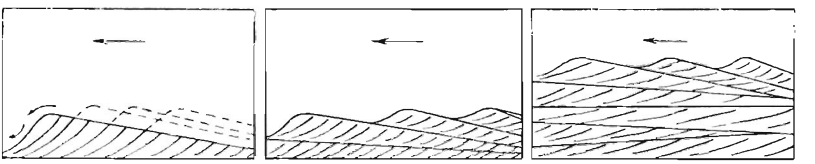
Наращивание крутого склона вала все новыми и новыми слойками образует одну косослоистую серию, а наползание одного вала на остатки другого — налегание ряда косослоистых серий (фиг. 13). Слияние последовательно наползающих друг на друга валов образует отмели, косы, бары и другие аккумулятивные формы.

Мощность серии слойков — это высота оставшейся части донного вала; чем она больше, тем, очевидно, крупнее были валы и, следовательно, тем большей была сила течения, их создававшего.

Падение каждого косого слойка указывает на направление течения в данном месте во время его формирования. Это послужило основанием для разработки метода определения направления потоков (при палеогеографических построениях) путем массовых замеров азимутов падения косых слойков.

Время образования границ косослоистых серий может быть различным по отношению к формированию самих серий:

1. Если течение было очень выдержанным, то происходило одновременное формирование ряда косослоистых серий и их границ за счет срезания



А Б В

Фиг. 13. Образование косослоистых серий в осадке.

А — передвигание одного косослоистого песчаного вала; *Б* — наползание косослоистых валов на оставшиеся части валов, идущих впереди; *В*— конечный результат — группа налегающих друг на друга косослоистых серий. Стрелка показывает направление течения

пологого склона вала и наползания валов друг на друга. При этом образовывался ряд косослоистых серий с параллельными границами. Слойки этих серий имеют примерно одинаковое падение. Этот случай более редкий.

2. Если течение время от времени несколько смещалось и изменяло свое направление, то происходил дополнительный размыв и срезание серии косослоистого осадка под некоторым углом к ее нижней границе. Благодаря этому серия приобретала клиновидную форму. Выше нее формировалась новая косослоистая серия, но уже с несколько иным направлением падения косых слойков (в вертикальной плоскости разреза это заметно по изменению угла наклона слойков). Верхняя граница косослоистой серии образуется хотя и вскоре после формирования последней, но все же не одновременно с ней. Этот случай весьма частый и наблюдается в разных обстановках.

3. Резкое усиление скорости течения или изменение его направления может привести к размыву и полному уничтожению ряда косослоистых серий. Выше границы размыва при новом падении скорости опять начнут формироваться косослоистые серии, причем нижняя граница этой группы серий будет отвечать уже некоторому перерыву в отложении осадка. В этом случае группа вновь образующихся (выше размыва) серий чаще имеет наклон границ, резко отличный от предыдущих. Размывы сокращают мощность лежащих ниже серий, так что в этом случае ее нельзя считать истинным показателем величины донных валов.

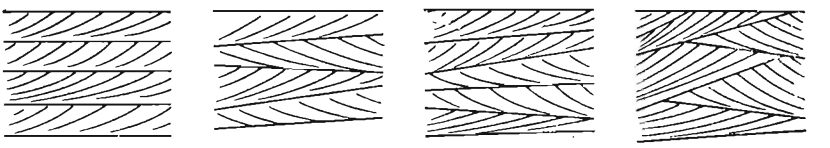
Итак, наличие косой слоистости в осадке указывает на формирование осадка при поступательном движении среды отложения, т. е. течении (водном или воздушном), а мощность серий — на его скорость.

Как же, однако, перейти от определения общего механизма седиментации к выяснению различий фациальных условий? Как различить, например, косую слоистость, формируемую морским или речным течением? И существуют ли такие различия вообще?

В зависимости от фациальной обстановки признаки косых слойков и косослоистых серий различаются в деталях, которые обусловлены уже частными особенностями именно данной среды отложения. В ряде случаев причины их возникновения еще не вполне ясны, однако и эмпирически установ-

ленные связи дают основание для использования признаков слоистости в качестве одного из фациальных признаков. Разберем эти признаки по порядку (см. табл. I, II, III на стр. 44—46).

1. Соотношение границ серий может быть параллельное и непараллельное, причем срезание может быть более слабым, с образованием серий клиновидной формы, и более сильным, с образованием как бы перекрестных серий, с границами, падающими в разные стороны (фиг. 14). Параллельность серий указывает на бо́льшую величину и протяженность песчаных валов и на выдержанность направления течения во времени. Клиновидный характер серий указывает на некоторые изменения направления течения и частичный плоскостной смыв ранее отложенной косослоистой серии. Перекрестные серии формируются при резком изменении направления течения, часто сопровождаемого и изменением его скоростей.



Фиг. 14. Соотношение границ серий и слойков в ряде смежных серий.

А — границы серий параллельны, слойки имеют одинаковое направление; *Б* — границы серий смещенные, серии имеют клиновидную форму ($Б_1$ — слойки попеременно-разнонаправлены в смежных сериях, $Б_2$ — слойки разнонаправлены без отчетливо видной закономерности); *В* — границы серий сильно смещенные, перекрестные, слойки разнонаправленные в смежных сериях

Таким образом, соотношение границ можно принять за относительный показатель выдержанности или изменчивости направления струй течения.

2. Форма границ серий может быть в разрезе ровная, прямолинейная, но чаще бывает в большей или меньшей степени изогнутой. Недостаточное количество наблюдений над зависимостью этого признака от фациальных условий пока не позволяет говорить о его генетическом значении.

3. Направление слойков в смежных сериях указывает на степень выдержанности направления течения. Наиболее выдержанный поток формирует однонаправленную косую слоистость (фиг. 14, *А*), представленную рядом налегающих друг на друга косослоистых серий, слойки в которых (в одном вертикальном разрезе) падают в общем в одном направлении лишь с несколько меняющимся углом падения[1]. Замеры азимутов падения косых слойков обнаруживают их колебания примерно в пределах 90°. Некоторое изменение углов падения в смежных сериях бывает обусловлено тем, что в любом однонаправленном потоке, в силу его турбулентности и по ряду других причин, в каждой его точке направление отдельных струй все же несколько изменяется.

Однонаправленная слоистость характерна для континентальных потоков (так как они никогда не «текут вспять») и для некоторых морских течений. В этом типе иногда попадаются единичные серии с падением слойков, обратным общему направлению, но они являются исключением, и косые слойки в них обычно очень пологие.

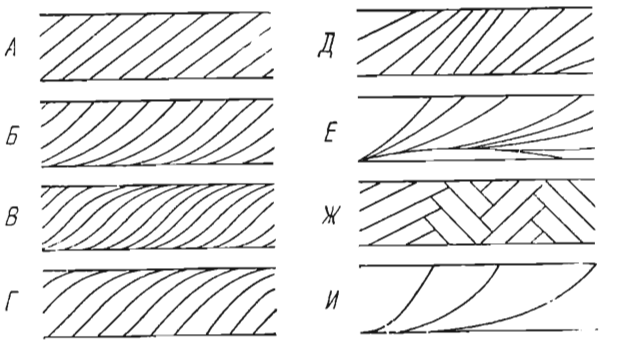
[1] Некоторые исследователи однонаправленной слоистостью называют одинаковое направление слойков в одной косослоистой серии. Это неправильно, так как внутри одной серии косые слойки всегда имеют одно и то же направление. Однонаправленной можно называть слоистость только тогда, когда видно несколько смежных серий с одним и тем же направлением слойков в них.

Более резкое изменение направления течения вызывает появление разнонаправленной слоистости, которая может быть попеременной, беспорядочной и веерообразной.

Попеременно-разнонаправленной называется слоистость, при которой косые слойки в смежных сериях имеют падение в противоположные стороны. Такая слоистость формируется морскими течениями периодически переменного направления чаще в прибрежной зоне (фиг. 14, $Б_1$).

Беспорядочно-разнонаправленной (фиг. 14, $Б_2$ и $В$) называется слоистость, при которой в вертикальном разрезе мы видим в разных сериях падение слойков в разные стороны без какой-либо определенной закономерности.

Однако замеры азимутов падения косых слойков часто позволяют выделить в этой разновидности веерообразно-направленную слоистость, если азимуты направлений падения косых слойков изменяются в пределах около 180°, а построенная роза-диаграмма (см. раздел III) дает рисунок веера. Такой тип слоистости характерен, например, для дельтовых отложений.



Фиг. 15. Форма слойков и их соотношение внутри одной серии.

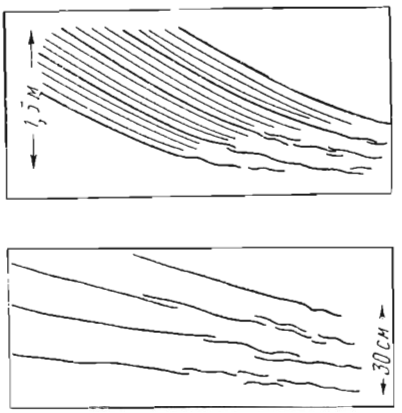
А — прямолинейные параллельные; *Б* — вогнутые сходящиеся внизу (подстилающие); *В* — вогнуто-выпуклые, S-образные, сходящиеся вверху и внизу; *Г* — выпуклые, сходящиеся вверху (редкий случай); *Д*, *Е*, *Ж* — сложное соотношение слойков: *Д* — слойки прямолинейные, клиновидно сходящиеся вверху и внизу, *Е* — слойки вогнутые, пучковидно сходящиеся внизу, *Ж* — перекрещивание слойков в виде «слочки» внутри одной серии (случай редкий); *И* — разная степень вогнутости слойков: показаны слоек слабовогнутый у основания, плавно выполаживающийся, и с растянутой выполаживающейся частью у основания серии

Беспорядочно-направленная слоистость образуется при растекании струй в разных направлениях. Однако если в разрезе видна беспорядочно-направленная слоистость, то следует внимательно посмотреть, нет ли тут наложения разных генетических типов, сменяющих друг друга во времени; если это так, то их обязательно следует разграничить, а при замерах — замерять раздельно.

Направленность косых слойков является существенным генетическим признаком, так как она теснейшим образом зависит от специфики динамических условий, существовавших в данной области седиментации. Изменчивость серий и их разнонаправленность в одном разрезе, т. е. различные направления падения слойков в верхних и нижних сериях, указывают на изменчивость направления течения потока (для данного одного пункта) во времени. Эту изменчивость не следует путать (как иногда бывает) с различным направлением потока на площади в результате меандрирования. Последнее выявляется замерами азимутов падения слойков в разных пунктах, но для узкого стратиграфического горизонта, отвечающего небольшому интервалу времени.

4. Форма косых слойков бывает прямолинейной, вогнутой, вогнуто-выпуклой (или S-образной) и выпуклой (фиг. 15). Наиболее распространена вогнутая форма слойков, наименее — выпуклая, так что по направлению изогнутости слойка часто можно судить о том, где находится низ, а где верх слоя. Слойки вогнутой формы могут быть обнаружены в отложениях почти всех фаций и поэтому вогнутость слойков сама по себе не является генетическим признаком.

Однако характер вогнутости может быть различным (табл. I, фиг. 15, *И*): слойки могут быть почти прямолинейными и вогнутыми только у основания, плавно вогнутыми на всем протяжении и, наконец, могут очень сильно и постепенно выполаживаться у основания. При этом слойки первого и особенно последнего рода наблюдаются преимущественно в морских отложениях, плавно вогнутые слойки полифациальны. Причина этого пока не совсем ясна и требует выяснения, в первую очередь, экспериментальным путем. Выпуклые формы слойков изредка встречаются в эоловых отложениях.



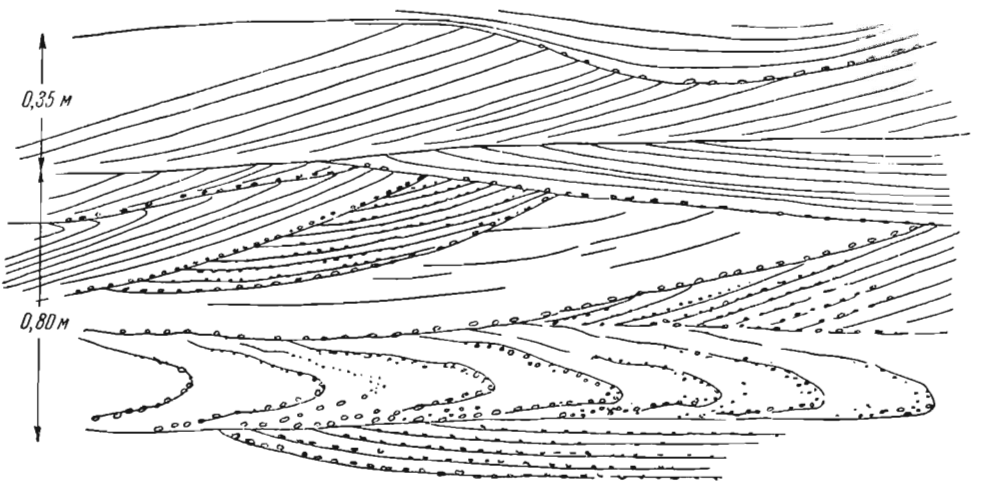
Фиг. 16. Усложнение волнением формы косых слойков у их основания в морских песчаных отложениях.

Вверху — косые слойки образуют пачки

Прямолинейная слоистость с прямыми, параллельными друг другу слойками больше свойственна континентальным отложениям: эоловым, временных и речных потоков, а из морских — пляжевым; однако она может быть встречена и в других фациях. Что же касается слоистости S-образной — вогнуто-выпуклой, то она наиболее типична для отложений морских донных течений и служит для них хорошим генетическим признаком.

5. Иногда первоначальная форма косых слойков получает некоторое у с л о ж н е н и е: так, например, если при медленном формировании донного вала на его основание накладывается рябь волнения, то косые слойки у основания приобретают слабую волнистость (фиг. 16). Это характерно для отложений прибрежно-морских течений, дельт и баров, т. е. главным образом для прибрежных аккумулятивных форм, где на пологих склонах донных валов сказываются волновые движения воды.

В более грубозернистых гравийно-песчаных отложениях рек иногда наблюдаются завороты верхней части косых слойков в сторону, обратную их падению (фиг. 17). Так как в других отложениях это явление не было отме-

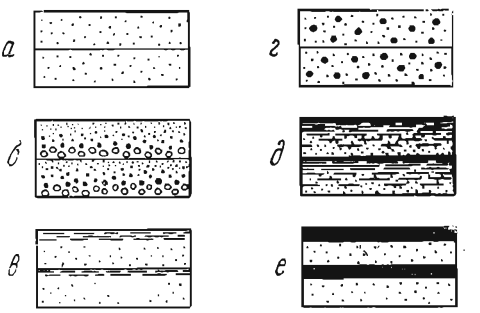


Фиг. 17. Заворот косых слойков в обратную сторону, видный в двух сериях; особенно отчетливо прослеживается по более грубозернистым слойкам. Песок разнозернистый (от грубозернистого до среднезернистого). Слоистость сильно смещенная, но слойки имеют падение в общем справа налево (однонаправленная). Речные отложения

чено, то с некоторой долей условности этот признак можно считать признаком именно речных отложений.

6. Соотношение слойков внутри серии в значительной степени определяется формой слойков (см. фиг. 15): прямолинейные слойки обычно параллельны, вогнутые — сходятся у основания серии (как бы «подстилая» друг друга, отчего в литературе такие слойки часто называют подстилающими), S-образные слойки сходятся вверху и внизу серии. Однако прямолинейные слойки могут еще образовывать группы, клиновидносходящиеся или внизу, или попеременно то вверху, то внизу (фиг. 15, *Д*). Если сходящиеся книзу слойки образуют как бы пучки внутри серии, то последние, по-видимому, возникли в результате некоторого небольшого изменения угла наклона слойков (его увеличения) по мере нарастания песчаного вала. Такое явление отмечалось в аккумулятивных формах прибрежно-морских отложений (барах, некоторых дельтах); при этом образование «пучков» сочетается обычно с пологими углами наклона слойков.

Попеременное клиновидное схождение слойков (сначала вверх, а затем вниз) характерно для песчаных отложений дюн, которые сначала нарастают в высоту, а потом в ширину. Сложное перекрещивание слойков в виде «елочки» характерно для эоловых отложений крупных продольных дюн, формируемых устойчивыми ветрами, дующими параллельно направлению дюн и как бы наметающими на них песок с боков.



Фиг. 18. Типы строения слойков (*а*, *б*, *в*, *г*) и их пар (*д*, *е*).

а — однородное; *б* — сортированное; *в* — двучленное; *г* — неоднородное; *д* — два слойка образуют пачку или ленту, в которой нижний, более грубозернистый слоек постепенно переходит в верхний, более тонкозернистый; *е* — два слойка образуют пачку или «пару слойков», но без постепенных переходов между ними (слойки обособлены). Такие ленты или пары слойков многократно повторяются в породе

7. Строение слойков может быть четырех типов (фиг. 18):

а) однородное — когда слойки сложены однородным материалом и отделены один от другого лишь плоскостями раздела, выраженными с разной степенью отчетливости. Такое строение характерно, например, для эоловых отложений;

б) сортированное — когда материал, слагающий слоек, изменяется по нормали от более крупнозернистого до более мелкозернистого. При этом наиболее распространена прямая сортировка (характерная для отложений речных и дельтовых), но встречается и обратная сортировка, когда более грубозернистый материал появляется вверху слойка (в эоловых отложениях). Резкое различие материала вверху и внизу превращает слоек в пачку (или в ленту) из двух слойков с постепенным переходом между ними (см. фиг. 18, *д*);

в) двучленное — когда в слойке как бы намечаются две части: например, вверху песчаного слойка появляется глинистая примесь; внизу слойка обнаруживается некоторое количество зерен слюды и т. д. Дальнейшее обособление этих двух частей также приводит к превращению двучленного слойка уже в пачку слойков, но с более резкой границей между слойками, чем в случае, описанном в пункте «б». Поэтому каждая пачка будет представлена «парой» слойков, хотя и тесно связанных, но в то же время обособленных друг от друга (фиг. 18, *е*);

г) неоднородное — когда слоек сложен неоднородным неотсортированным материалом. Границы слойков при этом видны плохо. Этот случай

более редкий; неоднородное строение свойственно более крупным слойкам в более грубозернистых породах — конгломератах, гравелитах.

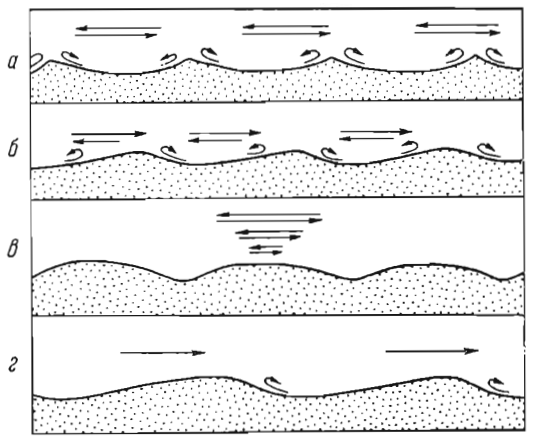
8. Расположение слойков внутри серии может быть равномерным или однородным, когда слойки одного состава имеют более или менее одинаковую мощность, и, наоборот, неравномерным, с беспорядочной последовательностью слойков различной мощности. Особо выделяется направленно изменяющееся расположение слойков, образующих пачки внутри серии.

9. Включения — более грубые зерна, гальки, конкреции (переотложенные или здесь сформировавшиеся), органические остатки (фауна и флора), некоторые минералы (слюда, глауконит, полезные ископаемые россыпей и т. д.) чаще располагаются послойно и, таким образом, выявляют и подчеркивают слоистость породы. Поэтому совершенно обязательно отмечать наличие включений, их относительное количество и расположение в слойке и серии (приуроченность к той или иной части — верхней, средней, нижней или беспорядочное их расположение и т. п.).

10. Мощность слойков[1] имеет небольшое значение с точки зрения использования признаков слойчатости при фациальном анализе. Она обычно колеблется в каких-то небольших пределах, в очень сильной степени зависящих от гранулометрии осадка. При этом изменения мощностей слойков внутри осадка одной фации могут быть значительно большими, чем изменения мощностей слойков из отложений разных фаций. Что же касается мощности серий слойков, то она отражает масштаб явления, силу течения, волнения, длительность накопления (для горизонтальной слойчатости) и поэтому имеет большее значение при фациальном анализе. Этот признак мы разберем при характеристике разных типов слоистости.

Волнистая слоистость

Многие признаки волнистой слоистости — размер серий, их смещение, форма и строение слойков и другие (см. табл. I, II, V) — сходны с аналогичными признаками косой слоистости, разобранными выше, и поэтому вторично разбираться не будут.



Фиг. 19. Механизм образования рябн (по Кюнену, 1950).

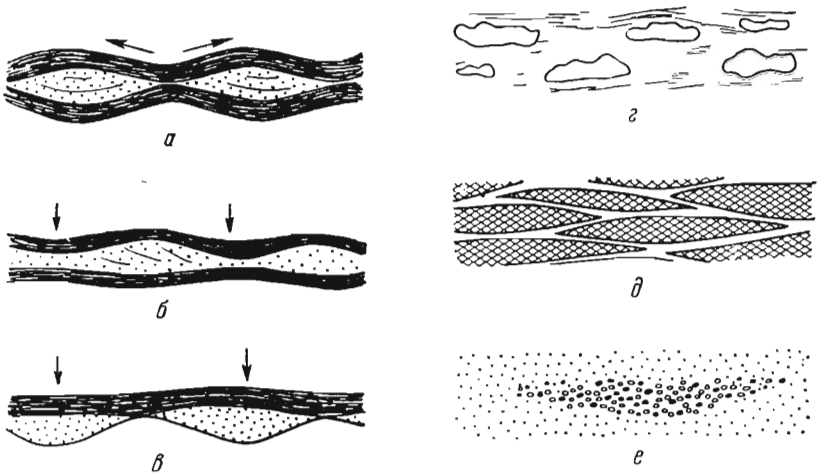
а — симметричная рябь волнений; *б* — асимметричная рябь волнений; *в* — симметричная рябь волнений, но с пологими выпуклыми гребнями и угловатыми впадинами (редкий случай); *г* — рябь течения

Весьма существенным специфическим признаком волнистой слоистости является степень ее симметричности.

Симметричная волнистая слоистость формируется волнениями, т. е. колебательными движениями вод (фиг. 19). Эта разновидность волнистой слоистости является очень хорошим фациальным индикатором, так как волновые движения сказываются на донном осадке в сравнительно ограниченной прибрежной зоне с глубинами от 0 до 200 *м*. На бо́льших глубинах даже сильные волновые движения затухают и не нарушают донного осадка.

[1] Классификация слоевых элементов — слойков, серий и слоев по их мощности и соответствующие термины приведены в табл. IV. Там же указаны термины для определения слоистости при резких границах слоев, выраженных плоскостями отдельности.

Наиболее крупная симметричная слоистость возникает в осадке в средней части этой зоны — там, где волнения уже сильные, но глубины моря еще не очень большие. По направлению к берегу слоистость становится мельче, так как на мелководье не возникает крупных волн и, следовательно, в осадке тоже не будет возникать крупной волновой ряби. В сторону открытого моря волнения усиливаются, но так как затухание волны с глубиной происходит в геометрической прогрессии, то даже крупные волны, достигая



Фиг. 20. Линзовидная слоистость, обусловленная различным механизмом образования:

а — волнением с попеременным правильным смещением гребней волн при периодическом поступлении в осадок разного материала; *б* — выпадением из взвеси с облеканием валиков ряби («запечатывание» ряби); *в* — выпадением из взвеси с захоронением материала во впадинах; *г* — биогенным путем — послойным линзовидным скоплением организмов (например колоний водорослей); *д* — в результате промывания торфяника проточными водами; *е* — при местном усилении эрозионной деятельности потока. *а* и *б* — преимущественно слойчатость; *в* и *г* — может быть и слойчатость и слоистость толщ; *д* и *е* — преимущественно слоистость толщ

дна, становятся небольшими и рябь волнения, образуемая ими, имеет небольшую длину волны и амплитуду. Таким образом, размер волнистой слоистости уменьшается от какой-то максимальной величины как в сторону берега (т. е. с уменьшением глубины), так и в сторону моря (с увеличением глубины). В континентальных водоемах правильная волнистая симметричная слоистость вообще встречается редко.

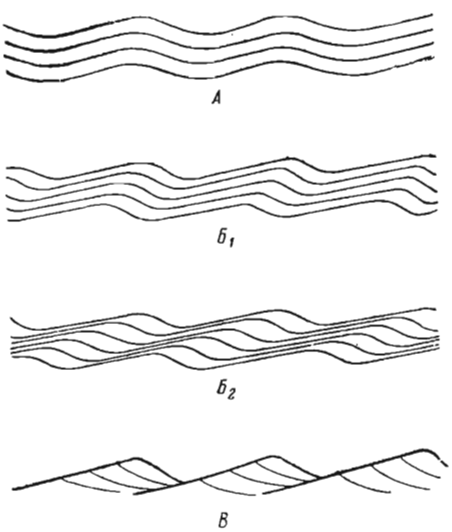
Волновые движения с малой амплитудой волн формируют пологоволнистую слоистость осадка, приближающуюся к горизонтальной.

Если у волнистой или у полого-волнистой слоистости от серии к серии гребни волн смещаются на расстояние, примерно равное половине длины волны, то при небольшой мощности серий может образоваться линзовидно-волнистая слоистость, у которой слойки или серии слойков в результате их срезания будут представлены цепочкой линз. Однако линзовидная слоистость может возникнуть и иным путем (показанным на фиг. 20).

Асимметричная волнистая слоистость иногда образуется в результате деформации волн при волновых движениях воды, но обычно возникает в результате действия слабых течений (иногда совместно со слабыми волнениями), обусловливающих появление на поверхности осадка асимметричной ряби. При этом, если положение гребней ряби устойчиво сохраняется, то в осадке возникает параллельная асимметричная слоистость (фиг. 21,*А*); однако этот случай довольно редкий. Обычно гребни ряби смещаются в большей или в меньшей степени. Чем больше это смещение, тем тоньше становится слоек осадка на пологом склоне ряби, вплоть до полного его исчезновения: при

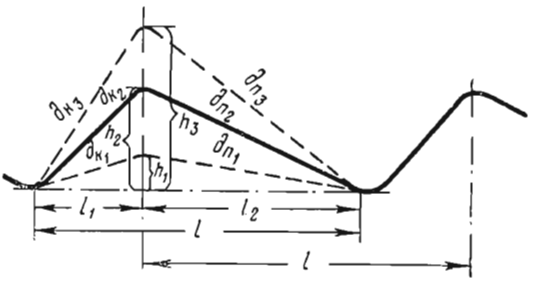
этом слоистость внутри валиков ряби превращается из асимметричной волнистой в косо-волнистую (фиг. 21,*В*), у которой границы серий волнистые, отражающие форму валиков ряби, а слойки в сериях — косые.

Для косо-волнистой слоистости характерна выдержанность размера серий внутри одного пласта и ее небольшой масштаб (обычно мелкая слоистость). Этот тип слоистости по внешнему виду сходен с косой слоистостью, у которой границы серий изогнутые (обычно вогнутые). Однако механизм формирования косой изогнутой слоистости (причем последняя может быть и крупной) иной, чем косо-волнистой, и форма границ ее серий определяется размывом, а не захоронением рельефа осадка (как в косо-волнистой). Поэтому при косой слоистости отсутствуют вогнуто-выпуклые формы границ серий (характерные для косо-волнистой слоистости ряби), а размер косо-волнистых серий бывает различным даже в смежных сериях. Косо-волнистая слоис-



Фиг. 21. Постепенное видоизменение ряби течения и переход слоистости из одной разновидности в другую в результате последовательного изменения соотношения мощности слойков крутого и пологого склонов

А — слойки параллельны, мощность их не изменяется (смещения гребней нет); *Б* — мощность слойков на крутом склоне больше, чем на пологом; гребни смещаются (*Б*$_1$ — слабое смещение, *Б*$_2$ — сильное смещение); *В* — материал накапливается только на крутом склоне, пологий склон как бы срезается в процессе перемещения валиков. *А* и *Б* — образуется волнистая слоистость; *В* — образуется косо-волнистая слоистость или мелкая косая, в зависимости от формы границ серий



Фиг. 22. Величины, определяющие рябь

l — длина волны (расстояние между валиками ряби, или длина валика ряби); h — высота ряби. Отношение $l : h$ — индекс ряби; $дп$ — длина полного склона ряби; l_2 — его проекция; $дк$ — длина крутого склона ряби; l_1 — его проекция. $l_2 : l_1$ — степень асимметрии или второй индекс ряби; $дп : дк$ — показатель асимметрии

тость, как правило, бывает прерывистой, а у косой изогнутой границы серий обычно резко очерчены на всем протяжении.

Резкое перемещение гребней волн приводит к образованию волнистой асимметричной мульдообразной перекрестной слоистости.

Если рябь имеет параллельные гребни, а скорость и направление течения постоянны, то смещение гребней и уничтожение пологого склона ряби приводит к трансформации волнистой асимметричной слоистости в косую параллельную мелкую слоистость ряби течений.

Параметрами, определяющими рябь, являются длина волны (равная длине валика ряби или же расстоянию между гребнями ряби) и ее амплитуда (равная высоте валика ряби; фиг. 22).

Для волнистой слоистости, как симметричной, так и асимметричной, принято определять индекс ряби, или отношение длины волны (l) к высоте (h), т. е. $l : h$.

Индексы ряби бывают весьма различными и могут указывать на обстановку формирования осадка. Так, например, для водных отложений индекс ряби значительно меньше (до 10—20), чем для эоловых (до 20—40 и более).

Кроме индекса ряби, для асимметричной слоистости существуют показатели степени ее асимметрии. Известный показатель — это горизонтальный индекс ряби, равный отношению проекции пологого склона ряби к проекции ее крутого склона ($l_2 : l_1$; см. фиг. 22); однако этот индекс зависит не только от степени асимметрии, но и от высоты валика ряби. Поэтому лучше определять показатель асимметрии, равный отношению длины пологого склона ряби (*дп*) к длине ее крутого склона (*дк*). Для симметричной слоистости его величина будет равна единице. Этот показатель определяет асимметричность независимо от высоты валиков осадка и, следовательно, независимо от масштаба слоистости.

Горизонтальная слоистость

Этот тип слоистости обычно формируется при отсутствии придонных движений воды путем выпадения осадка из взвеси или раствора. Поэтому на характере слоистости в сильной степени сказывается влияние не только внутренних, но и внешних факторов седиментации, в первую очередь сезонных изменений условий осадконакопления. Эти изменения часто имеют периодический характер (Лунгерсгаузен, 1956; Жемчужников, 1963 и др.), что во многом определяет особенности горизонтальной текстуры осадков.

Одним из наиболее существенных признаков горизонтально-слоистой текстуры является последовательность слойков внутри слоя породы и изменение их по мощности и составу. По этому признаку слоистость может быть равномерная, неравномерная и направленно изменяющаяся, когда слоевые элементы сменяют друг друга, подчиняясь определенной закономерности (например, каждый слоек снизу вверх становится все тоньше и тоньше, каждая пачка снизу вверх становится все более и более глинистой и т. д.). Иногда слоистость, равномерная по мощности, может быть неоднородной по составу и наоборот.

Следующим важным признаком слоистости является характер группировки слойков в слое: они или просто повторяются один за другим (простая слоистость), или группируются в повторяющиеся пачки (пачечная, ритмическая слоистость), или же образуют серии слойков, сходных по какому-либо признаку. Например, серия слойков мощностью 1—2 *мм*, затем идет серия слойков мощностью 5—7 *мм* и т. д. (такая слоистость называется серийной). Серийная горизонтальная слоистость встречается реже, более распространены простая и пачечная.

Соотношение разобранных двух признаков следующее (см. табл. VIII): при простой слоистости может быть равномерное, направленно изменяющееся и неравномерное распределение слойков (более характерны первое и последнее); при пачечной слоистости устанавливается аналогичное распределение пачек слойков, при этом для нее наиболее характерно направленно изменяющееся распределение пачек, в меньшей степени равномерное и, значительно реже, — неравномерное.

При наличии серийной слоистости чаще бывает неравномерное чередование серий, реже — равномерное и, совсем редко,— направленно изменяющееся.

Пример: если внизу слоя встречена серия слойков мощностью по 2—2,5 *см*, выше — серия слойков мощностью по 0,5 *см*, а еще выше — серия слойков мощностью 1—2 *мм*, то такую слоистость следует назвать серийной направленно изменяющейся, так как от серии к серии отмечается постепенное уменьшение толщины слойков.

Остальные признаки горизонтальной слоистости — строение слойков, четкость границ и другие — аналогичны описанным для косой и волнистой слоистости. При этом следует учитывать, что ряд признаков, характерных для косой и волнистой слоистости — углы наклона слойков и серий, соотношение слойков и серий,— естественно, исключаются для горизонтальной слоистости, при которой углы наклона слойков равны нулю, а соотношение слоевых элементов всегда параллельное (или к нему приближающееся в случае неправильно-горизонтальной слоистости).

3. Морфологическая классификация слоистости

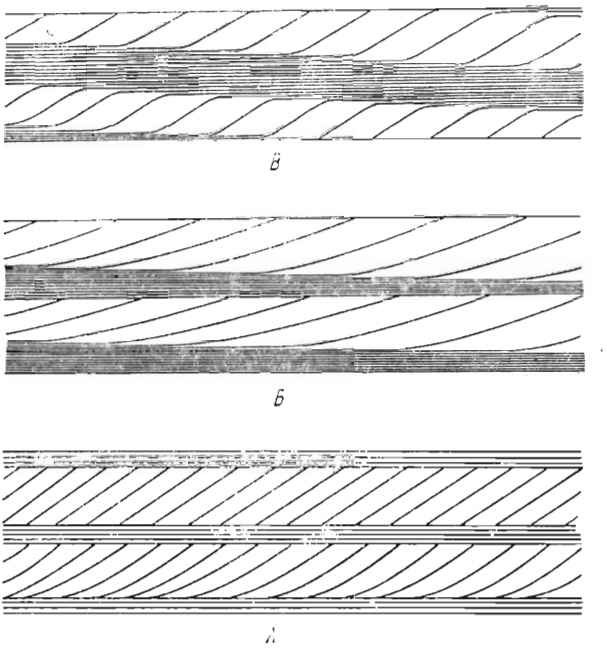
Признаками, определяющими все типы слоистости, являются форма слойков и их серий, их размер, внутреннее строение, соотношение друг с другом и характер границ (см. табл. I—IV). Все эти признаки видны непосредственно в породе и поэтому могут быть определены совершенно объективно каждым геологом. Поэтому они и положены в основу предлагаемой морфологической классификации слоистости (табл. V—XII). Вместе с тем каждый из этих признаков отражает те или иные черты условий седиментации (как это было показано в основном при разборе косой слоистости). Поэтому определение этих признаков дает основание для перехода к выводам об условиях формирования осадка. Наиболее важный признак — общая форма (отражающая характер движения среды отложения)— был положен в основу выделения типов слоистости; следующий важный признак — мощность серий слойков (отражающая масштаб явления) — положен в основу деления каждого типа на подтипы. Последние, в свою очередь, делятся на виды и разновидности, причем признаки этих делений для разных типов слоистости уже различны. Эти подразделения простых типов показаны в табл. V; кроме того, для каждого типа слоистости построены таблицы со схематичным изображением рисунка каждой разновидности (табл. VI—VIII). Следует сказать, что не все разновидности слоистых текстур встречаются одинаково часто. Наиболее распространенные из них выделены жирным контуром. Некоторые разновидности слоистости еще не отмечены, в таких случаях соответствующие графы таблицы оставлены незаштрихованными. Наконец, некоторые разновидности вообще не могут быть встречены, так как условия, которым соответствуют их признаки, как бы исключают друг друга (например, в табл. VI сильно срезанная косая слоистость не может быть однонаправленной, так как сильное срезание происходит при изменчивом течении, а однонаправленность слоистости возникает при течениях выдержанного направления).

Приведенная в табл. VI—VIII морфологическая классификация включает в себя все простые типы слоистости, которые могут быть встречены. Под простым типом понимается слоистость, формируемая каким-либо одним механизмом седиментации, однородным движением среды отложения. Однако в природе зачастую возникают более сложные сочетания факторов, формирующих слоистость и приводящих к попеременному образованию двух или трех типов или видов слоистости, всегда парагенетически связанных между собой. Такая слоистость называется сложной.

Например, широко известна слоистость, представляющая собой попеременное чередование косослоистых и горизонтальнослоистых серий слойков. Такую слоистость мы называем диагональной. Она может быть вызвана разными причинами. Одна из них — это чередование периодов сильного течения (формирующего косослоистую серию) с периодами прекращения его действия и покоя среды отложения (когда формируется серия горизонтальнослоистая). В этом случае косо- и горизонтальнослоистые серии неодновременны, и косые слойки упираются вверху и внизу в горизонтальные (фиг. 23,*А*). Однако существуют условия, при которых и те и другие формируются в осадке одновременно за счет миграции вниз по течению участ-

ков с разными гидродинамическими условиями (аналогично тому, как продвижение вниз по течению песчаных валов приводит к формированию ряда косослоистых серий).

Бывают и другие случаи, когда в результате выполаживания слойков или сохранения пологого склона ряби в породе заметно как бы чередование горизонтальной и косой слоистости (фиг. 23, *Б*, *В*). Однако при этом можно видеть, как каждый косой слоек становится горизонтальным (в отличие от случая, изображенного на фиг. 23, *А*, где слойки прерываются). Такую текстуру следует называть не диагональной слоистостью, а косой (фиг. 23, *Б*) или волнистой асимметричной (фиг. 23, *В*).



Фиг. 23. Различные способы образования чередования горизонтальных и косых слойков.

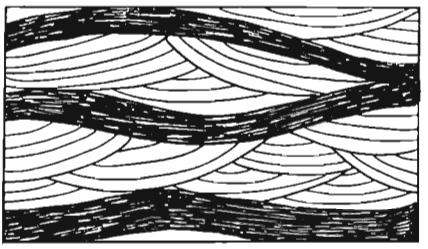
А — слоистость диагональная: попеременное отложение горизонтальнослоистых и косослоистых серий. Возникает при смене течения условиями покоя среды отложения или же переходом скоростей течения через критические точки. Каждый косой слоек упирается в горизонтальные; *Б* — слоистость косая. В результате изменения наклона слойков и сильного выполаживания косых слойков в подвалье каждый косой слоек постепенно внизу превращается в горизонтальный; *В* — сильно асимметричная рябь течения. При формировании на наклонном дне создает впечатление чередования косых слойков (крутые склоны ряби) и тонких горизонтальных (пологие склоны ряби). Каждый слоек многократно меняет наклон, переходя из косого положения в горизонтальное

Существует мнение, что типичная диагональная слоистость (фиг. 23, *А*) указывает на формирование осадка временными потоками на континенте. Однако такая слоистость может возникнуть и в море при наличии временно действующих течений (например, в лиманах), и в другой обстановке.

Сложной является волнистая многостепенная слоистость, которая часто встречается в приливно-отливной зоне; она представлена чередованием более грубозернистого осадка, сложенного рядом волнистослоистых (или косослоистых) серий, и более тонкозернистого, представленного одной пологоволнистой серией слойков (фиг. 24). Существуют и другие сложные типы, показанные в табл. IX. Вообще сложным типом слоистости пород (слойчатости) следует считать слоистость, представленную определенным и постоянным сочетанием различных морфологических типов, видов или даже разновидностей, но обязательно в условиях неизменно одной фациальной обстановки с периодически меняющимся в ней механизмом седиментации (например, русло временного потока, приливно-отливное побережье, такыры и т. д.).

Примеры сложных типов слоистости приведены в табл. IX. Так как сложные типы связаны с определенными простыми типами, то их предварительная классификация построена с учетом этой связи. Однако в отличие от таблиц, составленных для простых типов, эта таблица далеко не исчерпывает всего многообразия сложных сочетаний слоистости, характерных для различных условий отложения осадка. Многие сложные типы, существующие в

природе, еще никем не описаны; поэтому здесь возможны и дополнения — выделение новых сложных типов по мере накопления новых фактов и наблюдений. Следует, однако, учитывать, что сложный тип слоистости образует не всякое сочетание текстур, а лишь сочетание устойчивое, постоянно существующее и именно в таком виде связанное с фациальной обстановкой. Если исследователь не примет этого во внимание, то в качестве нового типа он может описать всякие случайные сочетания различных видов слоистости; последнее неизбежно приведет к выделению слишком большого количества типов, т. е. в конечном итоге — к отсутствию типизации как таковой. Краткость данного руководства не позволяет остановиться на механизме образования остальных сложных типов.



Фиг. 24. Сложная волнистая слоистость. Чередование материала более грубозернистого (светлое) и более тонкозернистого (темное). Границы их полого-волнистые. В более грубозернистом материале видна группа серий волнистой мульдообразной слоистости. Более тонкозернистый представлен одной серией с внутренней полого-волнистой слоистостью (неотчетливой)

При вертикальном выпадении осадка из взвеси или раствора и при отсутствии движения воды, если осадок ложится параллельными слойками на наклонное дно или заполняет его неровности, возникает слоистость не горизонтальная, а наклонная, слоистость заполнения и облекания (табл. X).

Наклонная слоистость — по внешнему виду иногда кажется сходной с косой, но отличается от нее тем, что наклонные слойки параллельны основанию серии (тоже наклонному); при этом углы наклона обычно невелики и не превышают нескольких градусов. Виды этого типа слоистости выделяются по соотношению слойков в серии. В табл. X углы наклона слойков для наглядности сильно увеличены.

Наклонная слоистость может быть и слойчатостью пород, и текстурой толщ. Если дно бассейна неровное, то спокойно выпадающий осадок в первую очередь заполняет имеющиеся впадины и углубления или же облекает весь рельеф дна (если впадины невелики), образуя слоистость заполнения и облекания. Если поверхность предыдущего осадка покрыта рябью, то спокойно выпадающий осадок как бы «запечатывает» эту рябь, образуя волнисто изогнутые слойки (фиг. 25); однако отличие последних от типичной волнистой слоистости (образуемой волнением воды) заключается в том, что в описываемом случае волнисто-изогнутые слойки часто утоняются или даже вовсе выклиниваются к бортам углублений.

Границы слоевых элементов (слойков, серий, слоев) могут быть разного рода, как это было показано в табл. III.

1. Резкие границы определяются соприкосновением резко отличных пород (например, песчаник и известняк). Однако иногда породы могут быть близкими, но граница между ними выражена резко и чем-либо подчеркнута (например, присутствием на плоскости раздела глинистого налета) или отвечает перерыву в осадконакоплении. Частным случаем последней является контакт размыва.

2. Отчетливые границы намечаются соприкосновением близких по составу и структуре пород, когда разделение их все-таки достаточно ясное.

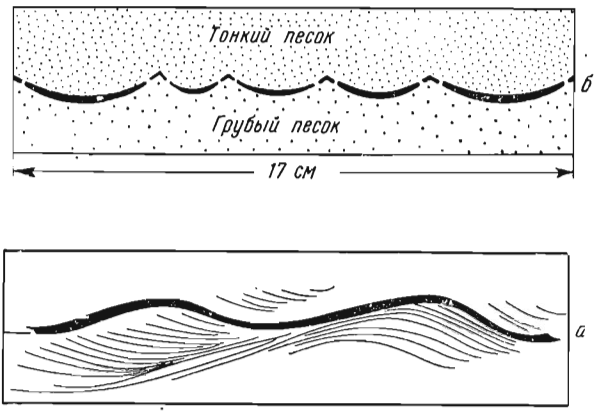
3. Неотчетливые границы возникают тогда, когда состав слоевых элементов близкий, а плоскость раздела их ничем не подчеркнута. В этом случае образуется неясная слоистость (табл. XI).

Неясная слоистость, кроме того, может быть обусловлена слишком малой величиной слойков (видной только под микроскопом), при которой слоистость не видна и улавливается лишь по гладким параллельным поверхно-

стям раскола породы[1]. Наконец, к неясной слоистости относится также слоеватость, которая выявляется либо ориентировкой отдельных включений в породе, либо ориентировкой основных компонентов, слагающих породу.

Если количество включений, подчеркивающих слоистость, увеличивается послойно, то неясная, невыраженная слоистость переходит в прерывистую (тип которой уже можно определить, хотя и нельзя проследить границы слоевых элементов на всем их протяжении).

Указанные три типа границ могут быть присущи и слоистости пород (слойчатости), и слоистости осадочных толщ. В последних, однако, часто встречается еще один тип границ слоевых элементов, а именно: постепенный переход одного слоя в другой. Эти постепенные переходы бывают двоякого рода (см. фиг. 6):



Фиг. 25. «Запечатывание» глинистым осадком валиков ряби.

а — асимметричная рябь течения; глинистый прослоек более толстый на пологом склоне ряби; *б* — симметричная рябь волнения; на гребнях ряби глины почти нет

а) материал, слагающий слои, постепенно изменяется на их границе за счет материала обоих слоев (например, от песчаника через алевритистый песчаник до алевролита; от песчаника через известковистый песчаник до известняка и т. д.). Этот тип перехода наблюдается как в текстурах осадочных толщ, так и в текстурах осадочных пород (в последней, например, при наличии ленточной слоистости);

б) нижний слой может переходить в верхний за счет появления в нем все большего количества прослоев породы верхнего слоя. Этот тип границ присущ только стратификации толщ.

При постепенных переходах выделение границ бывает весьма затруднительным, а иногда переходные участки при их достаточной мощности могут быть выделены в самостоятельные слои переслаивания пород (это отмечено в I разделе при характеристике условности выделения слоев).

Границы раздела слоевых элементов соответствуют поверхности осадка в какой-то определенный момент. Однако они далеко не всегда (особенно для слойков и их серий) указывают на перерыв в осадконакоплении (пусть даже небольшой). Как мы видели выше, в ряде случаев границы серий формируются одновременно со слагающим их осадком.

Иногда увеличение материала, подчеркивающего границу слоев, приводит к образованию тонкого прослоя, как бы «связывающего» между собой эти два слоя.

Типы границ и переходов слоев друг в друга показаны на фиг. 26 и 27. Зависимость границ раздела различных стратификационных единиц от разных причин показана в табл. 7.

Первичная слоистая текстура осадка часто нарушается одновременно с образованием слоистости или почти одновременно — в процессе формирования данного слоя. Эти нарушения также классифицируются по морфологическим признакам. Текстуры нарушенной слоистости иногда могут быть

[1] Микрослоистость иногда трудно отличить от плитчатости и сланцеватости (постседиментационных, вторичных явлений). В таких случаях следует учитывать ряд дополнительных признаков, описанных в соответствующих руководствах.

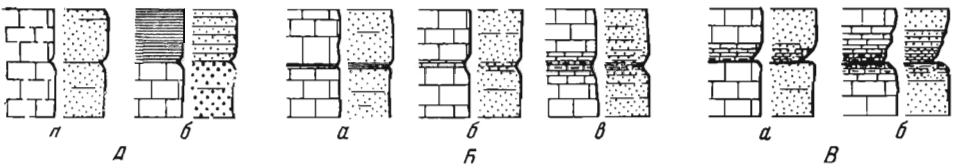
Таблица 7

Зависимость линий раздела стратификационных единиц от разных причин

Причина		Форма контакта	Характер контакта (по четкости и постепенности)		Для раздела каких стратификационных единиц более характерно
Фациальные изменения в результате миграции фаций		Более или менее ровная, горизонтальная или почти горизонтальная	Чаще — постепенный переход, реже — отчетливый и резкий контакт		Для пластов
Перерывы в седиментации	Размыв (в том числе сингенетичный)	Неровная: вогнутая или неправильная, реже плоская	Обычно резкий или отчетливый		Для пластов и слоев; в меньшей степени — для серий слойков (главным образом — размыв), еще менее — для слойков
	Растворение	Обычно ровная, плоская	Резкий или отчетливый. Пленки на поверхности наслоения		
	Прекращение осадконакопления	В зависимости от формы осадка и движения среды во время перерыва	Может быть различным		
Изменение осадконакопления при непрерывной седиментации	Смена осадочного материала	Зависит от характера движения среды отложения	Зависит от материала, слагающего смежные слои		В первую очередь для слойков и серий слойков. В меньшей степени — для слоев
	Изменение направления и скорости течений	Может быть различным. Границы серий слойков — плоские (с разным углом наклона) или вогнутые, редко — выпуклые	Отчетливый, реже неотчетливый		
	Изменение мгновенных скоростей	Различная форма слойков в зависимости от характера движения среды отложения	Отчетливый, реже резкий или постепенный		
	Сезонная смена осадочного материала	Обычно ровная, плоская. Может быть облекающей	Может быть различным. Часто попеременно — то постепенный, то резкий или отчетливый		
Различные причины, вызывающие постепенные переходы между слоями		Обычно ровная	Постепенный переход от слоя к слою	Непосредственный	Для слоев и слойков
				Через переслаивание	Для слоев
			Наличие тонкого прослоя, связывающего слои (связывающий прослой)		Для слоев

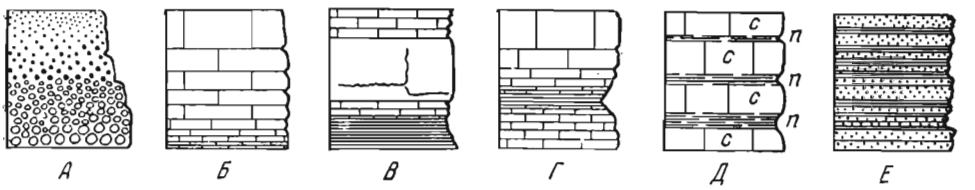
показателями обстановки формирования осадка. Однако нельзя забывать, что морфологически похожие нарушения могут быть вызваны различными причинами.

Нарушения проявляются в изменении формы слойков и слоев (их изгибе и смятии), разрыве слоевых элементов, внедрении одного слоя в другой под воздействием разнообразных причин (иногда до полного их перемешивания) и нарушении слоистости животными и растениями. Различные морфологические виды текстур нарушенной слоистости перечислены в табл. XII, где



Фиг. 26. Типы переходов между слоями (по Ломбару, 1956, с изменением).

А — слои разделены: *а* — плоскостью наслоения ровной, простой, без связывающего прослоя, литологический состав смежных слоев одинаков, *б* — то же, но литологический состав смежных слоев различен; *Б* — на границе слоев имеется: *а* — связывающий прослой тонкий (например, глинистая пленка), но отчетливо выраженный, *б* — неотчетливо выраженная плоскость наслоения, причем связывающий прослой лишь намечается, *в* — связывающий прослой, постепенно переходящий в верхний и нижний слои; *В* — слои разделены и плоскостью раздела и связывающим прослоем: *а* — плоскость раздела ровная или слабо неровная, связывающий прослой постепенно переходит в один из слоев, *б* — в верхнем и нижнем слое отмечается постепенное изменение породы по направлению к границе раздела



Фиг. 27. Различный характер изменения наслоения.

А — сортировка слоя; *Б* — постепенное изменение мощности слоев; *В* — резкое изменение слоев по составу и по мощности; *Г* — «маятниковое» изменение слоев; *Д* — чередование слоев (*с*) и прослоев (*п*); *Е* — беспорядочное чередование слоев двух пород

справа даны зарисовки некоторых случаев этих видов нарушений. Вообще нарушения слоистости, очень многообразные и причудливые по форме, часто привлекают внимание исследователей в первую очередь и больше, чем, например, обычная простая косая слоистость. Однако на данном этапе наших знаний нарушения слоистости чаще служат более плохими показателями фациальной обстановки, чем не нарушенная слоистость. Разнообразные и причудливые формы нарушенных текстур зачастую могут быть вызваны одной и той же причиной (например, оползанием осадка, которое встречается в различных фациальных обстановках и создает текстуры самых разнообразных рисунков).

Неслоистые текстуры в данном руководстве специально не рассматриваются, однако в табл. XIII приведены некоторые из них, наиболее распространенные и связанные со слоистыми текстурами. Возникновение неслоистых текстур обусловливается как первично-неслоистым накоплением осадка, так и исчезновением первично-слоистой седиментационной текстуры при последующих изменениях и переработке осадка, особенно в диагенезе.

Породу, имеющую равномерное распределение составляющих ее компонентов, следует называть однородной или массивной. Неоднородные неслоистые текстуры встречаются в породах различного состава и генезиса.

Они различаются по внешнему виду, по расположению, величине и форме компонентов, слагающих породу. В табл. XIII с известной долей условности помещены также текстуры нарастания, образованные хемогенным путем или в результате роста живых организмов. Таблица XIII не охватывает всех существующих неслоистых текстур и поэтому она не дает их полной классификации. Кроме того, на этой таблице указаны лишь макротекстуры, видные невооруженным глазом. Многочисленные названия специфических текстур, заметных только под микроскопом, в ней не приведены, тем более что многие из них вторичные (диагенетические или даже более поздние). Многие макротекстуры, приведенные в табл. XIII, могут иметь диагенетическое происхождение (например, пятнистая, пористая и др.).

Некоторые неслоистые текстуры возникают в результате нарушения первичной слоистости. Так, например, весьма распространенная брекчиевидная текстура часто образуется в результате растрескивания, разламывания и переотложения только что сформировавшихся, но уже уплотненных слойков (и слоев) осадка. Она как бы завершает образование текстуры взламывания нарушенной слоистости (см. табл. XII).

В табл. XIV показаны некоторые широко известные вторичные текстуры. Текстуры «фунтиковая», стилолитовая, шаровая и конкреционные описаны во всех руководствах по осадочным породам. Линзовая и полосчатая текстуры, приведенные на этой таблице, отличаются от желваковистой тем, что линзы конкреций приурочены к определенным слоевым элементам и имеют общую с ними ориентировку. Этим, а также формой, линзовая текстура напоминает разные виды линзовидной седиментационной слоистости (табл. VII, VIIa, IX), формируемой волновыми движениями воды или биогенным путем. Однако в отличие от них линзовая текстура является вторичной и возникает она позже, в диагенезе (и даже в эпигенезе) за счет перераспределения вещества в осадке (или породе), лишь приспосабливаясь к седиментационным границам и горизонтам. Также вторичной, унаследованной, может быть полосчатая текстура, часто являющаяся реликтом горизонтальной слоистости. Кроме того, она может быть обусловлена и другими причинами — ритмическими диффузионными процессами, раскристаллизацией коллоидного геля и др.

Текстуры желваковистые, линзовые, полосчатые и брекчиевые присущи многим рудам (железным, марганцевым, свинцовым и др.). Типы полосчатых и многих других вторичных текстур, не зависящих от седиментационной слоистости, мы в данной работе не приводим.

Морфологическое определение слоистости проводится по схеме, примерно отвечающей пунктам табл. V.

После описания каждого типа слоистости обязательно отмечаются особенности текстуры всей толщи в целом:

1. Изменение серий слойков по разрезу (их мощности, состава и строения) как снизу вверх, так и по простиранию.

2. Соотношение текстуры со структурой—изменяется ли текстура параллельно с изменением структуры или нет? Каковы структурные особенности толщи? Где наблюдается наибольшее погрубение материала? К какой части толщи приурочено изменение вещественного состава?

3. Мощность и характер залегания всей толщи, изменение внутренней текстуры пород в местах выклинивания данной толщи.

4. Прослои слоистости иного типа, их количество, приуроченность.

5. Изменение (или сохранение) типа слоистости в поперечном сечении.

6. Нарушения слоистости, их характеристика и приуроченность.

Приводятся и все другие геологические данные, которые могут указывать на генезис пород.

Примеры морфологического описания слоистости

Первый пример. Порода — песчаник разнозернистый, в основном — среднезернистый, с примесью и более мелких, и более крупных зерен (сортировка средняя).

Слоистость крупная (мощность серий 20—50 *см*), параллельная, иногда слабо смещенная, прямая, однонаправленная. Слойки прямолинейные, параллельные, средние (толщина их около 1 *см*), отчетливые благодаря хорошо выраженной прямой ритмической сортировке зерен внутри каждого слойка. Угол падения слойков 25—30°. В основании серий имеются включения мелкой гальки и гравия, подчеркивающие границы серий. В некоторых косослоистых сериях близ их верхней границы отмечается присутствие на плоскостях наслоения небольшого количества обугленного растительного детрита, еще более подчеркивающего слоистость.

В верхней части слоя песчаник становится более мелкозернистым и лучше отсортированным; косослоистые серии в нем более мелкие, а слойки в них тоньше и подстилают друг друга.

Второй пример. Песчаник мелкозернистый, с примесью алевролита; слоистость обусловлена слабым изменением гранулометрического состава и налетом слюды на поверхностях наслоения.

Слоистость косая, крупная (мощность серий 30—40 *см*), смещенная, почти прямая, попеременно-разнонаправленная.

Слойки почти прямолинейны и параллельны, лишь у самой нижней границы серии они слегка вогнуты и подстилают друг друга. В некоторых сериях слойки имеют S-образную форму. Строение слойков двучленное, выделяются они достаточно отчетливо. Мощность слойков около 0,5 *см*, распределение в серии равномерное, угол падения слойков довольно постоянен — около 20°. Включений нет. Серии однородны, каких-либо изменений их снизу вверх по разрезу не отмечено. Прослоев иной текстуры нет.

Третий пример. Песчаник крупнозернистый, неоднородный, с примесью глинистого материала. Слоистость диагональная, представлена чередованием горизонтально- и косослоистых серий.

Косая слоистость крупная (мощность серий 20—30 *см*), параллельная, прямолинейная, однонаправленная (в данном случае учитывается направленность слойков в косослоистых сериях, разделенных горизонтально-слоистыми). Слойки параллельные, довольно однородные, без включений. Мощность косых слойков варьирует от 2 до 5 *см*, выдерживаясь внутри одной серии. Угол наклона около 30°. Границы слойков отчетливые, выдержанные, правильные, проявляются тонким глинистым налетом. Границы серий прямые, горизонтальные и параллельные, проявляются и подчеркиваются резким различием строения и состава смежных горизонтально- и косослоистых серий. Строение серий однородное, иногда у нижней границы серий отмечается погрубение материала.

Разделяющие их горизонтальнослоистые серии мелкие (мощность около 10 *см*), представлены попеременным чередованием мелкозернистых песчаных (средних) и глинистых (тонких) слойков (мощность соответственно 4—5 *см* и 2—4 *мм*). Мощность слойков в нижней части серии больше у песчаных прослоев, кверху она уменьшается, мощность же глинистых слойков, наоборот, возрастает в верхней части слоя. Слойки однородного строения, без включений, с отчетливыми, выдержанными, иногда слегка неправильными границами.

В слое чередование серий имеет направленный характер: в нижней части слоя косослоистые серии несколько более мощные и более грубозернистые по составу (в крупнозернистом песчанике имеется примесь грубозернистого материала), вверх по слою мощность косослоистых серий уменьшается, что же касается разделяющих их горизонтальнослоистых серий, то мощность их очень выдержана по всему слою. Косые слойки отчетливо упираются

в нижнюю и верхнюю границу серии и, таким образом, совершенно отчетливо видна последовательность наслоения попеременно то горизонтально-слоистого, более тонкого, то косослоистого, более грубого осадка.

Как видно из приведенных примеров, для определения слоистости недостаточно указать только ее форму и размер («косая», «крупная»), но обязательно следует отметить и другие признаки, разобранные выше и перечисленные в классификационных таблицах (см. табл. I — XIV).

ТАБЛИЦЫ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СЛОИСТЫХ ТЕКСТУР (I—XIV)

Таблица I

Признаки слойков в основных типах слоистости

Признаки слойков		Слоистость: Косая	Схематическая зарисовка	Волнистая	Схематическая зарисовка	Горизонтальная	Схематическая зарисовка
Морфологические	1. Форма слойков	Изогнутая: Прямолинейная; у основания вогнутая плавно; S-образная (вогнуто-выпуклая); Выпуклая (редко)		Симметричная: Вогнутая (мульдообразная); Вогнуто-выпуклая а; Выпуклая б; Выпуклая (редко). Несимметричная: Вогнутая; Вогнуто-выпуклая; Выпуклая		Правильная; Неправильная	
	2. Соотношение слойков в серии	Пучковидные: Параллельные; Сходящиеся: книзу, книзу и кверху, кверху; а) Группирующиеся; б) Последовательные		Сходящиеся: Параллельные; к основанию серии; к бортам серии		Всегда параллельны друг другу и основанию серии	
По составу	3. Строение слойка	Однородное; Сортированное; Двучленное; Неоднородное		Однородное; Сортированное; Двучленное; Неоднородное		Однородное; Сортированное; Двучленное; Неоднородное	
	4. Включения и их приуроченность	Характер включений: Гальки; Более грубый материал; Конкреции; Растительн. остат.; Фауна; Отдельные минералы: слюда; пирит. Приуроченность: К основанию слойка по нормали; К нижней части слойка в серии; К верху слойка по нормали; Беспорядочно		То же, что и для косой. К основанию слойка; К нижней части мульды; К верхней части слойка; Беспорядочно		К основанию слойка; К верхней части слойка; Беспорядочно	
По расположению	5. Распределение слойков в серии и их чередование	Равномерное (однородное); Ритмичное (образуют пачки); Неравномерное (неоднородное и беспорядочное)		Равномерное; Ритмичное; Неравномерное		Равномерное; Ритмичное; Неравномерное	
Количественные показатели (определяются путем замеров)	6. Мощность слойков *)	Очень мощные – более 1 м; Мощные – 1 м – 10 см; Очень толстые – 10 см – 5 см; Толстые – 5 см – 2 см; Средние (обычные) – 2 см – 5 мм; Тонкие – 5 мм – 1 мм; Очень тонкие (микрослоистые) – менее 1 мм		То же, что и для косой			
	7. Угол наклона	Крутой – более 30°; Средний – 30°–20°; Пологий – менее 20°		Определяется индексом ряби (если l:h больше – угол меньше) или величинами l, dn, dh		Нет	
		Изменение наклона слойков в серии: Равномерный; Нарастающий; Затухающий		Не определяется			

*) Кроме названия следует указать фактическую мощность, ее пределы колебаний и преобладающий размер

Таблица II

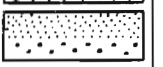
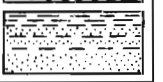
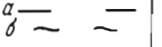
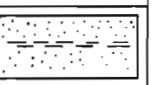
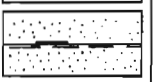
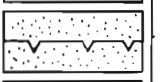
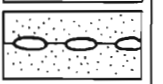
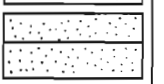
Признаки серий слойков в основных типах слоистости

Признаки серий		Слоистость: Косая	Схематическая зарисовка	Волнистая	Схематическая зарисовка	Горизонтальная	Схематическая зарисовка
Морфологические	1. Форма серийных швов	Изогнутая: Прямая		Симметричная: Вогнутая (мульдообразная)		Правильная	
		Вогнутая		Вогнуто-выпуклая а) б)			
		Вогнуто-выпуклая		Выпуклая		Прямая	
		Выпуклая (редко)		Несимметричная: Вогнутая		Неправильная	
				Вогнуто-выпуклая			
				Выпуклая			
	2. Соотношение серий	Параллельные		Параллельные		Всегда параллельны	
		Непараллельные слабо срезанные (в т. ч. клиновидн.)		Непараллельные слабосрезанные - смещенные: Правильные а)			
		Непараллельные сильно срезанные (в т. ч. перекрестные)		Неправильные			
				Непараллельные сильно срезанные (перекрестн.)			
	3. Строение серий	а) Направление слойков в смежных сериях: Однонаправленные		Изменение направления слойков для волнист. слоист. не отмечается		Нет	
		Разнонаправл.: Попеременно		Для косоволнистой могут быть: однонаправленные и беспорядочно-разнонаправленные			
		Вперемежку беспорядочно					
По составу		б) Изменение материала в серии: Однородность		То же, что и для косой			
		Сортированность					
		Прирученность					
	4. Включения и их приуроченность	Те же, что и для слойков. Могут быть: В верхней части серии		То же, что и для косой, но в верхней части серий - реже		То же, что и для косой	
		В средней " "					
		В нижней " "					
По расположению	5. Распределение серий в слое или пласте	а) Изменение размера серий: Равномерные		То же, что и для косой, но реже бывает выражено		а) и б) - то же, что и для косой	
		Направленно-изменяющиеся					
		Неравномерные (беспоряд.-изменяющ.)					
		б) Изменение состава серий: Однородные					
		Направленно-изменяющиеся					
		Неоднородные (беспоряд.-изменяющ.)					
		в) Изменения наклона слойков в сериях*): Выше становятся круче				в) - нет	
		Выше становятся положе					
Количественные показатели (определяются замером)	6. Мощность и инденсы	Мощность серий измеряется. Очень крупная - метрами; Крупная - дециметрами; Мелкая - сантиметрами; Очень мелкая - миллиметрами		Определяется: 1) Мощность серий (М) - классификация та же, что и для косой; 2) Длина волны - l; 3) Высота волны - h; 4) Индекс ряби - l:h; 5) Показатель асимметрии - оп. дн		Если в горизонтальной слойчатости видны серии, то классификация серий та же, что и для косой. Если серий нет и слойки образуют слой (серия=слою), то классификация горизонтальной слойчатости по мощности не дается.	
	7. Наклон серий по отношению к общей плоскости напластован.	Наклонные: Горизонтальные (параллельные общему напластован.)		Параллельные общему напластован.		Нет	
		Преобладает одно направление		Наклонные к общему напластован.			
		В разных направлениях					

*) Если максимальный угол наклона слойков в одной плоскости - этот пункт указывает на изменение скорости течения, если в разных плоскостях - на изменение направления течения

Таблица III

Характеристика границ слоевых элементов (слойков и их серий, слоев, пластов)

Признак	Характер границы	Схематическое изображение
Четкость	Резкая	
	Отчетливая	
	Неотчетливая *)	
	Скрытая *)	
	Постепенный переход: Через постепенное изменение породы	
	Постепенный переход: Через переслаивание смежных пород	
Выдержанность	Непрерывная	
	Прерывистая	
	Невыдержанная (сильно прерывистая)	
Правильность	Правильная (ровная)	
	Неправильная (неровная)	
Проявление и подчеркивание	Скоплением или налетом на плоскости наслоения: минералов (глинистых, слюд, рудных и др.), растительного детрита, остатков фауны	
	Наличием соединяющего прослоя	
	Текстурами на поверхности наслоения	
	Конкрециеобразованием	
	Плоскостью отдельности	
	Вторичным ожелезнением, выветриванием и др.	

*) Образуют неясную слоистость - см. табл. XI

Таблица IV

Классификация слоистости по размеру

Интервалы мощности	Определение внутренней слоистости пород (слойчатости) по мощности серий слойков	Определение слойков по их мощности	Определение слоистости толщ (стратификации) по мощности слоев	Название текстуры при резких границах
Более 1 *м*	Очень крупная	Очень мощные (редко)	Очень крупная и крупная *	Глыбовая
1 *м*				
	Крупная *	Мощные	Средняя *	Крупноплитчатая
10 *см*				
	Мелкая *	Очень толстые 5 *см* Толстые * 2 *см*	Мелкая *	Плитчатая
1 *см*				
	Очень мелкая (тонкая)	Средние * (часто)	Тонкая	Пластинчатая
0,5 *см*		5 *мм*		
	Менее 0,5 *см*, встречается редко	Тонкие *	Очень тонкая	Листоватая
1 *мм*				
Менее 1 *мм*	Не бывает	Очень тонкие * (иногда называются микрослоистыми)	Тончайшая (микрослоистая) — редко	Тонколистоватая (микрослоистая)

* Наиболее распространенные в природе типы.

Общая классификация простых типов слоистости Таблица V

1. Определение типа, подтипа, вида и разновидности

Типы (простые)	Косая	Косо-волнистая	Волнистая	Полого-волнистая	Горизонтальная
Подтипы	По величине (мощности) серий слойков (см. табл. IV) * Очень крупная — более 1 *м* Крупная — 1 *м* — 10 *см* Мелкая — 10 — 1 *см* Очень мелкая — менее 1 *см*				Если в горизонтальной слоистости нет серий, то подтип может не выделяться
Виды	По соотношению границ: серий: Параллельная; Непараллельная, слабо срезанная (клиновидная); Непараллельная, сильно срезанная (в том числе перекрестная)	Подвиды по форме серийных швов: а) прямая б) изогнутая	— ; Непараллельная смещенная; Непараллельная перекрестная	Параллельная; Непараллельная, слабо срезанная (смещенная); Непараллельная, сильно срезанная (перекрестная)	По слойкам: Параллельная; Непараллельная смещенная; —	По равномерности распределения в слое (слойков, серий, пачек): Равномерная (однородная); Направленно изменяющаяся; Неравномерная (неоднородная)
Разновидности	а) По форме слойков: Прямолинейная; Вогнутая (подстилающая); S-образная (вогнуто-выпуклая); Выпуклая	а) По форме серийных швов и слойков: —; Вогнутая; Вогнуто-выпуклая; Выпуклая	а) По форме серийных швов и слойков: —; Вогнутая; Вогнуто-выпуклая; Выпуклая	а) По равномерности распределения слойков: Равномерная (однородная); Направленно изменяющаяся; Неравномерная (неоднородная)	а) По группировке слойков в слое: Простая; Ритмическая (пачечная); Серийная
Разновидности	б) По направленности слойков в смежных сериях: Однонаправленная; Разнонаправленная: попеременно, веерообразно, беспорядочно	Однонаправленная; Беспорядочно-разнонаправленная	б) По симметричности волн: Симметричная; Несимметричная	б) По выдержанности слойков: Сплошная; Прерывистая	б) По правильности слойков: Правильная; Неправильная

2. Характеристика слойков, серий и их границ

	Для слоистости косой, косо-волнистой, волнистой	Для слоистости полого-волнистой и горизонтальной
А. Слойки.	Соотношение слойков в серии (параллельные или подстилающие).	—
	Строение слойков.	Строение слойков
	Включения в слойках.	Включения в слойках
	Распределение слойков в серии.	—
	Мощность слойков.	Мощности слойков
	Угол наклона косых слойков и его изменение по простиранию серии.	—
	Индексы ряби — для волнистой слоистости.	
Б. Границы слойков.	Четкость (резкая, отчетливая, неотчетливая, постепенный переход, скрытая).	
	Выдержанность (непрерывная, прерывистая, невыдержанная или сильно прерывистая).	
	Правильность (правильная, неправильная).	
	Проявление и подчеркивание (глинистым налетом, скоплением слюды, растительным детритом и др.).	
В. Серийные швы (границы).	Форма	—
	Наклон	—
	Четкость, Выдержанность, Правильность, Проявление и подчеркивание	Так же, как и для границ слойков
Г. Серий слойков.	Изменение материала в серии	
	Включения и их приуроченность	
Д. Распределение серий в слое (изменение снизу вверх по слою)	Изменение состава серий	Изменение состава серий, пачек или слойков
	» размера серий	» размера серий, пачек или слойков
	» наклона слойков от серии к серии	—

* После названия подтипа в скобках указываются колебания мощности и преобладающий размер. Указанные четыре подтипа могут быть выделены в каждом из типов.

Примечания: 1. После определения слойков по мощности в скобках указываются колебания мощности.
2. Пункты В и Г для горизонтальной слоистости указываются, если есть серии или пачки.
3. Пункт Д для горизонтальной слоистости: если нет серий или пачек, то дается распределение по слою слойков.
4. Для сложных типов слоистости описываются характерные черты составляющих ее простых типов.
5. При описании обязательно указывается, чем выявляется слоистость.

Классификация косой слоистости

(подтипы выделяются по величине серий слойков)[1]

Виды (по соотношению серий) и подвиды (по форме серийных швов)	Разновидности				
	а) По форме слойков		б) По направленности слойков в смежных сериях		
			Однонаправленная	Разнонаправленная: Попеременно	Разнонаправленная: Беспорядочно и веерообразно
Параллельная:	Прямолинейная			*)	
	Вогнутая (подстилающая)				
	S-образная (вогнута-выпуклая)				
	Выпуклая				
Непараллельная слабо срезанная: Прямая (клиновидная)	Прямолинейная			*)	
	Вогнутая				
Изогнутая	S-образная				
	Выпуклая				
Непараллельная сильно срезанная (в т. ч. перекрестная): Прямая	Прямолинейная				**)
	Вогнутая				
Изогнутая:	S-образная				
	Выпуклая				

*) Называется „перистой"

**) Называется „перекрестной"

[1] также и на таблицах VIa и VII.

Классификация волнистой слоистости Таблица VIa

Виды по соотношению серий	Разновидности		
	По форме серийных швов (только асимметричная)	По направлению слойков	
		Однонаправленная	Беспорядочно-разнонаправленная
Непараллельная слабо срезанная (смещенная)	Вогнутая	—	—
	Вогнуто-выпуклая	*)	*)
	Выпуклая	—	—
Непараллельная сильно срезанная (перекрестная)	Вогнутая		
	Вогнуто-выпуклая	—	—
	Выпуклая		

*) Иногда лучше называть „слоистостью ряби течения"

Классификация волнистой слоистости Таблица VII

Виды по соотношению серий	Разновидности		
	По форме серийных швов и слойков	По симметричности волн	
		Симметричная	Несимметричная
Параллельная	Вогнутая		
	Вогнуто-выпуклая		
	Выпуклая		
Непараллельная слабо срезанная (смещенная)	Вогнутая	*)	
	Вогнуто-выпуклая	*)	
	Выпуклая		
Непараллельная сильно срезанная (перекрестная)	Вогнутая	**)	**)
	Вогнуто-выпуклая	**)	**)
	Выпуклая		

*) Иногда слойки внутри одной серии могут быть параллельны

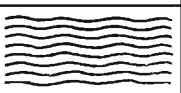
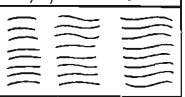
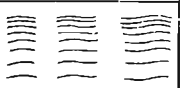
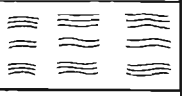
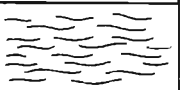
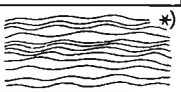
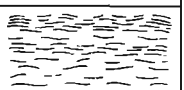
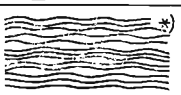
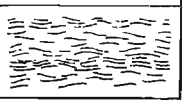
**) Называется мульдообразной

***) Иногда может дать линзовидную слоистость

Таблица VIIa

Классификация полого-волнистой слоистости

(подтипы обычно не выделяются)

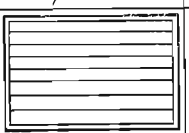
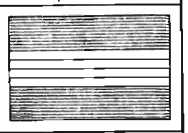
Виды (по соотношению слойков)	Разновидности		
	По равномерности распределения слойков	По выдержанности слойков	
		Сплошная	Прерывистая
Параллельная	Равномерная (однородная)		
	Направленно-изменяющаяся		
	Неравномерная (неоднородная)		
Непараллельная (смещенная)	Равномерная (однородная)	*)	
	Направленно-изменяющаяся	 *)	
	Неравномерная (неоднородная)	 *)	

*) Может дать линзовидную слоистость

Таблица VIII

Классификация горизонтальной слоистости

(подтипы выделяются по величине серий слойков; если серий нет — подтипы не выделяются)

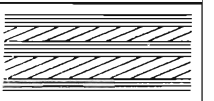
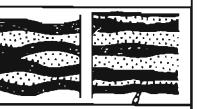
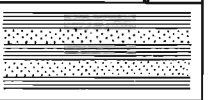
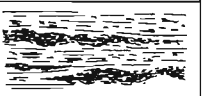
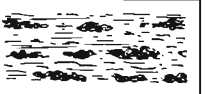
Виды (по равномерности распределения в слое)	Разновидности (по группировке слойков в слое)		
	Простая	Ритмическая	Серийная
Равномерная (однородная)		*	
Направленно-изменяющаяся (в т. ч. „маятниковая")			
Неравномерная (неоднородная)			

*) В том числе ленточная

Рамкой обведены наиболее распространенные разновидности

Таблица IX

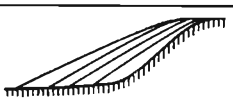
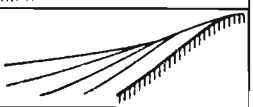
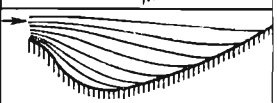
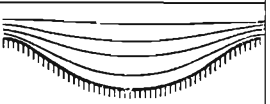
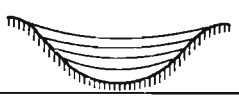
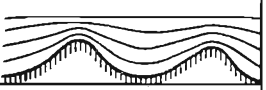
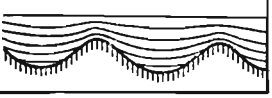
Классификация некоторых сложных типов слоистости

Основной простой тип, с которым связан сложный тип	Сложный тип	Схематическая зарисовка
Косая с горизонтальной (чередование типов)	Диагональная	
Косая (группы серий)	а) Наползающая	
	б) Пучковидная в) Елочкой	
Волнистая а) Чередование серий и групп серий разных видов или типов б) и в) Чередование слойков с сериями слойков	а) Волнистая многостепенная: 1. Полого-волнистая с мульдообразной	
	2. Полого-волнистая с косоволнистой	
	б) Линзовидно-волнистая в) Линзовидно-полосчатая	
Горизонтальная а) Чередование слойков и серий б) и в) Чередование слойков разных масштабов г) Чередование пачек внутри серий	а) Полосчатая	
	б) Неправильная полосовидная*) (биогенная)	
	в) Неправильная линзовидная*) (биогенная)	
	г) Серийно-ритмическая	

*) Эти типы часто представляют собой неясно выраженную слоистость или слоеватость

Таблица X

Классификация слоистости, обусловленной рельефом дна

Тип	Вид	Схематическая зарисовка
Наклонная	Параллельная (в том числе флексурообразная). Угол наклона дна пологий. Слоевые единицы параллельны склону дна	
	Выполаживающаяся Угол наклона дна более крутой, слоевые единицы толще внизу	
	Утоняющаяся книзу Угол наклона дна более пологий, слоевые единицы толще вверху	
	Выклинивающаяся Угол наклона крутой, слоевые единицы выклиниваются кверху	
Сложная	Наклонная при заполнении ассиметричных поперечных промоин	
Заполнения	Утоняющаяся к бортам впадин и продольных промоин. Склоны впадин более пологие	
	Упирающаяся в борта впадин и продольных промоин. Склоны впадин более крутые	
Облекания	Положительных форм рельефа	
	Отрицательных форм рельефа	
Сложная	Заполнения и облекания	

Наклон дна и слоевых элементов для наглядности показан круче, чем в природе

Таблица XI

Типы неясной слоистости

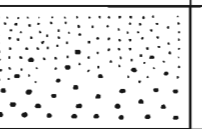
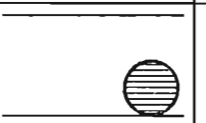
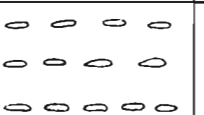
Тип	Вид	Схематическая зарисовка	Краткое пояснение
Неотчетливая слоистость	—		Смена пород видна, но границ нет.
Скрытая слоистость или микрослоистость (в т. ч. плитчатый раскол)	—		Макроскопически порода однородна. Слоистость видна только под микроскопом, или же обнаруживается по плитчатому расколу.
Слоеватость (невыраженная слоистость)	За счет включений (частичная)		Имеются послойно ориентированные включения.
			Ориентированные включения часты и ритмически расположены.
	За счет ориентировки основных частиц породы (сплошная)		Частицы, слагающие породу, располагаются первично-ориентированно (показывая наслоение).

Таблица XII

Классификация нарушений слоистой текстуры

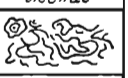
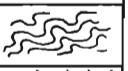
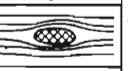
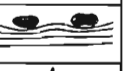
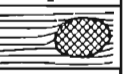
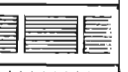
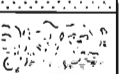
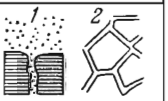
Тип нарушения	Вид		Схематическое изображение
Нарушение формы слоев или слойков (изгиб)	а) Смятие	1) Постепенно затухающее 2) В резко ограниченных пределах	
	б) Изгиб (в т.ч плойчат.)	1) Постепенно затухающий 2) В резко ограниченных пределах	
	в) Заворот		
	г) Огибание		
	д) Вдавливание		
	е) Примыкание	а	
		б	
Разрыв слоев или слойков	а) Включением		
	б) Смещением (атектоническим)		
	в) Протыканием и пересечением		
	г) Растрескиванием (вклинивание)		
Внедрение одного слоя в другой	Неглубока, только близ границы слоев	а) По изогнутой границе слоев	
		б) Заполнение углублений в нижнем слое	
		в) Заполнение оседания	
	Глубока, в виде относительно узких внедрений	а) Иньенцирование (песчаные дайки)	
		б) Внедрение вверх	
	Широкое и глубокое проникновение одного слоя в другой	а) Втекание	
		б) Взаимное проникновение слоев	
		в) Перемешивание материала двух слоев: а) взмучивание, б) взламывание	
Нарушение слоистости животными и растениями	а) Слоистость еще отчетлива		
	б) Слоистость почти исчезает		

Таблица XIII

Некоторые первично неслоистые текстуры

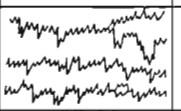
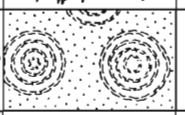
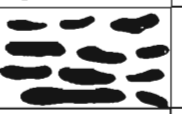
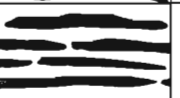
Тип		Вид	Схематическое изображение
Однородная		Массивная, землистая, порошковатая и др.	
Неоднородная	Неравномерное расположение компонентов породы	Беспорядочная	
		Пятнистая *) (границы пятен неотчетливы)	
		Вкрапленная *)	
		Узловатая, линзовая, очковая *) (границы пятен отчетливы)	
		Комковатая	
		Гранулированная	
		Пористая (первично) *)	
	Нарушенные породы	Трещинная или сетчатая: 1- в разрезе; 2- поверхность наслоения;	
		Брекчиевидная: *) 1- в разрезе; 2- поверхность наслоения;	
Образуемая наращением	Хемогенная	Первичная концентрическая или концентрически-скорлуповатая (в том числе сталактитовая) **)	
	Биоморфная	Водорослей, коралловых рифов и др.	

*) Могут быть и вторичными

**) Не следует смешивать со вторичными текстурами

Таблица XIV

Некоторые вторичные текстуры

Вид	Схематическая зарисовка	
Конус в конус (cone in cone), или „фунтиковая“		
Стилолитовая		
Сферическая, сфероидальная, шаровая		
Желвачовистая *)		
Линзовая *)		
Полосчатая *)		
Брекчиевая		
Плойчатая		

*) Конкреционные

Раздел III

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СЛОИСТОСТИ

Общие замечания

Степень детальности наблюдений при изучении слоистости и их направленность находятся в прямой зависимости от тех задач, которые стоят перед исследователем. Однако существует ряд общих методических положений, которые необходимо иметь в виду при любых геологических работах.

Изучение слоистости, как и любое геологическое исследование, складывается из сбора фактического материала (в основном во время полевых работ) и его обобщения и выводов. При этом, в отличие от ряда других методов, обработку материала и продумывание выводов необходимо начинать сразу же, при его сборе; на камеральный период переносится уточнение и завершение выводов, намеченных при полевых работах.

Для удобства изложения описание методики дано раздельно для разных этапов работы, хотя фактически они неразрывно связаны друг с другом. В данном разделе кратко изложена общая методика изучения слоистости. Специфичность этих исследований в зависимости от направления геологических работ кратко освещается в последнем разделе данного методического руководства.

А. ПОЛЕВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

При полевой работе должны быть выявлены все необходимые признаки, характеризующие слоистость: форма, размер слоевых элементов, их положение в пространстве, внутреннее строение и соотношение друг с другом; должны быть также произведены наблюдения и замеры, сделаны описания, зарисовки, фотографии и отобраны образцы.

В начале работы просматривается в целом объект наблюдения — обнажение (естественное или искусственное), керн на более или менее значительном интервале. При этом намечается порядок описания и участки, которые подлежат зарисовке и фотографированию. Часто выбранные участки, а иногда и объект в целом, требуют предварительной подготовки и соответствующей обработки для наилучшего выявления особенностей текстуры. Изучение объекта исследования лучше начать с зарисовок, так как в процессе рисования исследователь вглядывается во все детали и особенности строения текстуры, после чего сделать описание будет уже легко. Замеры производятся попутно с описанием (обычно это можно поручить коллектору). Образцы отбираются после или во время описания (последнее особенно важно при работе с керном). При очень хорошей обнаженности (например, в горных районах) совершенно не обязательно подробно описывать слоистость во всех обнажениях подряд. Просмотрев разрез, необходимо наметить наиболее подходящие участки там, где слоистость видна лучше и где она может быть описана как типичная для данной толщи. Дается характеристика

типов слоистости, отмечается их местоположение в разрезе, их последовательность и соотношение друг с другом. В дальнейшем, в случае повторения типов слоистости, можно делать ссылки на уже составленное подробное описание и зарисовки с указанием дополнительных особенностей или отклонений от характерного типа в том или ином месте разреза.

1. Особенности объектов исследования

Описание слоистости имеет некоторые особенности в зависимости от объекта наблюдения (обнажение — естественное или искусственное, керн, горная выработка), а также от того, изучаются ли рыхлые или плотные горные породы.

Наилучшими объектами наблюдения обычно являются свежие искусственные обнажения: стенки карьеров, дорожные выемки, канавы и другие, где мы можем проследить как соотношение крупных элементов слоистости (слоев, серий слойков, их изменение, залегание и т. д.), так и мелкие типы слоистости, их последовательную смену, а также внутренние детали слоевых элементов. Наиболее удобны для наблюдений стенки разрабатываемых карьеров (особенно в рыхлых породах), так как они дают возможность посмотреть слоистую текстуру одного и того же горизонта в разных сечениях.

На искусственных или естественных обнажениях можно производить ориентированные замеры углов наклона и направления падения косых слойков, направления гребешков ряби и др. В естественных обнажениях первичная слоистая текстура часто маскируется выветриванием, плоскостями отдельности (в твердых породах), бурыми железистыми разводами, неровностями поверхности обнажения, растительностью, осыпями и оплывинами. При наблюдениях в горных выработках (штольнях, штреках и квершлагах шахт) возможен, так же как и в обнажении, просмотр текстур на значительном расстоянии, но недостаток света, маскировка поверхности пылью и другие недостатки подземной работы мешают изучению слоистости.

Наблюдения над слоистостью и ее описание по керну буровых скважин дают возможность хорошо изучить детали строения в свежем образце и притом с разных сторон. По керну особенно хорошо изучать мелкую слоистость. В нем также хорошо детально и непрерывно прослеживается последовательная смена текстур на большом протяжении по разрезу (в вертикальном направлении). Кроме того, значительно облегчается отбор образцов. К сожалению, ряд признаков крупной слоистости в керне не виден или виден недостаточно полно и выявляется уже на основании некоторых косвенных указаний (см. ниже). Ориентированные замеры по керну делать нельзя, так как обычно неясна ориентировка самого керна. На поверхности керна часто имеются царапины, возникающие при бурении и создающие иногда впечатление слоистости, особенно если керн загрязнен. При бурении в неслоистых глинистых породах ложное впечатление слоистости иногда создают периодически повторяющиеся прослои бурового шлама, а также деформации керна. Однако недостатки кернового материала в какой-то мере компенсируются возможностью делать непрерывные наблюдения и с той степенью детальности, которая нужна.

Наилучшим вариантом является параллельное изучение слоистости одного и того же горизонта и в обнажении, и по керну.

2. Подготовка объекта для наблюдения

Прежде чем приступить к наблюдениям, в ряде случаев необходимо подготовить объект наблюдения таким образом, чтобы слоистость была видна наиболее отчетливо. В сыпучих, не сцементированных породах обычно следует зачистить поверхность обнажения и по возможности выровнять ее. Производится это обычной лопатой или, еще лучше, небольшой лопат-

кой с короткой ручкой (типа саперной); можно использовать штукатурную лопатку (при этом следует иметь в виду, что, зачищая сырую поверхность песчаного осадка, имеющего примесь глинистого материала, можно исказить тип текстуры, так как сырые вязкие глинистые прослойки, слегка изгибаясь, тянутся за лопатой). Зачищенную поверхность обнажения следует оставить на некоторое время, чтобы она обсохла, а затем обдуть ее. Тогда слоистая текстура выявится наиболее отчетливо. Вообще в сыром песке (например на пляже) слоистость, сначала незаметная, по мере высыхания породы выявляется по небольшому различию цвета слойков и по другим признакам. Только в однородных эоловых песках (в дюнах и барханах) промачивание их лучше выявляет текстуру осадка, дает возможность сделать вертикальные разрезы и изучить присущую им слоистость.

При изучении слоистости в обнажениях следует посмотреть, нет ли участков, где она отпрепарирована выветриванием. Такие участки в рыхлых породах зачищать не стоит. Выветрелую поверхность твердых пород лучше предварительно обдуть. Иногда слоистость бывает хорошо отпрепарирована водой в руслах рек и ручьев или на обращенных к солнцу южных склонах обнажений.

В керне текстура может быть плохо видна вследствие того, что он очень часто бывает плохо отмыт от глинистого раствора и бурового шлама, в этом случае его следует хорошо вымыть. На смоченной поверхности керна текстура обычно видна лучше, особенно если порода представляет собой чередование более грубого, песчано-алевритового и более тонкого, алевритоглинистого материала. Поэтому иногда полезно смочить водой даже чисто отмытый керн.

3. Зарисовки и фотографии

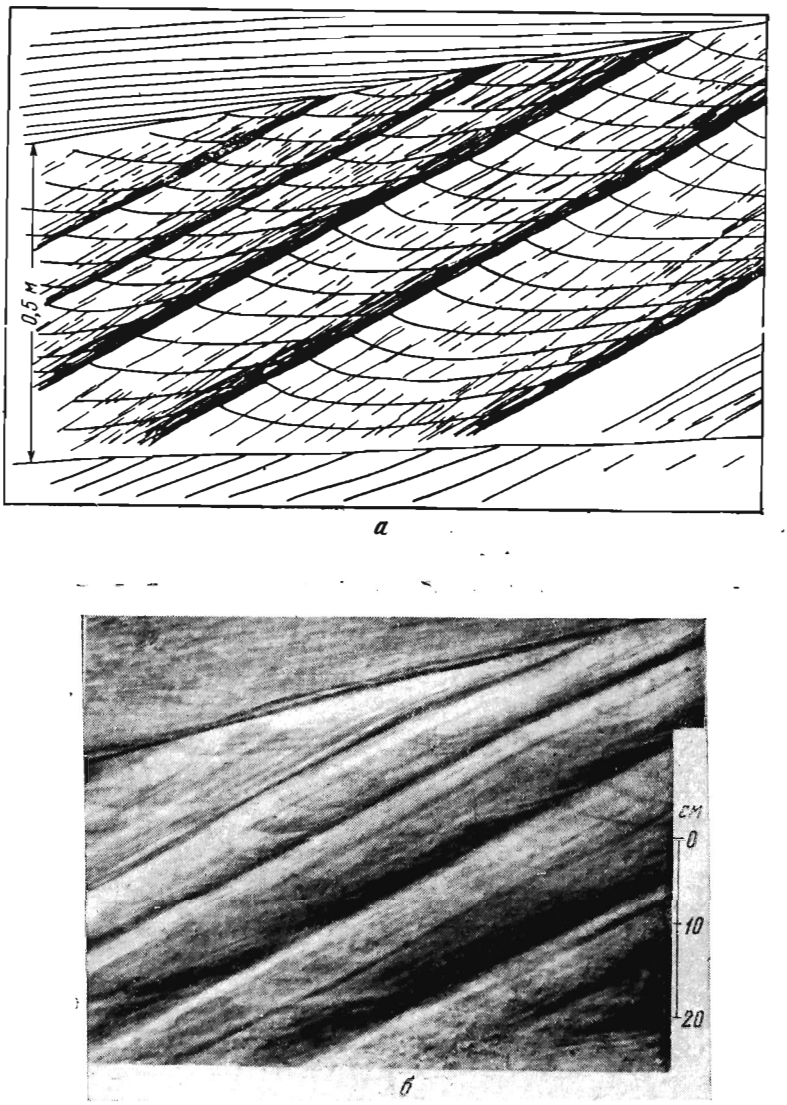
Описание слоистости всегда полезно (а часто и совершенно необходимо) сопровождать иллюстрациями — зарисовками и фотографиями, причем как частых, типичных случаев, так и более редких, особенных. Зарисовка обязательно должна показать основное, самое характерное для данной текстуры.

Прежде чем начать рисовать, следует хорошо рассмотреть отдельные элементы слоистости, проследить слойки по падению, особенно рассмотреть места их выклинивания или стыка с другими слойками, определить границы серий и установить, чем они выявляются. Необходимо обратить особое внимание на бурые и красные железистые разводы и полосы вторичного происхождения и разобраться в той роли, которую они играют: приурочены ли они к слоевым элементам и подчеркивают таким образом первичную текстуру осадка или же имеют иное направление и затушевывают рисунок первичной слоистой текстуры. В некоторых случаях явления колец Лизеганга может создать впечатление ложной слоистости (фиг. 28, 29).

Надо иметь в виду, что на фотографии первичная текстура породы иногда выявляется более отчетливо, чем непосредственно на объекте, а цветовые разводы и полосы, наоборот, становятся почти незаметными (фиг. 28).

Надо также внимательно рассмотреть причину изменения направления косых слойков. Так, например, завороты верхней части косых слойков в обратную сторону не следует путать с изменением направления слойков в смежных сериях, разделенных неясной границей серии. Именно вследствие такой неясности границ косые слойки в вертикальном разрезе на зарисовках иногда изображаются в виде непрерывного зигзага, что совершенно неправильно (так как форма косого слойка отражает форму склона песчаного вала в момент его формирования, а последний в разрезе не мог быть зигзагообразным).

Для понимания механизма формирования текстуры важно разобраться в смене типов слоистости, особенно в характере перехода косослоистых

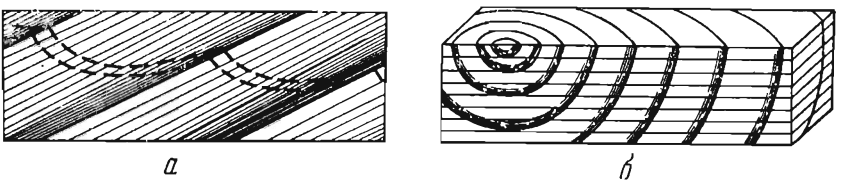


Фиг. 28. Крупная косослоистая серия с пачечным строением в морских отложениях.

а — зарисовка обнажения. На его поверхности в каждой пачке отчетливо видны бурые железистые полосы, изгибающиеся к основанию пачки и создающие впечатление косых слойков. Однако их непрерывный переход из серии в серию отличает их от слойков; *б* — фотография того же обнажения. Железистые полосы почти не видны, но отчетливо выступает группировка косых слойков в пачки

серий в горизонтальнослоистые как по вертикали, так и в боковом направлении. Эти переходы далеко не всегда могут быть обусловлены изменением динамического состояния среды осаждения. Так, например, иногда видимый на поверхности разреза переход (в горизонтальном направлении) горизонтальных слойков в косые обусловлен тем, что песчаный вал (с косослоистой текстурой внутри) обычно имеет изогнутую форму; и когда он пересекается вертикальной плоскостью, на ней виден как бы постепенный переход из фронтального сечения вала в косое (фиг. 30).

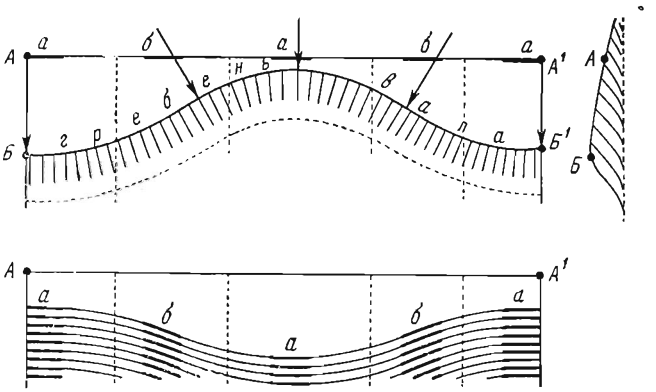
Только разобравшись во всех взаимоотношениях и переходах слойков и серий, можно приступить к зарисовке. На последней отмечаются углы наклона слойков и серий, размеры всех слоевых элементов, их форма, непрерывность или прерывистость, отчетливость, характер изменения материала и



Фиг. 29. Вторичные полосы (типа колец Лизеганга), создающие ложное впечатление слоистости.

а — при пачечном строении слойчатости кольца изгибаются на границе пачек; *б* — при параллельных одинаковых слойках полосы пересекают их концентрическими окружностями

т. д. Мощность слойков обычно не может быть изображена в масштабе зарисовки (за исключением специальных зарисовок строения слойков в крупном масштабе), поэтому на обычной зарисовке отражается лишь относительное изменение мощностей слойков, а точный их размер указывается в тексте описания.



Фиг. 30. Кажущийся переход косой слоистости в горизонтальную, который виден в вертикальном разрезе в результате изогнутости песчаного вала.

Вверху — вал в плане; стрелками показаны направления падения косых слойков. Справа сбоку — поперечный разрез косослоистого вала. Внизу — продольный вертикальный разрез вала по линии *А — А'*. На участках *а* он сечет вал поперек к направлению падения косых слойков, и они в срезе кажутся горизонтальными. На участках *б* он ориентирован косо, и слойки имеют наклон, но более пологий, чем в поперечном разрезе, где виден максимальный угол падения косых слойков

Во всех случаях при зарисовке слоистости следует применять правило: если что-либо неясно, то лучше это оставить неясным, чем зарисовать «так, как кажется», что создает лишь видимость точности.

Способы зарисовок различны и в значительной степени определяются умением исследователя рисовать.

Наиболее простой способ изображения — штриховой (зарисовка близкая к чертежу), когда линиями (сплошными или точечными) указывается направление и форма косых слойков, серийных швов и других текстурных элементов. Такой тип зарисовки легче копировать и перечерчивать тушью (см. фиг. 16, 28, *а*). Несколько сложнее зарисовка с указанием особенностей

текстуры: более темных и светлых элементов породы, ее зернистости, толщины слойков (хотя бы их относительное изменение), включений или линз более грубозернистого материала и т. д. Такая зарисовка уже приближается к рисунку, она труднее, и для ее выполнения требуется некоторое умение рисовать; она может быть как штриховой, так и тоновой.

Достоинства первого способа зарисовки — простота, четкость, легкость выполнения и копирования, отсутствие всего лишнего (изображается только основное и характерное). Второй способ имеет то преимущество, что он дает более реальное представление о текстуре и о связи ее со всем обликом породы. Хорошо, если в зарисовке может быть отражена структура породы, ее зернистость, плотность и т. д.

Иногда можно дать зарисовку-схему, т. е. изобразить линиями не только те слоевые элементы, которые ясно видны, но и продолжить линии там, где они четко не различаются, но должны продолжаться, или при детальном рассмотрении слабо намечаются. Однако при данном способе изображения вносится значительный элемент субъективности и фантазии, в то время как рисунок должен быть документальным. Все же он имеет и положительные стороны: геолог более внимательно присмотрится к изучаемому объекту, к деталям его строения и увидит недостающие элементы общей картины. Поэтому данный способ также может применяться, но в объяснении к рисунку обязательно должна быть оговорена степень его достоверности. Плохо видные и предполагаемые линии при этом лучше проводить пунктиром, штриховым или точечным. Такой тип зарисовки применяется также тогда, когда мы на основании ряда наблюдений хотим дать обобщение в виде синтетического рисунка-схемы, иллюстрирующей определенную разновидность слоистости.

На зарисовках обычно отмечаются места отбора образцов и ставятся номера последних.

Масштаб зарисовки должен быть выбран так, чтобы рисунок отразил все детали, подлежащие фиксации. При этом не следует допускать искажение вертикального или горизонтального масштабов — их отношение должно быть равно 1 : 1. Масштаб надо давать линейный, сбоку или снизу рисунка, проще всего — в виде линии с делениями. Кроме того, рекомендуется указать стрелками размеры отдельных серий или других слоевых элементов, чтобы в камеральный период можно было бы их вычертить более точно. Часто вследствие спешки зарисовка может быть недостаточно точной, поэтому лучше указывать несколько основных размеров на разных участках обнажения.

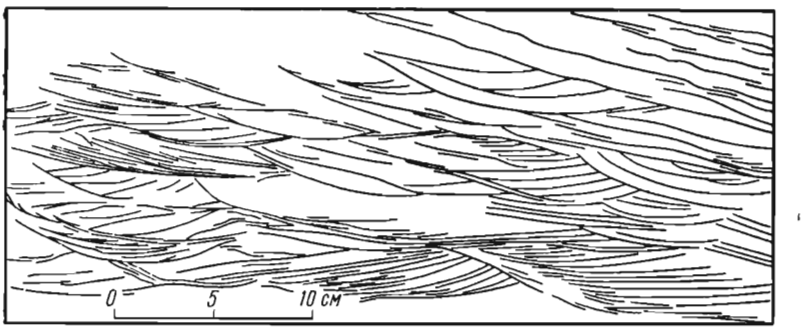
При зарисовке косых слойков угол наклона их обычно искажается в сторону увеличения, поэтому зарисовку косой слоистости следует сопровождать замерами углов наклона слойков в плоскости, с которой делается рисунок (где они могут не совпадать с замеренным истинным максимальным углом наклона). Видные на разрезе изменения углов наклона слойков внутри одной серии или же в смежных сериях следует отражать на зарисовке, так как это указывает либо на изменение скорости течения, либо на изменение его направления при формировании новой серии. Цифры углов наклона слойков указываются тут же, на зарисовке.

При проведении региональных исследований, особенно при съемке, необходимо отмечать ориентировку зарисовываемой плоскости в пространстве, однако для литологических исследований, не имеющих своей целью построение карты, это делать не обязательно. Если выполняется несколько зарисовок одного и того же обнажения, то надо дать схему их пространственного соотношения. Иногда можно привести схематичную общую зарисовку слоистости всего обнажения с указанием соотношения серий с намеченным в них направлением падения слойков, а детали строения серий показать на отдельном рисунке (или на нескольких) в более крупном масштабе.

Для большей точности рисунка обнажение можно разбить по сетке пря-

мыми линиями на квадраты. Сторона квадрата в зависимости от изучаемого объекта может быть разного размера, но чаще она равна 0,2 или 0,5 *м*. В рыхлой породе эта сетка намечается бороздками, а на плотной — прорисовывается (цветным карандашом, мелом) или процарапывается концом молотка; на рисунке та же сетка наносится в соответствующем масштабе. Очень небольшая дополнительная затрата времени на разбивку сетки окупается при этом значительно бо́льшей точностью зарисовки.

В некоторых случаях можно снять точную копию слоистости. Если поверхность обнажения достаточно ровная, зарисовываемая площадь не очень велика, а слоистость видна отчетливо (например. подчеркивается черными



Фиг. 31. Точная копия слоистости, снятая на кальку прямо с поверхности обнажения и затем уменьшенная фотографированием. Слоистость волнистая, асимметричная и косо-волнистая в четвертичных прибрежно-морских отложениях у с. Маныч-Балабинский

штрихами в результате послойного отложения растительного детрита), то, наложив кальку на выровненную поверхность обнажения, карандашом или автоматической ручкой снимают на нее копию рисунка слоистости, указав на чертеже линейный масштаб. Впоследствии этот крупный рисунок на кальке можно уменьшить путем фотографирования до любого нужного размера (фиг. 31). Этот тип зарисовки дает наибольшую точность, но технически он далеко не всегда возможен.

Зарисовки могут быть сделаны не только в одной плоскости, но и даны в виде блок-диаграмм. Однако последние лучше строить уже при камеральной обработке, а в полевых условиях просто делать зарисовки в двух (или трех) взаимно-перпендикулярных (или расположенных под другим углом) плоскостях. Помещенные рядом, эти две проекции дадут достаточно ясное представление об изменении типа слоистости в различных направлениях, но зато при этом не будет искажено соотношение слоевых элементов. По этим двум рисункам в дальнейшем всегда можно построить блок-диаграмму. Примеры разного рода зарисовок и построений приведены ниже при описании конкретных фаций.

Фотографирование обнажений или образцов дает объективную документацию: на снимке не сказывается субъективное восприятие исследователя, как это бывает с зарисовкой. Кроме того, фотографирование требует значительно меньше времени. Но, с другой стороны, фотография дает менее четкую характеристику, отражая все — и главное, и второстепенное, причем часто более отчетливо именно последнее. Различные неровности поверхности обнажения, растительность, различия в окраске, плоскости отдельности и т. п. сильно затушевывают слоистость, а иногда и совсем «забивают» ее на фотографии. Поэтому фотографию и зарисовку одного и того же объекта полезно делать параллельно; фотография обеспечивает объективность и точность, зарисовка подчеркивает основное, наиболее существенное и типичное.

При камеральной обработке, для большей точности сопоставления, их лучше привести к единому масштабу путем фотографирования с уменьшением или увеличением (см. фиг. 29). Часто оба эти способа изображения как бы «совмещаются» — делается рисунок по фотографии.

Для фотографирования слоистости и особенно ее деталей лучше пользоваться широкопленочными аппаратами. При съемке узкопленочными аппаратами целесообразно делать несколько снимков одного объекта с разных расстояний и при различных диафрагмах и выдержках. Иногда необходимо бывает сделать ряд снимков в виде панорамы.

При фотографировании необходимо для масштаба поместить рядом с объектом молоток, карандаш, а еще лучше — линейку с делениями. Если обнажение крупное, то масштабом может служить фигура человека.

В камеральный период можно составить чистовые альбомы, в которых помещаются копии полевых зарисовок с исправлением по произведенным замерам углов наклона, некоторых размеров (длины, мощности) и отдельных элементов рисунка в соответствии с описанием. Делать исправления на полевой зарисовке не следует, так как она является основной первичной документацией. Кроме того, при камеральной работе по отобранным образцам могут быть сделаны новые зарисовки. Все эти рисунки удобно делать либо на листах разборного альбома, либо просто на листах плотной белой бумаги стандартного размера (например, в $^1/_4$ часть листа). На зарисовках во всех случаях необходимо указывать линейный масштаб или давать размеры основных элементов текстуры.

Фотографии образцов и зарисовок удобнее всего делать размером 9×12 или 13×18. При фотографировании образца рядом с ним (или на него) следует положить небольшую сантиметровую линеечку или просто узкую ленточку миллиметровки с помеченными тушью сантиметрами. Это делается для того, чтобы в дальнейшем можно было переснять фотографию с любым уменьшением или увеличением, не оговаривая это в тексте (часто это делать забывают и тогда масштаб либо пропадает, либо, что еще хуже, не отвечает действительности).

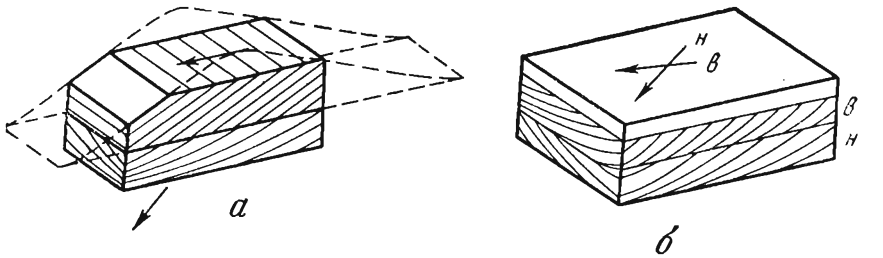
Можно сделать альбом, заменяющий эталонную коллекцию, в котором характерные фото и зарисовки будут подобраны по определенному принципу. Если альбом не окончательный, а рабочий, то фотографии можно не наклеивать, а лишь вставлять в сделанные бритвой надрезы (как в альбомах для открыток), монтируя их на листах стандартного размера. Такой монтаж делается очень быстро, причем он допускает всевозможные перестановки и замену.

4. Наблюдения слоистости в различных плоскостях

Ввиду того, что слой — это трехмерное тело, которое в зависимости от сечения дает несколько различный рисунок внутренней слоистости (слойчатости), во всех методических руководствах указывается на необходимость наблюдения ее в двух, а по возможности и в трех измерениях. Действительно, такие наблюдения дают наиболее полное представление о текстуре, но, к сожалению, на практике выполнить их далеко не всегда возможно. В большинстве случаев геолог видит в разрезе лишь одну плоскость, в лучшем случае он может кое-где найти плоскость, к ней перпендикулярную (или ориентированную под углом). Однако не следует смущаться тем, что морфологическую классификацию слоистости (т. е. определение ее формы) мы даем по ее виду в вертикальной плоскости, так как признаки, положенные в ее основу, выбраны уже с учетом этого обстоятельства.

Как показал опыт работы, тип слоистости определяется в любом сечении, за исключением некоторых особых случаев. Лишь иногда поперечное сечение крупной косослоистой серии, направленное точно поперек направлению потока, показывает параллельное и как бы горизонтальное расположе-

ние слойков. Однако такое направление слойков будет наблюдаться далеко не во всех сериях. В другой серии, вследствие некоторого изменения направления течения, мы уже заметим (в том же срезе) наклон косых слойков (фиг. 32). Таким образом, серии, кажущиеся горизонтальнослоистыми, будут единичны; наличие таких горизонтальнослоистых серий среди крупных косослоистых сразу вызывает сомнение, требующее проверки по поперечному срезу. В подавляющем же большинстве случаев тип слоистости



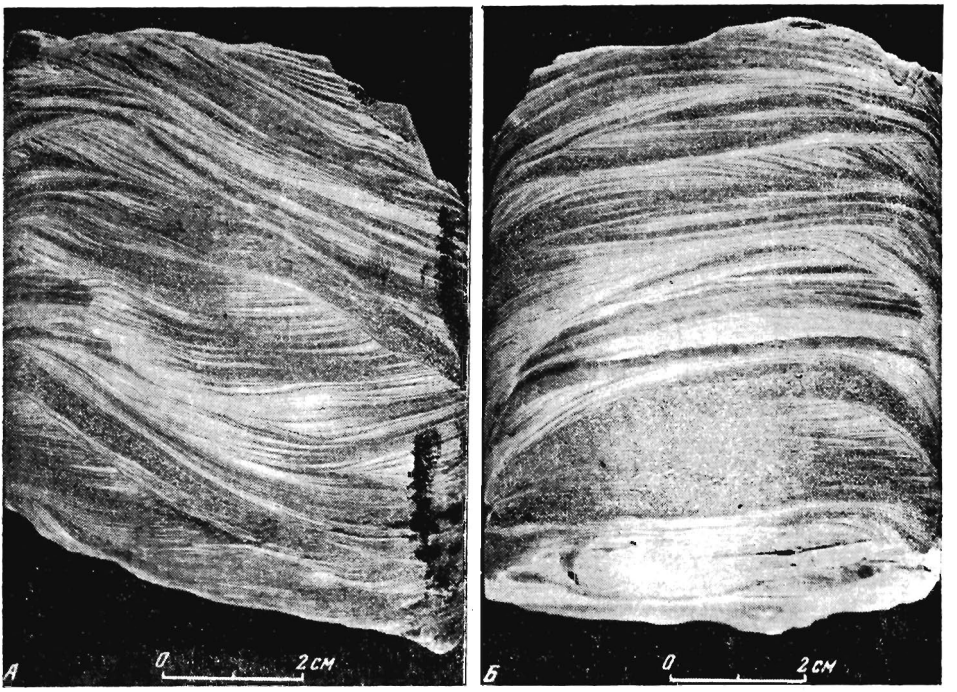
Фиг. 32. Изменение слоистости в зависимости от сечения.

а — косая параллельная слоистость. Верхняя серия в перпендикулярном срезе кажется горизонтальной, но нижняя уже обнаруживает косой наклон слойков. Стрелкой указано направление течения, пунктиром — первоначальная форма песчаного вала; *б* — косая параллельная однонаправленная слоистость, видная в правом срезе; в перпендикулярном к нему левом срезе обнаруживается направление падения слойков в разные стороны, но углы падения при этом весьма пологие, что указывает на сечение, близкое к фронтальному.

Стрелки указывают направление течения для нижней (*н*) и верхней (*в*) косослоистых серий. На изменение направления течения указывает различие в углах падения косых слойков в смежных сериях и выполаживание их в сечении, расположенном косо по отношению к направлению течения

(косая, волнистая и др.) определяется по любому сечению, так же как и подтип (так как мощность серий мало изменяется в зависимости от ориентировки вертикального сечения). Признаки видов и разновидностей (см. табл. V) также обычно ясно выявляются в любом более или менее вертикальном сечении. Другие признаки — внутреннее строение слойков, их соотношение, отчетливость и выдержанность рисунка слоистости, ее подчеркивание и ряд других — тем более не зависят от направления сечения, но для их точного определения вообще необходимы замеры.

Таким образом, объективные морфологические признаки слоистости, независимо от деталей ее рисунка, обычно позволяют дать ее определение даже по одному сечению. На фиг. 33 приведена фотография керна в плоскости, примерно параллельной падению косых слойков (*А*), и в плоскости, к ней перпендикулярной (*Б*). В обеих плоскостях слоистость косо-волнистая, мелкая, смещенная, однонаправленная, вогнуто-выпуклая. Слойки сходящиеся, тонкие и очень тонкие, отчетливые, иногда прерывистые, подчеркиваются глинистой примесью в алевритовом материале. Серийные швы изогнуты. Однонаправленность слоистости, так же как и волнисто-изогнутая форма серийных швов, лучше определяются по сечению *А*, но видны и в сечении *Б*. Отсюда ясно, что независимо от направления среза определяются тип, подтип, вид, разновидности и ряд деталей строения слойков, и только некоторые признаки слоистости могут быть различными в разных срезах. Из сказанного, конечно, отнюдь не вытекает, что не следует смотреть слоистость в разных сечениях. Особенно это существенно для некоторых типов слоистости; например, если мы видим среди косослоистых серий горизонтальнослоистые, то следует выяснить, не являются ли они фронтальным срезом косослоистых серий. Перекрестная мульдообразная разнонаправленная слоистость с размером серий примерно 10—20 *см* может быть обнаружена в одном из срезов отложений подводной части дельты (при слабых течениях) и в прибрежно-морских отложениях (с сильными движениями воды). Поперечный срез в первом случае покажет косую смещенную слоистость, во



Фиг. 33. Однотипность текстуры в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях керна.

А — примерно по направлению течения; *Б* — в направлении, к нему перпендикулярном. Рисунок слоистости несколько отличается, но тип, подтип, вид и разновидности слоистости (косо-волнистая, мелкая, смещенная, однонаправленная, вогнуто-выпуклая) определяются одинаково в обоих срезах

втором — волнистую, мульдообразную и таким образом позволит различить генетические типы. Вообще для любых видов слоистости рассмотрение ее в двух сечениях, если оно возможно, конечно, дает лучшее представление о ее характере, чем одно сечение. Оптимальными для определения являются взаимно-перпендикулярные плоскости, из которых одна (в случае косой слоистости) направлена по падению косых слойков (т. е. по течению потока), а другая — поперек к этому направлению. К сожалению, именно эти сечения не всегда можно получить в природных условиях, особенно в плотных породах. Кроме того, плоскость разреза, имеющая точное совпадение с направлением потока для одной серии, обычно уже не будет таковой для остальных косослоистых серий. Соответственно и перпендикулярная ей плоскость будет давать срезы не фронтальные, а в большей или меньшей степени косые для каждой серии. Поэтому при практической работе в поле совершенно не всегда обязательно искать точно ориентированные разрезы. Лучше за имеющееся время сделать большее количество наблюдений слоистости в сечениях разного направления (обязательно помечая при этом, в каком соотношении друг с другом они находятся — параллельны, под углом и т. д.). Наилучшими для наблюдений косой слоистости будут плоскости, где для большинства косослоистых серий углы падения косых слойков наиболее крутые, а для волнистой слоистости — сечения с наиболее крутыми волнами. При производстве региональных работ необходимо отмечать ориентировку плоскостей разреза, это впоследствии может помочь при решении вопроса о направлении перемещения осадочного материала.

5. Замеры и пересчеты

Путем замеров определяются мощности слоевых элементов (слойков, их пачек, серий, слоев), их протяженность, длина, высота и индексы ряби, углы падения косых слойков и азимуты направления их падения.

Мощность слойков, серий и пачек для всех типов слоистости замеряется по нормали, но если верхняя и нижняя границы слоевых элементов не параллельны, то она замеряется перпендикулярно к нижней границе. Если мощность сильно изменчива, то указываются колебания от — до и преобладающий размер. В подавляющем большинстве случаев лучше определить порядок цифр, замерив мощность слоевых элементов в нескольких местах, чем точно измерить ее, но только в одном месте (за исключением, конечно, специальных наблюдений, например, при коннексии ленточных отложений, когда требуется большая точность замера всех слойков и их пачек).

Иногда для косой слоистости определяется протяженность косослоистых серий как вдоль, так и поперек к направлению потока, их образовавшего.

Для волнистой слоистости и связанных с нею переходных и сложных типов (см. фиг. 22) определяется длина волны, равная расстоянию между гребнями или длине валика ряби (в поперечном разрезе), высота волны, равная мощности серии, и индекс ряби — отношение длины волны к ее высоте ($l : h$). Для асимметричной слоистости определяется степень ее асимметрии — отношение проекции ее пологого склона к проекции крутого склона ($l_2 : l_1$), или же показатель асимметрии — отношение длины пологого склона валика к длине крутого склона ($дп : дк$; см. раздел II). Для косой, особенно для крупной и очень крупной слоистости замеряются углы наклона косых слойков (а иногда и наклона границ серий). Замеры эти производятся компасом на поверхности наслоения; однако эту поверхность можно обнажить далеко не всегда даже в плотных породах, а тем более в рыхлых. Кроме того, при складчатом залегании необходимо делать поправки на угол падения слоя путем специальных пересчетов. Наконец, в результате выполаживания слойков к основанию серий и срезания последних сверху до различных уровней мы получаем при замерах разные углы наклона слойков для разных серий даже при одних и тех же первоначальных углах наклона слойков во всех сериях. Между тем, для генетических выводов более важен преобладающий порядок цифр, так как отдельные цифры углов падения слойков в отложениях разных фаций могут повторяться.

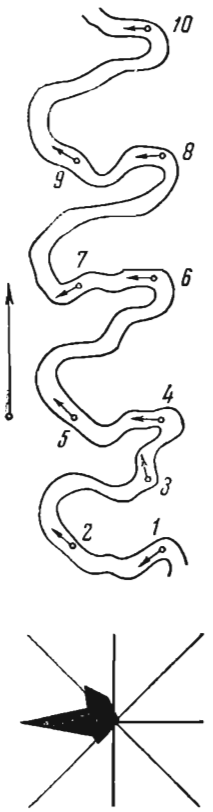
Например, если в морских отложениях преобладают углы падения от 15 до 20°, а в речных от 20 до 30°, то точно замеренный угол — 20° еще ничего не определяет. Если же мы укажем пределы колебаний в ряде замеров, то это даст более точное указание на генетический тип отложений. Из всего сказанного вытекает, что при производстве обычных геологических работ (исключая литологические специально направленные исследования) определять углы наклона косых слойков можно в той плоскости разреза, где они наиболее крутые, путем непосредственного замера наклона наиболее крутой части слойка по отношению к нижней границе серии (указывая пределы колебания этих данных)[1]. Такие замеры, конечно, менее точны, но их можно выполнять значительно быстрее, а их большое количество выявит средний порядок цифр, достаточно характерный для условий формирования осадков. При замерах углов наклона слойков следует обратить внимание на то, остаются ли они постоянными внутри каждой серии, а также от серии к серии в разрезе, или же изменяются и как именно. Такие наблюдения могут дать дополнительные данные для определения фаций, а также

[1] Конечно, этот способ применим лишь для слоистости параллельной или слабо смещенной с пологим наклоном границ серий (которым можно пренебречь). Для перекрестной слоистости с резким изменением наклона границ слойков и серий слойков таким путем можно определить лишь колебания углов наклона от максимума до минимума (с соответствующей оговоркой).

указать на характер движения среды отложения и изменения ее скорости. Более точные замеры можно выполнить при помощи специальных методов и приемов, с пересчетом по определенной методике, описание которой приведено в специальных статьях и руководствах (Вассоевич и Гроссгейм, 1951; Методическое руководство..., 1954; Хабаков, 1954; Ботвинкина, 1962, и др.).

Замеры азимутов падения косых слойков

Массовые замеры азимутов падения косых слойков с дальнейшим их графическим обобщением (построение роз-диаграмм, векторов и др.) получают все большее распространение, особенно в работах зарубежных геологов. Этот метод привлекает своим «математическим уклоном» и кажущимися точностью и объективностью — механически выполняются сотни замеров, затем производится математический пересчет, в результате которого может быть получен объективный, на первый взгляд, вывод о положении источника сноса, направлении потоков и т. д. Однако в действительности, для того чтобы при работе этим методом получить положительные результаты, необходим ряд условий:



Фиг. 34. Возможность ошибочного определения направления меандрирующего потока при замерах азимутов падения косой слоистости.

Стрелка указывает общее направление потока к северу. Однако вследствие меандрирования реки направления косых слойков в русловых осадках в пунктах наблюдения (обозначены цифрами) не совпадают с общим направлением реки. Даже при довольно правильных интервалах наблюдения может быть такой случай, что построенная роза-диаграмма покажет совершенно иное направление (в данном случае — на в·сток)

1. Замеры необходимо выполнять раздельно по фациальным типам отложений. Значит, исследователь должен ясно представлять себе, к отложениям какого генетического типа относится каждый замер. Если этого не сделать, то смешение результатов замеров, произведенных в отложениях разных фаций (например в песках аллювиальных, ориентированных в общем поперек к береговой линии, и в прибрежно-морских, образуемых течением вдоль берега), в конечном итоге не выявит никаких закономерностей.

2. Замеры, выполненные в разных пунктах, должны относиться к одному и тому же (и притом достаточно узкому) стратиграфическому горизонту, т. е. должна быть уверенность в правильной стратиграфической увязке разрезов. В противном случае можно спутать изменения в направлении течений на площади с изменением их направления во времени.

3. Положительные результаты могут быть получены в том случае, если осадки накапливались при устойчиво выдержанном течении (как во времени, так и на площади). При замерах слоистости в отложениях сильно меандрировавшей палеореки случайное распределение точек замеров может привести к существенным ошибкам (фиг. 34).

4. Донные валы, формируемые течением, обычно имеют в плане изогнутую форму и неровную поверхность и часто смещаются. В зависимости от расположения плёсов и перекатов, вследствие сложного движения струй в турбулентном потоке, изменение деталей морфологии валов, а следовательно, и направления наклона слойков в косослоистых сериях, будет сказываться тем сильнее, чем больше будет площадь.

5. В отложениях континентальных потоков осадки рукавов и протоков в ископаемых толщах практически не отличимы от осадков основной

реки; в то же время наклоны слойков в них резко отличаются от основного направления сноса. Замеры углов наклона слойков в указанных случаях не отразят действительного положения области сноса.

6. При замерах в складчатых областях, и особенно в тектонически нарушенных районах, возможность ошибок еще более возрастает (несмотря на имеющуюся методику пересчета углов и азимутов наклона слойков).

7. При наличии благоприятных естественных условий для получения правильных выводов замеры необходимо производить по достаточно частой и относительно равномерной сетке, исключающей влияние случайного подбора точек.

Все сказанное, конечно, отнюдь не отрицает возможность применения этого метода вообще. В ряде случаев замеры направлений падения косых слойков, проведенные с учетом всех возможных осложнений, дают интересные результаты. Кроме того, пользуясь этим методом, можно точно разделить слоистость на однонаправленную, попеременно-разнонаправленную, беспорядочно направленную и веерообразную. Наиболее применим этот метод для отложений рек со слабым меандрированием, временных потоков, морских течений постоянного направления (более удаленных от берега) и подводных частей дельт. Для последних он особенно важен, так как типичное для них веерообразное падение косых слойков может быть точно установлено только путем замеров. При замерах азимутов падения косых слойков направления течений могут быть определены по характеру наклона и расположения галек, ориентировке удлиненных органических остатков и неорганических включений в породе, ориентировке знаков на поверхности наслоения (знаков ряби, следов волочения и др.), ориентировке песчаных зерен. Методика проведения этих замеров описана в специальных работах.

Данные, полученные на основании всех этих замеров, необходимо увязывать с другими фациальными признаками пород и особенно с данными по слоистости. Необходимое количество замеров направлений падения косых слойков зависит от площади исследования и определяется конкретными возможностями, но, как правило, эти замеры должны быть массовыми и равномерными. Для получения средних данных необходимо проводить замеры последовательно в каждой серии данного генетического типа (или в одном и том же количестве серий), не поддаваясь искушению замерять только там, где это легче, или там, где слоистость видна лучше.

Прежде чем приступить к этой весьма трудоемкой работе, необходимо определить желательный минимум наблюдений и замеров, взвесить, сколько времени для этого потребуется и что это даст (какая задача должна быть решена). Как ранее указывал А. В. Хабаков, наблюдения, равномерно распределенные на изучаемой территории и сравнимые друг с другом, могут дать больший эффект, чем данные более подробные, но расположенные не систематически, сгруженные на небольшом участке или не доведенные до конца по принятой программе. Иногда менее точные определения, но проведенные на большом материале, дают больший эффект, чем очень точные, но единичные замеры, или точные и многочисленные, но выполненные механически.

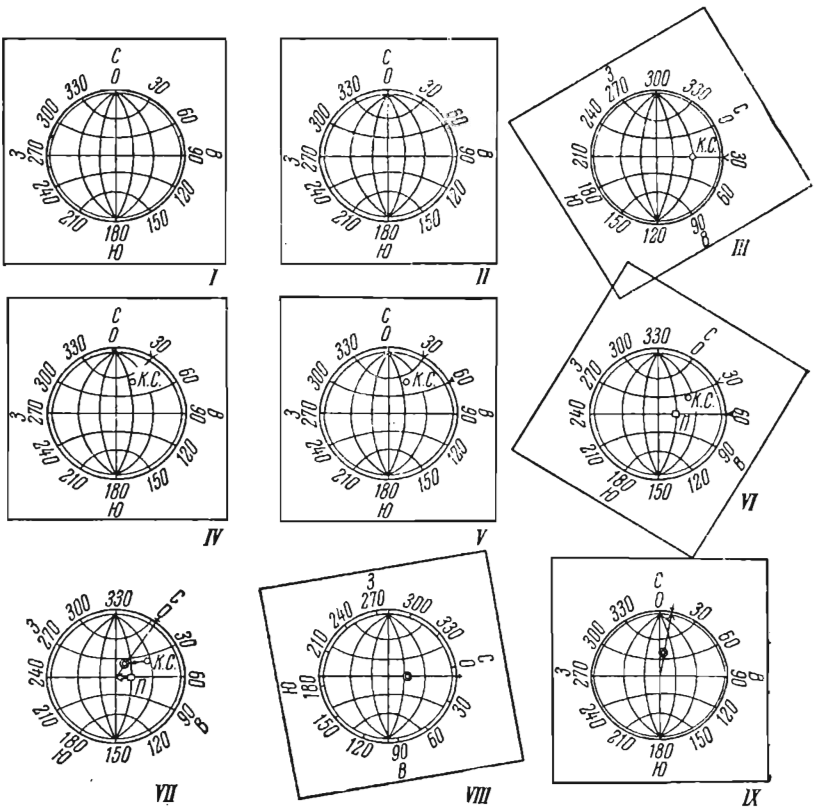
Замеры азимутов падения косых слойков в недислоцированных толщах производятся непосредственно компасом. Для замеров в дислоцированных толщах существует ряд приемов и методов пересчета, из которых мы приводим краткое изложение метода, предложенного Н. Б. Вассоевичем и В. А. Гроссгеймом (с использованием сетки Вульфа).

Разберем его на примере (фиг. 35). Исходные данные замеров следующие: азимут падения косых слойков — СВ 30°, угол их падения — 60°; азимут наклона первично-горизонтальных слоев (т. е. залегание толщи) — СВ 60°, угол их падения — 30°. Описание последовательности операций приводится по Н. Б. Вассоевичу и Н. А. Гроссгейму (1951, стр. 18—20):

«На сетку Вульфа накладывают восковку (кальку), на которой и производят все операции, связанные с решением задачи. Операции эти заключаются в следующем (см. нашу фиг. 35, на которой внешний квадрат обозначает восковку):

I. Отмечают на восковке: крестиком центр окружности (сетки), четырьмя черточками, перпендикулярными к внешней окружности, страны света — наверху С (0—360°), справа В (90°), слева З (270°) и снизу Ю (180°).

II. Наносят на сетку точку, отвечающую замеренным в поле элементам залегания косых слойков (в одной их серии). Для этого по внешнему (большому) углу отсчитывают



Фиг. 35. Техника редукции при помощи сетки Вульфа (по Вассоевичу и Гроссгейму, 1951).

Круг — сетка Вульфа; прямоугольник с градусной шкалой — восковка, наложенная на сетку Вульфа. При всех операциях сетка Вульфа остается неподвижной, вращается лишь восковка с цифрами и буквами на ней. Объяснение дано в тексте

по часовой стрелке градусы азимута падения косых слойков (на нашей фиг. 35—30°) и на соответствующем месте ставят «птичку».

III. Совмещают, вращая восковку вокруг центра сетки, «птичку» с экватором, т. е. с линией В—З. После этого отсчитывают от центра сетки (от крестика на восковке) по направлению к «птичке» число градусов угла падения косых (первично-наклонных) слойков (на нашей фиг. 35—60°). Полученную точку отмечают кружком и около нее пишут (для памяти) буквы «к. с.» (косые слойки).

IV. Возвращают восковку в исходное положение (I); положение косых слойков теперь точно зафиксировано. Затем приступают к нахождению местоположения на сетке Вульфа точки, отвечающей пространственной ориентировке дислоцированных первично-горизонтальных слоев (по замеру, произведенному в поле горным компасом). Операции, которые для этого производят, аналогичны с уже произведенными для косых (первично-наклонных) слойков.

V. Отмечают на внешнем круге (на восковке) «птичкой» (отличной от «птички» косых слойков) азимут падения слоев (на нашей фиг. 35 — СВ 60°).

VI. Вращают восковку до совмещения соответствующей «птички» с экватором на сетке Вульфа и после этого отсчитывают от ее центра число градусов, отвечающее углу падения слоев (на фиг. 35—30°). Полученную точку отмечают квадратиком и буквой П. На этом заканчиваются предварительные операции. Теперь можно перейти к осуществлению редук-

ции, т. е. к приведению первично-горизонтальных слоев в их исходное положение (к «вычитанию тектоники»).

VII. Для этого, не смещая точки в квадратике (с буквой П) с экватора, т. е. с линии В — З (положение VI), переносят точку в кружке (к. с.) по ее параллели (по дуге) на число градусов, равное углу падения первично-горизонтальных слоев. Направление, в котором перемещают кружок (к. с.), определяется направлением от квадратика (П) к центру сетки Вульфа. Полученную точку обводят двойным кружком. Это и есть искомая точка, представляющая проекцию точки пересечения перпендикуляра к плоскости косых слойков со сферой (при горизонтальном положении первично-горизонтальных слоев). Теперь остается только определить координаты этой точки, иными словами — элементы залегания косых слойков после редукции, т. е. их первичный наклон (до тектонических движений).

VIII. Первичный угол падения косых слойков определяется после приведения точки (двойной кружок) на экватор (т. е. на линию В—З) путем отсчета по нему числа градусов между точкой и центром сетки.

IX. Азимут линии падения отсчитывается по внешнему кругу после совмещения С и Ю на восковке и на сетке Вульфа и проведения радиуса через найденную точку (двойной кружок)».

Рекомендуется проверить усвоение описанной методики на следующем примере (взятом из указанной выше статьи). Элементы залегания слоев (первично-горизонтальных): З 270°, угол 75°, замеренное залегание косых слойкой СЗ 303°, угол 62°. После редукции первичное падение косых слойков должно получиться СВ 25°, угол 32°.

Н. Б. Вассоевич и В. А. Гроссгейм разбирают также случаи и более сложные, по сравнению с описанным, и более простые; например, если азимуты косых и первично-горизонтальных слойков равны, тогда истинные углы падения первых определяются путем вычитания. Если залегание слоев горизонтальное или имеет очень небольшие углы наклона, то первичное залегание косых слойков определяется при помощи обычного простого замера компасом.

Авторы цитируемой работы указывают: «Если после редукции угол наклона косых слойков получается менее 5°, то это обычно обозначает, что за косые слойки были приняты первично-горизонтальные слои ... Если угол наклона после редукции получается большим, чем 40° (наибольший угол естественного откоса), то значит в полевые замеры или в редукцию вкралась ошибка. Таким результатом следует пренебречь» (стр. 24).

Однако прежде чем «пренебрегать», во-первых, надо проверить редукцию, во-вторых, следует иметь в виду, что очень малые углы наклона свойственны пляжевым и некоторым другим морским отложениям, а с другой стороны — в некоторых случаях углы наклона слойков могут достигать величины большей 45°, особенно при неровном дне (когда течение «поднимается по склону») или же в отложениях временных потоков при очень быстром нагромождении осадка. Поэтому, прежде чем отвергнуть полученные данные, необходимо тщательно проанализировать, действительно ли они явились результатом ошибки при полевых замерах?

Всем желающим применить в полевых условиях указанный метод исследования можно рекомендовать указанную статью Н. Б. Вассоевича и В.А.Гроссгейма, из которой здесь приведены в весьма сокращенном виде только основные методические указания. Необходимо отметить, что группой сотрудников Института геологии в г. Петрозаводске — Ю. И. Сацуком, А. В. Рылеевым и К. И. Хейсканеном разработан более простой способ массовых замеров косой слоистости с помощью изобретенного ими специального прибора — «косомера».

6. Отбор образцов и составление коллекций

Образцы текстур отбираются для иллюстрации слоистости в целом (преимущественно мелкой) или же ее деталей (для слоистости крупной), а также для того, чтобы показать особенности контактов, границ слоевых элементов и т. п. Они могут отбираться по-разному: послойно, более или менее равномерно — для характеристики изменения текстур слоев по разрезу; по комплексам, характеризующим генетические типы пород; для характеристики

всех встреченных морфологических типов слоистости; наконец, для составления эталонных коллекций.

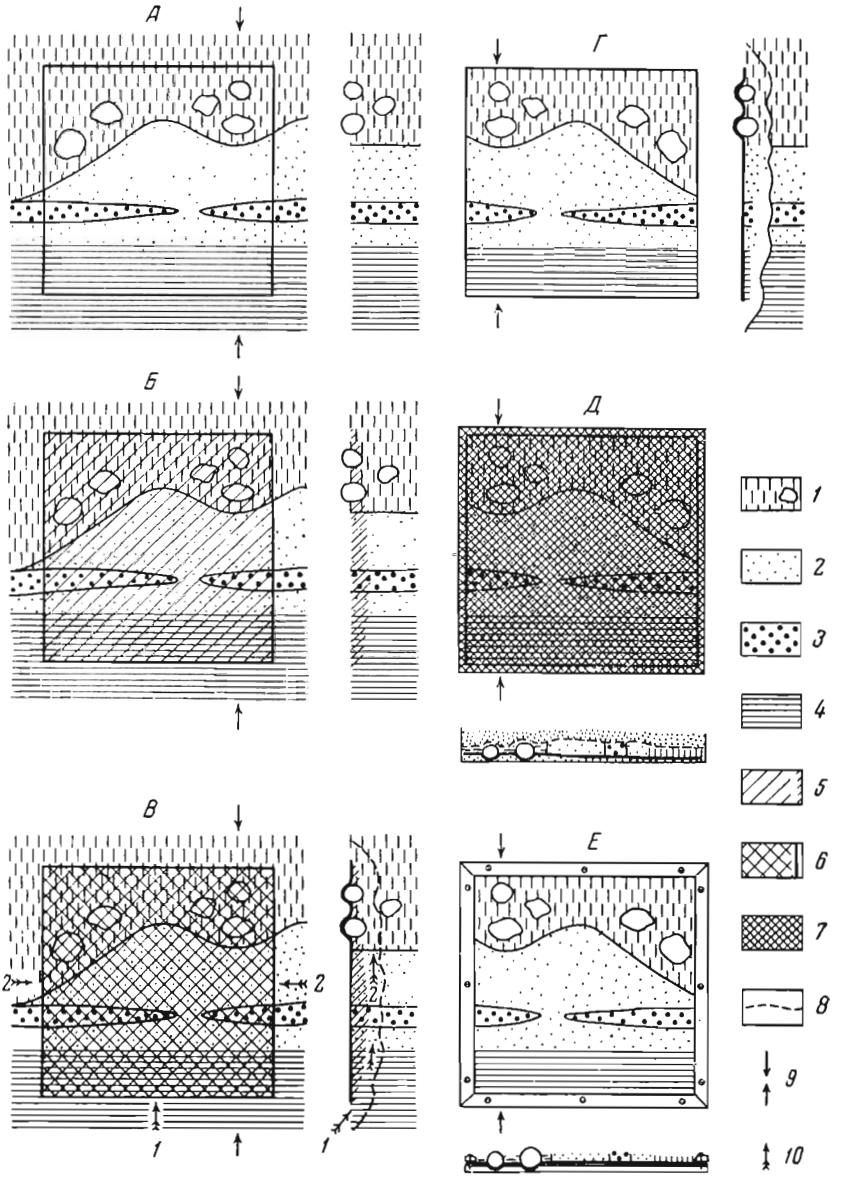
Образец, иллюстрирующий слоистость, не должен быть слишком маленьким — на нем должна быть заметна если не целиком вся серия слойков, то хотя бы достаточная ее часть. При отборе образцов не следует увлекаться только какими-либо эффектными или особенными текстурами (что часто бывает, особенно с начинающими исследователями). Образцы должны иллюстрировать прежде всего основные, наиболее характерные и часто встречающиеся признаки изучаемой текстуры, а потом — отклонения от нее. Поэтому исследователю необходимо еще при работе в поле составить себе ясное представление об основных преобладающих и характерных типах слоистости. Если имеются крупные серии, которые не могут быть представлены в одном образце, следует взять образцы из нижней, средней и верхней частей серии; вместе с соответствующей зарисовкой серии они дадут в целом достаточное представление о виде слоистости.

Хорошие образцы в виде штуфов или столбиков керна могут быть взяты только из достаточно уплотненных пород. Для рыхлых, сыпучих пород существует особая методика отбора образцов в виде ящичных или пленочных монолитов (особенно интересны последние). Методика их изготовления описана в ряде работ (Voigt, 1939; Орвику, 1948; Новожилов, 1951; Ботвинкина, 1962, и др.). Суть ее понятна из подписей к фиг. 36. Иногда при изучении современных грунтов текстурные образцы рыхлых пород отбираются просто наклеиванием на колонку породы узкой ленты кальки, намазанной клеем. Однако при этом надо соблюдать большую осторожность, чтобы не нарушить текстуру породы, и учитывать, что эти «образцы» естественно очень непрочны.

Отобранные образцы, помимо изучения их для характеристики данного конкретного разреза, можно использовать для составления эталонных коллекций, которые особенно полезны при коллективных работах (для выработки «единого языка» среди членов коллектива). В частности, можно составить, например, следующие эталонные коллекции текстур: 1) текстуры, характерные для разных фаций; 2) морфологические типы слоистости и их подтипы по размеру; 3) текстуры, характерные для разных пород данного района (песчаников, известняков и др.); 4) нарушенные текстуры разного генезиса. Могут быть составлены и другие коллекции в зависимости от направления работ (например текстур руд и вмещающих пород рудных горизонтов).

Эталонные коллекции прежде всего должны характеризовать наиболее распространенные, типичные текстуры. При составлении коллекций (так же, как и при отборе образцов вообще) в них не следует помещать только эффектные, но редко встречающиеся образцы в ущерб образцам менее красивым, но зато более типичным. Сказанное, конечно, не значит, что текстуры редкие, особенно «экзотические» вовсе не следует помещать в эталонную коллекцию. В соотношении характерных и редких образцов следует соблюдать чувство меры, тем более потому, что эталонные коллекции вообще не должны содержать слишком большое количество образцов.

Образцы, предназначенные для эталонной коллекции, лучше намечать сразу при полевых работах, когда яснее видно, какой из многочисленных образцов наиболее типичен и представителен. Окончательное ее составление производится уже в камеральный период, когда из лучших образцов отбираются самые лучшие и самые типичные. В партии или в экспедиции возможно составление коллективной эталонной коллекции. Наличие такой единой коллекции будет способствовать одинаковому пониманию природного многообразия рисунков слоистости, выработке общей терминологии и единству в трактовке генезиса всеми сотрудниками геологической партии или экспедиции.



Фиг. 36. Отдельные этапы (*А*—*Е*) изготовления пленочного монолита (по К. К. Орвику, 1948).

1 — основная морена с валунами; *2* — слоистый песок; *3* — прослой гальки в песке; *4* — глина; *5* — часть слоев, пропитанная жидким целлулоидным лаком; *6* — пленка, образовавшаяся при высыхании вязкого целлулоидного лака; *7* — покров песка на пленочном монолите при высыхании последнего в ящике; *8* — бумажная ткань, покрывающая пленочный монолит; *9* — направление профиля; *10* — порядок освобождения пленочного монолита со стенки разреза. Отдельные этапы изготовления пленочного монолита изображены анфас (слева и сверху) и в профиль (соответственно справа или внизу).

Характеристика отдельных этапов: *А* — часть разреза, намеченную для изготовления монолита, выравнивают в немного большем размере, чем площадь будущего монолита (граница последнего дана жирной чертой); *Б* — после того, как выравненная поверхность высохла, породы пропитывают жидким целлулоидным лаком, который, высыхая, цементирует рыхлые части породы, образуя корку; *В* — цементированную корку пород покрывают вязким целлулоидным лаком два-три раза. Лак, высыхая, образует устойчивую пленку, которая соединяется с цементированной коркой пород, в результате чего и образуется пленочный монолит. После того, как целлулоидная пленка высохла, пленочный монолит освобождают от разреза: освобождение начинают с нижней его части, потом переходят к боковым частям и, наконец, освобождают верхнюю часть монолита; *Г* — на освобожденном пленочном монолите, имеющем на оборотной стороне целлулоидную пленку, получается как бы зеркальное отражение обнажения (правая и левая сторона меняются местами); *Д* — для окончательного высыхания пленки монолит помещают в ящик под слой песка; *Е* — высохший пленочный монолит прикрепляют рамой к дощатой или фанерной основе

Б. ОПИСАНИЕ СЛОИСТОСТИ И АНАЛИЗ ЕЕ ПРИЗНАКОВ

Определения и предварительные выводы

Приступая к описанию слоистости, геолог должен прежде всего точно определить ее морфологический тип, подтип, вид и разновидности (на основании признаков, указанных в разделе II). При этом абсолютно должны быть исключены неопределенные, неточные и неправильные формулировки (как, например, «слоистость косая, немного волнистая», «слоистость волноприбойных знаков» и т. п.). Затем следует перейти к характеристике слойков и их серий в соответствии с таблицами морфологической и фациально-генетической классификации. Описание признаков удобнее давать в том порядке, в каком они приведены в табл. XVI—XVIII, так как последние составлены с учетом значения отдельных признаков для определения каждого из типов.

Рассмотрим примеры описания (табл. 8).

При описании необходимо определить, имеются ли серии одного типа, или же чередуются разные простые типы, или, быть может, последние образуют устойчивое сочетание, дающее сложный тип. Если в просмотренном

Таблица 8

Пример описания косой слоистости

Отмечаемые признаки	Описание конкретной слоистости
Порода и ее структура	Песчаник полимиктовый, от мелкозернистого до среднезернистого
Признак, выявляющий слоистость	Слоистость выявляется слабым изменением гранулометрического состава в слойках
Тип по форме	Слоистость косая
Подтип по величине серий	Крупная
Вид по соотношению серий (и подвид по форме серий)	Резко перекрестная (слабоизогнутая)
1-й признак разновидности (направленность слойков в смежных сериях)	Веерообразно-разнонаправленная
2-й признак разновидности (форма слойков)	С вогнутыми слойками
Признаки слойков: соотношение в серии, строение, сортировка, отчетливость, выдержанность, мощность, угол наклона и его изменение, распределение в серии, включения на поверхности наслоения и др.	Слойки, слабо сходящиеся внизу, однородные, иногда со слабой прямой ритмической сортировкой, отчетливые, выдержанные, мощность средняя (1—2 *см*). Угол наклона изменчивый, достигает 30°. Распределение в серии равномерное. На поверхности слойков имеется растительный детрит в небольшом количестве, который подчеркивает рисунок слоистости
Распределение серий в пласте и изменение его структуры	В середине пласта порода более грубозерниста и серии несколько крупнее
Другие признаки	В двух местах отмечен пучковидный характер слоистости

интервале встречены разные типы слоистости, то по возможности следует отметить основные и подчиненные.

При определении слоистости (особенно в начале работы) хорошо иметь в полевой книжке небольшую карточку-таблицу на плотной бумаге с перечнем всех признаков в определенной последовательности. В дальнейшем исследователь привыкает к определенному порядку просмотра текстурных признаков и их описания. Это имеет большое значение, так как упущение какого-либо признака в дальнейшем, при переходе к выводам, может оказаться существенным пробелом и помешать определению генетического типа слоистости. Кроме того, принятый один и тот же порядок описания делает легко сопоставимыми различные описания, а также очень упрощает пользование фациально-генетическими таблицами.

Определение морфологического типа слоистости и выявление всех его признаков ни в коем случае нельзя делать механически, оно обязательно должно сопровождаться параллельным продумыванием генетического смысла каждого признака. При описаниях необходимо отмечать также изменение слоистости последующими процессами (подчеркивание ее или же, наоборот, затушевывание), а также ее нарушения.

Иногда, наблюдая небольшой участок обнажения, можно спутать косую слоистость со слоистостью наклонной, облекавшей древний рельеф. Главное их отличие состоит в том, что в косой слоистости слойки косо наклонены к основанию серии, а в наклонной и облекающей — в общем параллельны ему. Поэтому необходимо обратить внимание на соотношение слойков с границами серии. Это важно еще и потому, что такая наклонная слоистость иногда может быть принята за второстепенную тектоническую складчатость. Иногда слоистость облекания может быть ошибочна определена как волнистая.

Определения последовательности и сочетаний типов и видов слоистости, а также основных и подчиненных типов позволяют выделить комплекс слоистых текстур. Затем, если это возможно, делается предварительный вывод о фациальной принадлежности описываемых текстур[1], но часто сразу на обнажении это бывает трудно сделать. В таком случае фациальная принадлежность текстур определяется уже по возвращении в лагерь на основании сопоставления выявленных признаков с признаками, указанными в таблицах. Конечно, эти выводы не будут окончательными: при камеральной обработке, при совместном анализе всех признаков они могут быть уточнены и дополнены.

Нельзя давать определение сразу только генетического типа слоистости без указания его морфологических признаков, например: «песчаник среднезернистый, слоистость косая дельтовая». Такие определения очень заманчивы своей лаконичностью и законченностью, однако они вредны, так как исключают возможность проверки их как самим автором, так и другими исследователями. Для начинающих же работать в этой области они абсолютно недопустимы, потому что могут привести к очень существенным ошибкам, выявление и исправление которых будет невозможно из-за отсутствия фактического материала наблюдений. Но тем не менее думать о генетической трактовке описываемой слоистости надо начинать уже в поле, так как при этом сразу выявляются слабые места и недостаточность наблюдений, которые можно уточнить и восполнить в процессе дальнейшей работы.

По мере накопления опыта предварительные выводы напрашиваются сразу: даже при беглом просмотре материала наметанный в этом направлении глаз геолога уже улавливает основные и самые характерные черты слоистой текстуры. Р. Шрок совершенно правильно указывал (1950, стр. 31): «...автор знает по опыту, что, установив и объяснив однажды какой-либо признак в породе, впоследствии он каждый раз будет узнавать этот же

[1] Некоторые примеры выявления генетического типа слоистости по ее морфологическим признакам приведены ниже.

признак в тех горных породах, в которых раньше он его не замечал...» И далее: «Никогда не бывает достаточным только узнать и описать интересные и важные признаки в горных породах. Подлинная ценность этих признаков ощутима только тогда, когда они объяснены».

Описав текстуру, исследователь может перейти к анализу выявленных морфологических признаков. Вернемся к примеру (табл. 8): слоистость косая—значит образована направленным течением; крупная— значит течение было достаточно сильным; резко перекрестная — течение было весьма изменчивым по направлению; веерообразная — указывает на веерообразное растекание струй. Такие условия для речного континентального потока не характерны, так как направление его в каждой данной точке относительно выдержанное. Не характерна такая изменчивость направления и для морских течений. Указанными признаками могут обладать отложения эоловые, флювиогляциальные и дельтовые. Однако другие признаки — отчетливость слойков, изменчивость угла их наклона, прямая ритмическая сортировка и растительный детрит — не характерны для эоловых отложений; последние три признака и особенно наличие остатков растений не характерны также и для флювиогляциальных отложений. Вместе с тем весь комплекс перечисленных признаков (их некоторое сходство с признаками речных отложений, изменчивость направления струй течения, погрубение осадка в средней части толщи) в целом очень характерен именно для отложений речных выносов подводной части дельты. Очевидно, слоистость в данном случае и следует отнести к этому генетическому типу. Этот вывод, понятно, должен согласовываться с остальными фациальными геологическими признаками. Здесь особенно важно учитывать соотношение с другими генетическими типами отложений. В частности, для косослоистых отложений подводной части дельты характерно наличие прослоев с мелкой косо-волнистой и волнистой асимметричной слоистостью ряби течений. На площади песчаные дельтовые отложения обычно располагаются вдоль границы морских и континентальных осадков, причем часто переходят в песчаные же отложения кос и пересыпей или донных морских течений. В сторону суши они постепенно переходят в типичные речные отложения. Поэтому, если при построении палеогеографической карты отложения, определенные как дельтовые, расположатся в виде пятна, со всех сторон окруженного морскими осадками, то такое соотношение будет неестественным. В этом случае исследователю необходимо еще раз проанализировать как те генетические признаки, на основании которых он отнес эти отложения к дельтовым, так и стратиграфическую увязку последних (такая ошибка может получиться в результате совмещения на площади разных стратиграфических горизонтов, описанных в разных пунктах).

Дельтовые осадки занимают промежуточное положение между морскими и континентальными отложениями и в вертикальном разрезе. Однако в разрезе положение дельтовой линзы среди только морских отложений возможно в том случае, если эта часть дельтовой линзы сформировалась при максимальном продвижении дельты в сторону моря при регрессии, а затем была вновь перекрыта трансгрессирующим морем, так и «не успев» стать сушей.

Очень существенно бывает определить положение отложений каждого генетического типа в общей последовательности наслоения (на фоне регрессивного или трансгрессивного развития осадконакопления), т. е. место отложений в цикле седиментации того или иного порядка (см. раздел V).

При определении слоистости по керну или по ограниченному небольшому участку обнажения иногда могут возникнуть неясности даже при определении типа. Например, мы видим в куске керна ряд одинаковых тонких параллельных друг другу слойков, занимающих наклонное положение. Неясно, что это — часть крупной косослоистой серии или же наклоненная в результате тектонических движений серия горизонтальных слойков?

Косые слойки, параллельные на всем протяжении, могут наблюдаться только в том случае, если это часть крупной косослоистой серии, образованной сильным течением. Если же порода представляет собой переслаивание алевролита с тонкозернистым песчаником, то такой материал при сильном течении должен был перейти во взвесь. Следовательно, это — слоистость горизонтальная, которая сформировалась при отсутствии придонных движений воды в озере или в глубоких частях моря. Если строение слоистости пачечное, это скорее указывает на ее озерный генезис. Кроме того, в данном случае имеет значение связь с другими отложениями, генетический тип которых более ясен (например, болотные). В других, более частых случаях, даже если мы видим только часть серии слойков, мы все-таки можем определить ее тип, подтип и другие признаки, просмотрев по керну текстуру всего изучаемого слоя.

Если при наблюдениях слоистости отмечаются какие-нибудь ее особенности или отклонения от характерных признаков либо же выявляются признаки, не предусмотренные программой наблюдений, ни в коем случае не следует стараться подогнать их под то или иное определение. Наоборот, им надо уделить особое внимание и обязательно описать. В дальнейшем, при камеральной обработке, они могут помочь определить особенности происхождения осадочной породы. Полученный новый материал может существенно дополнить уже установленные, но, конечно, далеко не полностью охарактеризованные признаки многих генетических типов слоистости. Р. Ф. Геккер в инструкции по палеоэкологическим наблюдениям писал (1954, стр. 17): «Главный залог успеха лежит в возможно большей детальности и тщательности наблюдений... Для работы очень важно, чтобы палеоэколог ставил перед собою возможно больше вопросов, развивал и умножал их в поле и в поле же добивался их разрешения». Сказанное в полной мере может быть отнесено и к изучению слоистых и других текстур пород.

При описаниях необходимо придерживаться одной и той же и притом точной терминологии. Для выводов о фациальной принадлежности осадков следует использовать краткие данные, приведенные в разделе IV, а также помещенные в конце его фациально-генетические таблицы XV, XVI, XVII и XVIII. Однако следует иметь в виду, что характеристика каждого генетического типа в настоящем методическом руководстве дана предельно кратко. Полное детальное описание текстур каждого генетического типа отложений приведено в специальной монографии автора (1962).

При выявлении генетического типа совершенно не обязательно подвергать тщательному анализу признаки слоистости всех без исключения фациальных обстановок: на основании общегеологических соображений часть предполагаемых фаций может сразу отпасть, и тогда, естественно, внимание исследователя будет сосредоточено на выявлении различий признаков слоистости в теоретически возможных фациях.

Так, например, если по всему облику породы видно, что она образовалась в условиях жаркого гумидного климата, и нет оснований предполагать, что она принадлежит к ледовому комплексу, то сразу можно отказаться от рассмотрения особенностей косой слоистости во флювиогляциальных отложениях и т. д.

Наибольшая внимательность требуется в том случае, если стоит вопрос о выборе какой-либо фации из прибрежных или переходных, так как признаки последних, в том числе и слоистость, также имеют черты, присущие осадкам как континентального, так и морского генезисов. В данном случае необходимо провести анализ всего комплекса смежных фаций. Следовательно, нельзя ограничиваться изучением слоистости только в каком-либо одном типе осадков, где она наиболее хорошо выражена. Может оказаться, что именно слабо заметная на первый взгляд слоистость в почти неслоистой породе поможет расшифровке всего разреза.

Кроме того, при выяснении происхождения породы по типу ее слоистости определенные признаки последней также позволяют сразу исключить из рассмотрения одни фации и сосредоточить особое внимание на других. Так, например, наличие попеременно-разнонаправленной косой слоистости делает сомнительным водно-континентальное происхождение осадка, ибо на суше ни реки, ни временные потоки пустынь, ни потоки, вытекающие из-под ледника, никогда не текут попеременно то в одном, то в прямо противоположном направлении. В этом случае, естественно, возникает предположение либо об эоловом, либо пляжевом происхождении осадка, либо, наконец, о накоплении его в зоне донных морских течений. Другой пример: наличие обратной ритмической сортировки слойков, столь характерной для эоловых отложений, сразу приковывает внимание исследователя к другим признакам, типичным для эоловой слоистости и т. д. Таким образом, практически наиболее вероятная фация выбирается из меньшего количества фаций, чем то, в которых данный тип слоистости вообще возможен. В то же время из большого числа признаков слоистости в первую очередь выделяются те, которые позволяют наиболее резко разграничить вероятные фации.

Из сказанного, однако, не следует делать вывода о том, что надо сразу ограничить число признаков, наблюдаемых в породе. Если геологи, особенно еще мало изучавшие слоистость, хотят получить действительно правильные и обоснованные выводы, они уже при полевых работах должны наиболее полно осветить все признаки, имеющие генетическое значение для данного типа слоистости (см. таблицы). При дальнейшей обработке материала одни из этих признаков окажутся более существенными, другие менее. Однако, если в поле ограничиться наблюдениями лишь нескольких признаков, то при камеральной обработке они могут оказаться недостаточными для определения фации.

В. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ФАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Общие замечания

Задачи, стоящие при изучении слоистости, могут быть различны (см. последний раздел), и в зависимости от этого несколько различным будет направление не только сбора, но и камеральной обработки материала. Последняя состоит, во-первых, из обработки собранного фактического материала (обработка образцов с целью более отчетливого выявления в них текстуры, перечерчивание зарисовок, пересчеты замеров, составление таблиц, графиков, диаграмм, различные графические построения, подбор фотографий, постановка экспериментов и т. д.) и, во-вторых, из его текстового обобщения.

Естественно, все эти работы тесно переплетаются друг с другом. Многие камеральные исследования предусматриваются и обеспечиваются уже во время полевых работ: целеустремленно отбираются образцы, производятся массовые замеры азимутов и углов наклона и т. п.

1. Обработка образцов для выявления текстуры породы

Наиболее простым способом выявления текстуры является смачивание водой: на мокром образце текстура обычно видна яснее (особенно если порода неоднородна по гранулометрическому составу). Однако смоченная поверхность быстро высыхает и текстура опять становится менее ясной. Можно покрыть образец бесцветным лаком или даже просто бесцветным клеем. Выявленная таким образом текстура видна дольше. При этом рекомендуется покрывать лаком (или клеем) не всю поверхность образца, а по-

ловину, чтобы можно было сравнивать породу в ее естественном и в «лакированном» виде. Иногда текстура выявляется путем смачивания образца глицерином.

Наилучший результат для выявления текстуры в твердых породах дает пришлифовка, когда поверхность образца выравнивается и шлифуется. Полезно делать пришлифовки в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях. При обработке керна последний сначала распиливается по диаметру на две половины вкрест простирания слойков, затем плоская поверхность одной из половинок шлифуется. На пришлифованной поверхности, как правило, текстуры выявляются отчетливее, чем в необработанной породе; кроме того, рисунок текстуры не искажается выпуклой поверхностью керна и не затушевывается поперечными царапинами, часто получающимися при бурении. Пришлифованные поверхности удобны для фотографирования и зарисовки. В эталонных коллекциях с них легко удаляется пыль и, таким образом, они всегда остаются свежими. Только иногда, если текстура породы выявляется различием цвета слоевых элементов (например, в красноцветных толщах), пришлифовка может, наоборот, смягчить это различие и, таким образом, сделать текстуру менее ясной.

Существует еще ряд методов выявления скрытой текстуры: для рыхлых, но не сыпучих пород (мела, мергеля) пропитывание маслом (Бушинский, 1954); прокаливание образца, особенно если в породе имеется органическое вещество; протравливание кислотой; окрашивание и др. Метод окрашивания, часто применяемый при изучении пород в шлифах, может быть применен и для образцов пород. Однако при этом следует иметь в виду, что окрашивание чаще подчеркивает вторичную, диагенетическую текстуру породы и тем самым, наоборот, может затушевать первичную седиментационную слоистость.

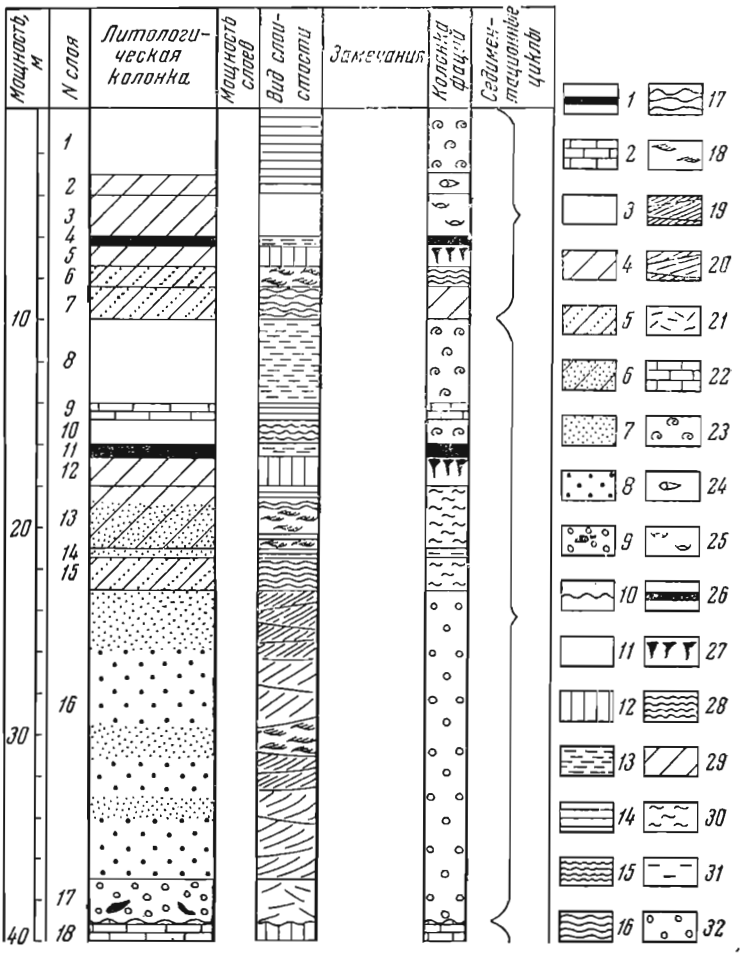
В каждом конкретном случае исследователь должен сам решить, какой метод ему следует применить, чтобы как можно яснее подчеркнуть в породе взаимное расположение ее компонентов.

2. Составление колонки и ее анализ. Другие графические построения

Графические построения по обработке результатов полевого изучения слоистости состоят из зарисовок, колонки текстур, графического изображения результатов массовых замеров (в виде различных диаграмм, гистограмм, векторов и т. п.), а также из составления сводных разрезов, схем, таблиц и т. д. Зарисовки составляются в поле (см. выше), а в камеральный период они лишь приводятся в порядок, уточняются и перечерчиваются в том количестве, которое необходимо и возможно. Построение диаграмм, отражающих результаты массовых замеров, производится только в том случае, если составление их предусматривалось исследователем еще в поле. Что же касается остальной графики, то ее характер и количество целиком определяются задачами исследования.

При окончательной обработке разреза рекомендуется параллельно с литологической колонкой составлять колонку типов слоистости (особенно если намечается провести фациальный анализ разреза).

Пример такой колонки приведен на фиг. 37. При выборе условных обозначений для колонки текстур (равно как и для литологической колонки) следует помнить, что легенда — это графическое выражение принятой классификации (или типизации). Следовательно, она должна отвечать следующим требованиям: 1) сходные типы изображаются сходными условными знаками; 2) переходные типы содержат элементы близких к ним типов; 3) знак, обозначающий подтип, должен быть вариантом знака, обозначающего основной тип. Кроме того, желательно, чтобы рисунок условного знака отражал внешний вид изображаемой текстуры.



Фиг. 37. Пример колонки типов слоистости, параллельной основной литологической колонке.

Условные обозначения: к литологической колонке: *1* — уголь; *2* — известняк; *3* — аргиллит; *4* — алевролит мелкозернистый; *5* — переслаивание алевролитов; *6* — алевролит крупнозернистый; *7* — песчаник мелкозернистый; *8* — песчаник среднезернистый; *9* — конгломерат с включением обугленных растительных остатков; *10* — контакт размыва.

К колонке слоистости: *11* — данных о слоистости нет; *12* — текстура неслоистая. Слоистость: *13* — горизонтальная, правильная неравномерная, *14* — горизонтальная правильная равномерная; *15* — полого-волнистая, *16* — волнистая, мелкая, параллельная, *17* — волнистая, мелкая, смещенная, *18* — косо-волнистая, мелкая, прерывистая, *19* — косая, мелкая, смещенная, однонаправленная, *20* — косая, крупная, смещенная, однонаправленная, *21* — косая, неясная, отдельные слойки разно ориентированы.

К колонке фаций: *22* — карбонатные отложения открытого моря; *23* — морские глинистые отложения; *24* — глинисто-алевритовые отложения заливов; *25* — глинисто-алевритовые отложения лагун; *26* — отложения торфяных болот; *27* — болотные отложения — почвы с корневыми остатками; *28* — отложения прибрежной зоны волнений лагунного мелководья; *29* — прибрежно-морские отложения зоны волнений; *30* — отложения поймы; *31* — отложения пойменного озера; *32* — русловые речные отложения

Перечень рекомендуемых условных обозначений слоистости приведен на фиг. 38.

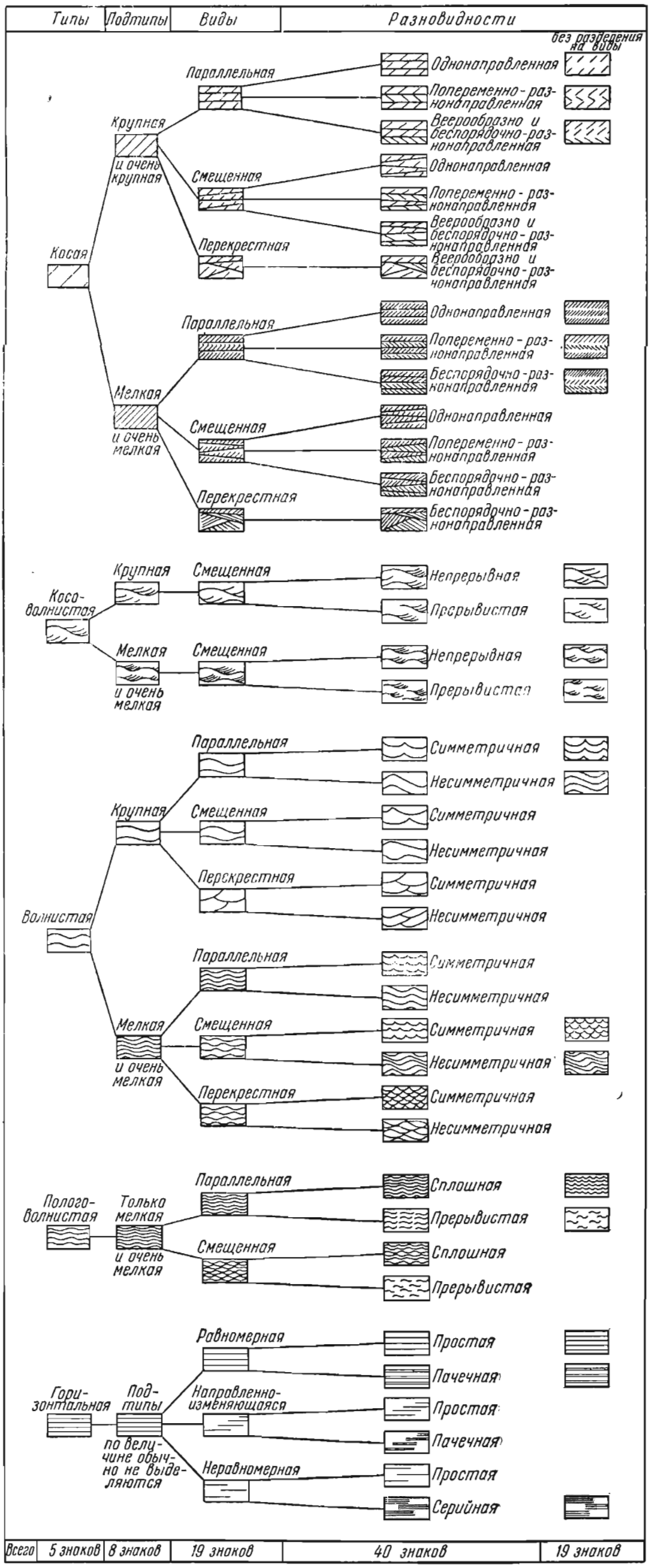
Если исследователь может ограничиться только выделением типов слоистости, то он воспользуется пятью условными знаками, обозначающими ее основные и переходные типы (неслоистую текстуру при этом рекомендуется обозначать вертикальными штрихами). Если данных о текстуре породы нет, то колонка в соответствующем интервале остается незаштрихованной.

Однако в ряде случаев требуется бóльшая детальность исследования и тогда в колонке отмечается не только тип текстуры, но и подтип ее по величине для косой, косо-волнистой и волнистой слоистости (полого-волнистая слоистость не бывает крупной из-за образования ее очень слабыми волнениями, а при горизонтальной слоистости подтипы по величине обычно вообще не выделяются). В условных знаках можно объединить подтипы: крупную с очень крупной, а мелкую с очень мелкой. Однако могут быть случаи, когда вся слоистость только крупная и очень крупная (например, в эоловых толщах). Тогда, естественно, следует дать дополнительные подразделения, исходя из тех же принципов обозначения: очень крупную слоистость выделять более крупной штриховкой, причем расстояния между штрихами должны быть резко различными (отличающимися в 2—3 раза).

При графических построениях, отражающих результаты детальных литологических исследований, разными условными знаками показываются не только типы и подтипы, но и виды слоистости. При этом, если разновидность косой слоистости по направленности слойков не определена, то границы серий лучше не проводить, оставляя вместо них пустые интервалы. Наконец, при еще более детальных или специальных исследованиях можно указывать слоистость до ее разновидностей; при этом не следует пугаться большого количества условных обозначений, так как в каждом частном случае они будут встречаться далеко не все и практически «набор» разновидностей в конкретном разрезе будет ограничиваться максимумом 10—15 условными знаками. Наконец, иногда более важно отметить признаки разновидностей, а не видов (т. е. не давать подразделений на виды). В таких случаях можно рекомендовать условные знаки, расположенные на фиг. 38 справа от названия разновидности. Последние даны по второму признаку разновидностей (см. табл. V), так как он подчеркивает различие текстур, в то время как первый признак, по которому выделяются разновидности, является признаком их сходства в разных типах.

Условные знаки на фиг. 38 даны не для всех разновидностей, имеющихся в классификации, а только для наиболее распространенных. Если появится необходимость в дополнительных знаках для более редких разновидностей (см. морфологическую классификацию), то они могут быть добавлены с таким расчетом, чтобы сходные текстуры были бы изображены похожими условными знаками и вместе с тем были бы переданы особенности, отличающие эти текстуры от других. Принятый условный знак должен схематически походить на рисунок изображаемой текстуры. Кроме того (в соответствии с указанными требованиями), особыми знаками можно обозначать сложные типы слоистости и неслоистые текстуры (см. соответствующие таблицы морфологической классификации).

Как видно из колонки на фиг. 37, текстуры подчеркивают закономерную смену фаций в разрезе циклического строения. Здесь в аллювиальной толще, залегающей с размывом, параллельно изменению ее структуры происходит изменение текстуры: внизу в более грубом осадке слоистость неясная, косая, выше — косая, крупная, однонаправленная,которая вверху становится мельче и сменяется косоволнистой в мелкозернистом песке (по-видимому, уже отложения прирусловой отмели). Выше порода вновь грубеет и слоистость опять становится крупной, косой, далее изменяющейся в том же порядке. Возможно, такое повторение смены текстур обусловлено миграцией русла и его перемещением по речной долине. Однако оно может



Фиг. 38. Условные обозначения, рекомендуемые для типов, подтипов, видов и некоторых разновидностей слоистости

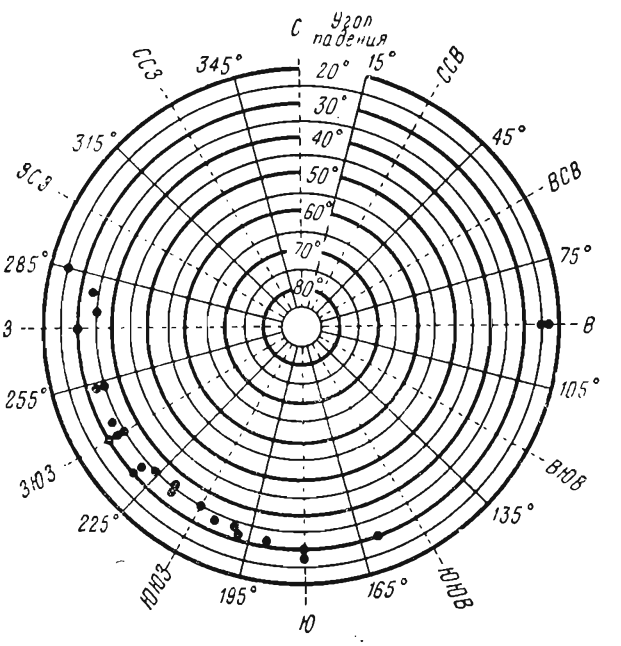
определяться также некоторым оживлением речной сети и усилением эрозии в связи с увеличением резкости рельефа в области сноса (в результате поднятия) или какими-либо иными причинами. На смену русловым осадкам приходят пойменные с мелкой слоистостью различных типов, преимущественно косо-волнистой и горизонтальной. Верхняя часть этих отложений имеет неслоистую текстуру, появившуюся в результате заболачивания и почвообразования, предшествовавших накоплению угольного пласта. Выше идут горизонтальнослоистые морские отложения, переходящие в прибрежноморские с волнистой и косо-волнистой слоистостью. Последние вновь заболачиваются и перекрываются угольным пластом. В алевролитах, подстилающих угольные пласты (4 и 11), мы видим сходные по внешнему виду текстуры (косо-волнистую и волнистую асимметричную слоистость). Однако парагенез их в обоих случаях различен.

В отложениях ниже слоев 15—13 мы видим комплекс текстур, типичных для русловых речных отложений, а выше них — болотные осадки. Это позволяет отнести слои 13, 14 и 15 к пойменным образованиям. В отложениях, подстилающих слои 7 и 6, обнаружена морская фауна и установлена типичная горизонтальная слоистость, а выше этих слоев залегают континентальные отложения; такая последовательность позволяет считать слои 6 и 7 отложениями прибрежной зоны волнений.

Таким образом, генетическая принадлежность полифациальных текстур косо-волнистой и волнистой асимметричной слоистости уточняется по парагенезу их с другими, более монофациальными текстурами.

3. Обработка результатов массовых замеров и их графическое изображение

Результаты массовых замеров обрабатываются и изображаются графически. В табл. 9 для примера показана запись замеров углов наклона косых слойков и азимутов их падения, а справа — показаны возможные группировки этих азимутов. Графические построения на фиг. 39, 40 и 41 даны для этих конкретных цифр, чтобы легче можно было сравнивать разные способы изображения одних и тех же замеров.



Фиг. 39. Круговая полярная диаграмма углов падения и азимутов косой слоистости

а) Круговые полярные диаграммы азимутов и углов наклона косых слойков большей частью применяются для массовых замеров ориентировки галек или каких-либо ориентированных включений в породе, однако они могут быть использованы и для графического выражения замеров косой слоистости (фиг. 39). Центр круга при этом соответствует вертикальному положению, а окружность — горизонтальному. Сеть радиусов отвечает азиму-

Таблица 9

Вспомогательная таблица замеров углов и азимутов падения косых слойков для составления диаграмм

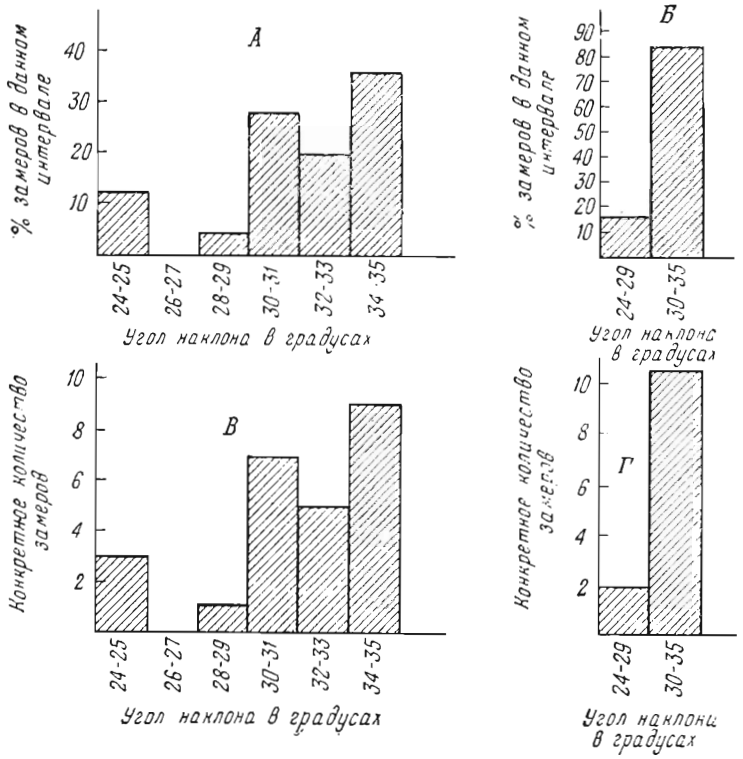
Точки наблюдения	Замеры		Группировка замеров при разбивке круга		
	Углы падения косых слойков (в градусах)	Азимуты падения слойков (в градусах)	на 12 секторов при интервале 30°	на 16 секторов при интервале 22,5°	на 8 секторов при интервале 45°
			Количество точек в интервалах		
1	25	285		ЗСЗ — 1	
2	33	280	285—255°		
3	30	270	Запад — 4	Запад — 3	Запад — 6
4	35	275			
5	35	254			
6	34	254			
7	34	245		ЗЮЗ — 6	
8	35	240	255—225°		
9	30	240	ЗЮЗ — 9		
10	32	240			
11	30	230			Юго-запад 11
12	32	230		ЮЗ — 5	
13	35	226			
14	34	220			
15	35	220			
16	35	210	225—195°		
17	32	205	ЮЮЗ — 6	ЮЮЗ — 4	
18	32	200			
19	32	200			
20	31	190			ЮГ — 6
21	28	180	195—165°	Юг — 3	
22	30	180	Ю — 4		
23	30	160		ЮЮВ — 1	
24	25	90			
25	24	90	Восток — 2	Восток — 2	Восток — 2

Примечание: В каждой точке может быть сделан ряд замеров.

там падения косых слойков, а концентрические круги — углам наклона слойков, причем каждое сечение отвечает какому-либо количеству градусов (5; 10°). В некоторых руководствах (Рухин, 1953, и др.) принимается обратная нумерация углов падения, когда нулевое значение угла (т. е. горизонтальное положение) отвечает центру круга, а 90° — его периферии. Однако подавляющее большинство углов наклона косой слоистости колеблется в пределах 15—48°. При таком способе построения все они разместятся в центральной части круга, где расположение точек будет очень тесным, а направление падения неотчетливым (так как все линии радиусов сходятся к центру). Значительно удобнее и нагляднее строить диаграмму так, чтобы максимальное количество точек располагалось по периферийной части круга. Каждая точка — это как бы окончание проекции линии падения слойка на плоскости диаграммы. При этом естественно проектировать все показатели из одной точки, т. е. из центра. Чем круче будет угол наклона слойков, тем короче проекция и тем ближе точка будет находиться к центру круга.

На фиг. 39 конкретные замеры, приведенные на табл. 9, изображены в виде такой диаграммы. Границу круга можно сделать отвечающей не нулю, а минимальному значению конкретных замеров (в данном случае — 20°).

Такой способ изображения хорош тем, что здесь на одном чертеже совмещены данные по замерам как углов наклона слойков, так и их направления (в их взаимной связи), причем отчетливо видны преобладающие показатели и отклонения. Однако при таком изображении основное направление потока выделяется хуже, кроме того, углы падения слойков в отложениях одной и той же фации бывают весьма близкими и тогда точки сливаются



Фиг. 40. Диаграммы, характеризующие распределение слоистости по крутизне косых слойков.

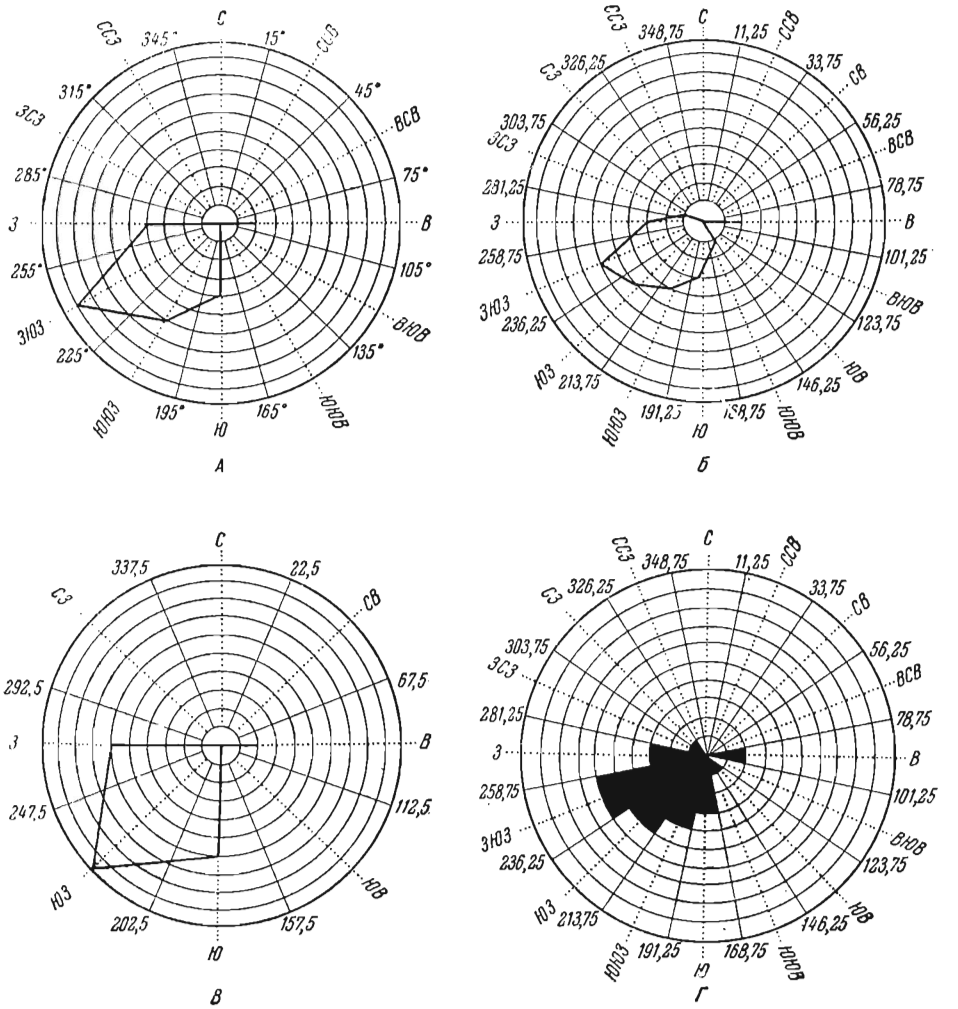
Каждый столбик обозначает: *А* — процент замеров в данном интервале; *Б* — обобщенные проценты замеров; *В* — конкретное количество замеров; *Г* — обобщенное количество замеров (на шкале цифры следует удвоить)

друг с другом. Поэтому удобнее делать построения раздельно — в виде диаграмм-столбиков и роз-диаграмм.

б) Диаграммы замеров углов наклона слойков в виде столбиков можно строить следующим образом: по оси абсцисс откладываются углы наклона слойков (деления принимаются через определенное число градусов), а по оси ординат — процент замеров с углами наклона в этих пределах (фиг. 40, *А*, *Б*; построение для замеров, проведенные в табл. 9) или же просто конкретное количество замеров в этих пределах (фиг. 40, *В*, *Г*). Эти два способа изображения, как видно из их сопоставления, мало отличаются друг от друга, но зато построение по конкретному количеству замеров не требует дополнительной затраты времени на вычисления и показывает объем фактического материала, с учетом которого строятся диаграммы. На фиг. 40, *А*, *В* дана более детальная разбивка, на фиг. 40, *Б*, *Г* — более обобщенная для тех же самых замеров.

Анализируя фиг. 39 и 40, мы видим, что в данном случае большинство углов падения слойков колеблется в пределах 30—35° с единичным оклонением (лишь один замер дал 29°). Кроме того, в некоторых пунктах заме-

ренные углы падения слойков значительно меньшие (24—25°), причем, как видно из фиг. 30 и табл. 9, этим углам соответствуют и азимуты направления падения слойков почти противоположные друг другу (90 и 285°) и наиболее отличающиеся от основного направления падения слойков. Такое соотношение цифровых показателей сразу наводит на мысль, что эти за-



Фиг. 41. Диаграммы-розы направлений косых слойков, построенные для одних и тех же замеров, но при разбивке круга на секторы через различное количество градусов.

А — на 12 секторов через 30°; *Б* — на 16 секторов через 22,5°; *В* — на 8 секторов через 45°; *Г* — то же, что и *Б*, но диаграмма дана с выделением всей площади сектора

меры относятся к другому генетическому типу отложений. Если основная масса замеров относится к отложениям одного генетического типа (речного потока), то отклонения, видимо, не случайны, а относятся к другому генетическому типу отложений (к зоне попеременно направленных морских течений); возможно также и то, что они указывают на наличие какого-либо притока. Такие выводы необходимо обязательно проверить для пунктов наблюдения 1,24 и 25 (см. табл. 9) и сравнить их с признаками слоистости в пунктах 2—23.

в) Для построения диаграммы-розы направлений наклона косых слойков все замеры азимутов наклона косых слойков следует раз-

бить на группы через определенное количество градусов и подсчитать число точек (замеров), попадающих в каждую группу. Площадь круга разбивается сеткой на соответствующие секторы (см. фиг. 41). Концентрические окружности, проведенные через одинаковые интервалы, указывают количество замеров в принятом масштабе, причем отсчет ведется от центра (на фиг. 41 каждое концентрическое деление равно единице). Пересечение линии, проходящей в середине сектора, и окружности, отвечающей числу замеров в данном секторе, дает точку. Затем все точки последовательно соединяются прямыми линиями, и мы получаем диаграмму-розу.

Интервалы для разбивки на секторы не следует делать ни слишком мелкими (так как при этом диаграмма теряет свою четкость и становится расплывчатой), ни слишком большими (так как такие интервалы делают диаграмму чересчур обобщенной). По Н. Б. Вассоевичу и В. А. Гроссгейму (1951) наилучшими интервалами являются 15 и 30°. При этом, если круг разбит на секторы в 30°, они рекомендуют выбирать интервалы от 346 до 15°; 16—45°; 46—75° и т. д. (а не 1—30°, 30—60° и т. д.), так как это дает возможность получить ориентированные диаграммы-розы. Направления при этом можно обозначать соответственно румбам: В, ВЮВ, ЮЗ, Ю и т. д. (диаграмма, построенная таким способом для табл. 9, приведена на фиг. 41). Однако при этой системе разбивки не выделяются румбы ЮВ, ЮЗ, СЗ, СВ, что является ее недостатком. Если принять разбивку по основным румбам, выделяя секторы в 45°, то диаграмма получается слишком обобщенной (см. фиг. 41, *В*). Поэтому лучше всего разбить площадь круговой диаграммы на 16 секторов по 22,5° каждый (см. фиг. 41, *Б*). Осями секторов при этом будут линии направления основных и дополнительных румбов, и, таким образом, преобладающая ориентировка косой слоистости будет очень точно определена. По своему размеру секторы в 22,5° лежат в пределах цифр, которые считаются оптимальными. Границы секторов будут отвечать следующим градусам: 11,25; 33,75; 56,25; 78,75; 101,25; 123,75; 146,25; 168,75; 191,25; 213,75; 236,25; 258,75; 281,25; 303,75; 326,25; 348,75; 11,25. При таких границах любые замеры, выраженные целым количеством градусов, будут попадать внутрь сектора и при этом не потребуется условного сдвига на 1°, как это делается при разбивке на секторы по 30° в каждом.

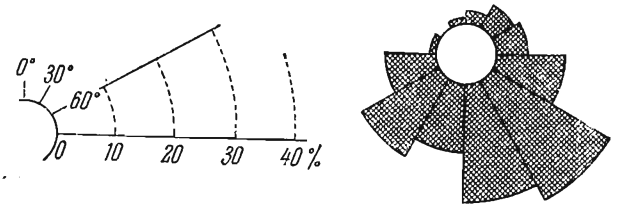
Другой разновидностью диаграммы-розы является диаграмма, построенная по тому же принципу — путем разбивки площади круга на ряд секторов, но при этом оконтуривается и заштриховывается вся площадь данного сектора в пределах, ограниченных двумя радиусами и дугой, проведенной по линии окружности, отвечающей числу точек, попадающих в данный сектор (см. фиг. 41, *Г*).

Такой способ изображения принят у американских геологов; он точнее и нагляднее, так как более отчетливо выявляет количественное соотношение замеров разных направлений (сравним фиг. 41, *Б*, *Г*). Кроме того, если замер попадает в изолированный сектор, то он все равно будет показан площадью, в то время как при описанном выше способе (фиг. 41, *Б*) он будет изображен в виде отдельной линии, что, конечно, менее удачно. Поэтому можно рекомендовать способ изображения с делением круга на 16 секторов, как указано выше.

В ряде работ американских геологов при построении диаграмм в виде сектора принято обозначать концентрическими окружностями не абсолютные числа замеров (которые могут быть очень различными—от единиц до сотен), а их процент (например, через 10%). При таком построении каждый сектор диаграммы показывает, какой процент замеров в данной точке находится в пределах его азимутов, а около диаграмм ставится цифра, указывающая, по какому количеству наблюдений (замеров) она построена (фиг. 42). Этот способ изображения хуже, чем построение сектора по абсолютному числу замеров, при котором величина диаграммы сразу дает представление о количестве наблюдений и, следовательно, о степени их достоверности. Диаг-

раммы же, построенные по процентному содержанию, все имеют одинаковый размер. Однако при большом количестве замеров, а также при нанесении их в большом количестве на карту последний способ может оказаться более удобным.

г) Диаграмма в виде лука со стрелой. Если результаты обобщения данных об однозначно ориентированных объектах дают более или менее четкую картину, то иногда оказывается удобней изображать их просто в виде стрелок или же в виде «лука со стрелой» (фиг. 43). При этом «стрела» указывает преобладающее направление, а дуга («лук») — пределы колебания замеров. Такой способ изображения удобен для нанесения результатов наблюдений в ряде точек на карту мелкого масштаба.



Фиг. 42. Диаграмма, в которой линии концентрических окружностей указывают процент замеров, попадающих в данный сектор. Рядом — пример такой диаграммы (построена Петтиджоном для кварцитов Барабу по 2833 замерам)

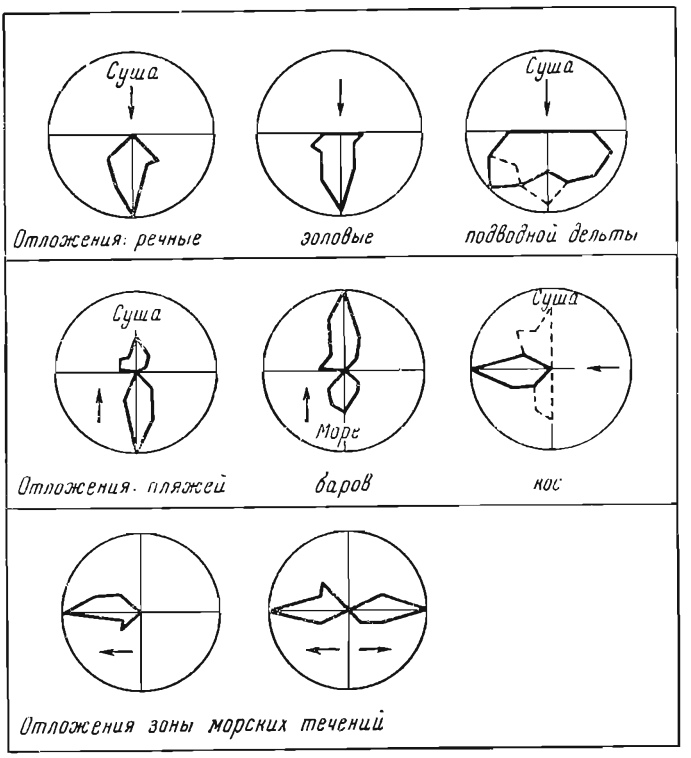
Фиг. 43. Диаграмма в виде «лука со стрелой»

д) Иногда направления косой слоистости изображаются не в виде роз-диаграмм, а путем построения векторов-результантов; однако этот способ значительно хуже, так как он приводит к полному усреднению всех замеров. Вектор-результант показывает лишь одно преобладающее направление, не отражая характера движения среды отложения, степени выдержанности или изменчивости потока. При определенных соотношениях количества замеров и направления отдельных векторов может получиться даже так, что замерам слойков однонаправленных, разнонаправленных и даже попеременно-разнонаправленных будет соответствовать один и тот же вектор-результант (по направлению и даже по величине). Между тем на диаграмме-розе всегда видно не только главное направление, но и второстепенные. Поэтому при обработке замеров направления падения косых слойков рекомендуется построение роз-диаграмм, а не векторов-результантов.

Все типы диаграмм, как уже указывалось выше, необходимо строить раздельно по генетическим типам отложений. При этом диаграммы-розы не только выявляют направление перемещения осадочного материала, но и являются дополнительным фациальным признаком, так как форма диаграммы-розы различна для различных фаций.

На фиг. 44 показаны некоторые примеры диаграмм-роз замеров косой слоистости для семи генетических типов отложений. Наиболее характерная диаграмма речных отложений имеет вытянутую форму, а колебания в азимутах падения слойков наблюдаются примерно в пределах 90°. Направление перемещения осадочного материала — от суши к морю. Диаграмма, построенная для эоловых отложений, тоже вытянута в направлении, указывающем основное направление ветра, но колебания азимутов могут быть в пределах 180° (за счет сохранившихся боковых склонов дюн и барханов). Перемещение материала здесь происходит либо от моря к суше (для прибрежно-морских дюн), либо может быть разнообразноориентированным (в эоловых отложениях пустынь). Диаграмма, построенная по замерам азимутов падения косых слойков в отложениях подводной дельты, так же как и в эоловых, обнаруживает изменение азимутов в пределах 180°, но в отли-

чие от эоловых «веер» здесь более широкий, а иногда бывает даже как бы «прижат» в средней части. Направление перемещения материала здесь, так же как в речных отложениях,— от суши к морю. Диаграммы отложений пляжей и баров на первый взгляд кажутся похожими. Однако в пляжевых отложениях преобладает наклон слойков от суши к морю, а в баровых — наоборот (хотя подача осадка в обоих случаях идет от моря в сторону суши). Косые слойки в отложениях кос могут быть ориентированы различно по отношению к береговой линии, но основное направление их падений часто



Фиг. 44. Диаграммы-розы для разных генетических типов косой слоистости. Стрелка показывает основное направление движения среды отложения

бывает более или менее ей параллельным. Наконец, диаграммы, построенные для отложений, сформировавшихся в зоне морских течений, могут быть либо сходными по форме с диаграммой речных отложений (при однонаправленном течении), либо представленными двумя довольно симметричными розами, направленными в противоположные стороны (при течениях попеременного направления). Последние, очевидно, более типичны для прибрежных морских отложений. Ориентировка обоих видов этих диаграмм относительно береговой линии может быть различной.

Даже такое краткое и схематичное рассмотрение диаграмм-роз показывает характерность определенной формы диаграммы-розы для определенной фации. Кроме того, ясно видно, что недопустимо делать выводы о местоположении источника сноса только по вытянутой форме диаграммы, не разобравшись в том, какой генетический тип отложений она характеризует[1].

Нанесение результатов обработки замеров на карту (в виде сводных диаграмм или стрелок, указывающих основное направление) помогает

[1] На фиг. 44 даны лишь некоторые характерные диаграммы. Каждый из генетических типов может дать диаграмму и иной формы.

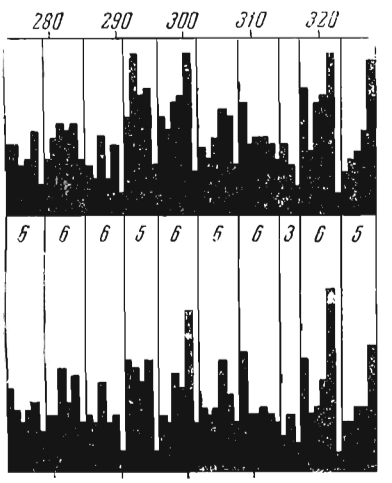
составлению палеогеографических реконструкций. Сопоставление роз-диаграмм, построенных для одного и того же района, но для разных стратиграфических горизонтов, показывает изменение во времени как направлений перемещения осадочного материала, так и способов этого перемещения (рекой, морским течением и др.).

Кроме указанных графических изображений возможно еще построение различных диаграмм, графиков и схем, отражающих соотношение тех или иных величин (в зависимости от целей работы и желания исследователя). Вообще графическое изображение всегда дает более наглядное и доходчивое представление, чем даже подробное описание. Сказанное, однако, конечно, не значит, что не следует делать описания и можно ограничиться только графическими изображениями, так как многие характерные черты на них изобразить просто невозможно.

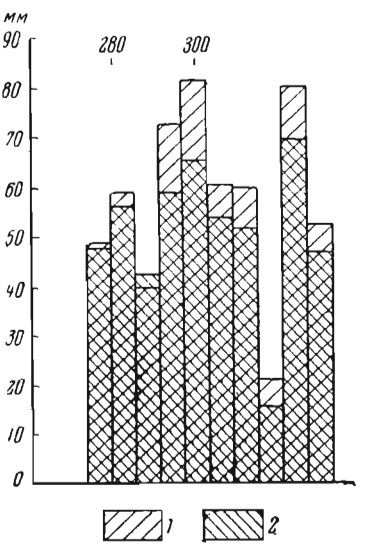
Некоторые специфические методы исследования — палеогеографические построения, корреляция и другие — во избежание повторения будут описаны ниже в последнем разделе методического руководства.

4. Коннексия — сопоставление отложений с ленточной слойчатостью и ритмичной слоистостью

Впервые этот метод был предложен де Геером при изучении ленточных глин для их сопоставления в разных разрезах путем измерения мощности слойков и составления по ним диаграмм. Впоследствии он был усовершенствован: стали принимать во внимание не только мощности слойков, но и другие их признаки — крупность зерна и расположение зерен в ленте (строение слойков и их пачек), пластичность, нарушения в слойках и т. д. Коннексию (сопоставление) стали проводить не только по элементарным слой-



Фиг. 45



Фиг. 46

Фиг. 45. Диаграммы замеров ленточной слоистости в ангидрите, построенные для двух скважин (вверху — Фредельсхаген, внизу — Нортхейм); расстояние между скважинами около 20 *км*.

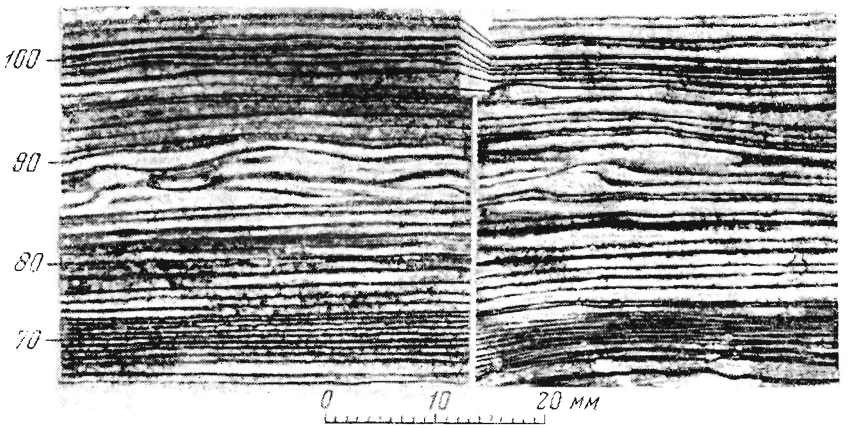
Цифры вверху — порядковые номера лент. Каждый столбик соответствует одной ленте, его высота — толщина ленты. Тонкими вертикальными линиями разграничены пачки, в которых мощности слойков изменяются от минимума до максимума и затем опять до минимума

Фиг. 46. Составление обобщенных диаграмм, построенных для двух разрезов по пачкам лент, выделенным на фиг. 45

1 — Фредельсхаген; *2* — Нортхейм

кам, но и по их группам. Затем этот метод был разработан Н. Б. Вассоевичем применительно к изучению ритмически построенных флишевых толщ.

Методика полевой работы, сформулированная для ленточных глин, но применяемая и для других отложений с ленточной слоистостью, заключается в следующем. Наиболее удобный для наблюдения участок обнажения со сплошным (ненарушенным) выходом ленточных глин следует расчистить сначала лопатой, а потом широким ножом (еще лучше — штукатурной лопаточкой). На влажной, зачищенной поверхности разреза вполне отчет-



Фиг. 47. Сопоставление кернов из двух скважин, пройденных в горизонтально слоистом ангидрите. Видно одинаковое нарушение слоистости в интервале лент 85—88

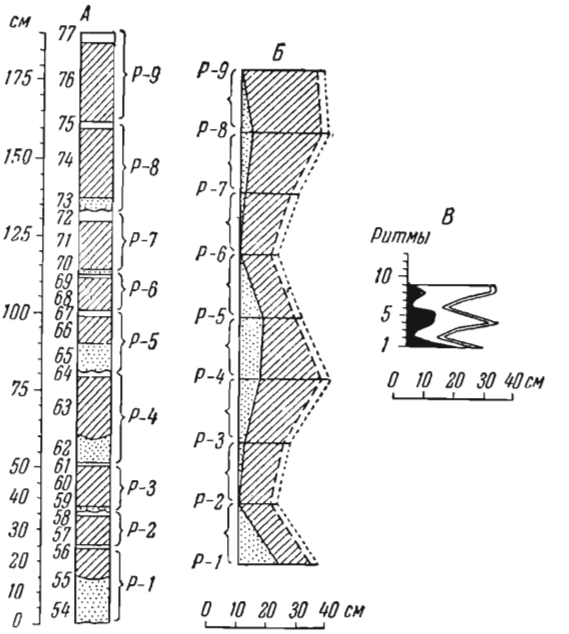
ливо выступят «ленты», т. е. чередование более светлых и более темных (летних и зимних) слойков. Для измерения мощности лент можно пользоваться бумажной полоской, которая прикладывается к разрезу и на ней отмечаются границы целых лент и отдельных слойков[1]. Некоторые черты могут оказаться характерными не для одной ленты, а для целой их группы (что, очевидно, говорит о наличии пачек высшего порядка). Характерные признаки прослеживаются на определенной площади, причем сохраняются неизмененными не только мощность, но и детали строения каждой ленты. Результаты замеров лент можно изобразить в виде диаграммы (фиг. 45), на которой по горизонтали через равные промежутки отмечаются номера лент, а по вертикали — мощность последних в масштабе, позволяющем подчеркнуть ее изменение. (Можно откладывать мощности и каждого слойка). Сопоставление диаграмм, построенных для разрезов из разных районов, обнаруживает их большое сходство, иногда даже если эти районы находятся на значительном расстоянии друг от друга (десятки километров).

Дальнейшее сопоставление (в более мелком масштабе) делается по группам лент, путем построения диаграммы, в которой каждый вертикальный столбик показывает мощность уже не одной, а нескольких (например, десятка) следующих друг за другом лент. Однако если проводить группировку лент не механически, по десяткам (как это обычно делают), а по выявленным пачкам (ритмопачкам) следующих, более высоких порядков, то их сходство в разных районах проявится еще более отчетливо. Такая диаграмма будет отражать изменение не случайных «десятков», а взаимосвязанных слоевых элементов, мощности которых меняются в зависимости от изменения при-

[1] Иногда может оказаться удобнее производить измерения не на месте, а в лаборатории. Тогда следует взять ящичные или, еще лучше, пленочные монолиты. Ширина пленочных монолитов должна быть не менее 20—25 *см* (в целях прочности) при длине до 1 *м*. Весь разрез будет состоять из нескольких отдельных колонок пленочных монолитов.

чин, определяющих их формирование. При построении диаграммы по такому принципу можно, например, разбить разрез на пачки — от начала нарастания мощности лент через ее максимум до минимума (см. фиг. 45). Пачки можно выделить и не по изменению мощности, а по составу лент или еще по какому-либо принципу. Выявленные пачки обнаруживают правильную повторяемость слоистости, отвечающую периодичности следующего порядка (несколько лет). Такие диаграммы могут выявить соответствие в изменении мощностей в разрезах, значительно удаленных друг от друга (на фиг. 46 расстояние между разрезами около 20 *км*; при этом в одном районе мощности слойков и пачек слойков оказываются все время меньшими, чем в другом районе, что, вероятно, обусловлено удалением его от источника поступления осадочного материала).

Таким образом, построение диаграмм дает возможность обнаружить изменение особенностей осадконакопления во времени и помогает сопоставлению разрезов, кажущихся на первый взгляд однородными и невыразительными. Метод коннексии был разработан при изучении четвертичных ленточных глин, но в настоящее время он применяется и для более древних отложений, обладающих правильной горизонтальной слойчатостью, обычно тонкой, образовавшейся при длительно существовавших спокойных условиях седиментации без перерывов и переотложения осадков. Такая слоистость отражает сезонные изменения разных порядков. При этом совершенно естественно, что изменения седиментации, зависящие от таких общих внешних факторов, как сезонные или климатические изменения, циклы солнечной радиации, вулканическая деятельность и других, будут проходить однозначно на большой площади, как в одном водоеме, так и в удаленных и разобщенных друг от друга водоемах. Это и позволяет широко использовать данный метод изучения слоистости при сопоставлении разрезов. Так, например, на фиг. 47 в интервале между 80 и 90 лентами правильность наслоения лент в обоих разрезах настолько однотипно нарушена, что этот интервал можно считать своеобразным маркирующим микрогоризонтом.



Фиг. 48. Построение ритмограммы для разрезов флишевых толщ и ленточнослоистых отложений (по Н. Б. Вассоевичу, 1948—1949).

А — нормальный послойный разрез: слева — номера слоев, справа — ритмы, на которые разбивается разрез (Р-1, Р-2 и т. д.); точки — песчано-алевритовые породы; штрихи — мергель; белое — глина. *Б* — ритмограмма: на равном вертикальном расстоянии друг от друга по горизонтали показаны мощности ритмов и их элементов (э. р.); *В* — та же ритмограмма, но в сжатом виде. На ней убраны горизонтальные линии, а поле, соответствующее изменению первого элемента ритма, залито черным. Иногда целесообразно принять разные масштабы для разных элементов ритма. В частности, для III элемента ритма, как более тонкого, может быть принят более крупный масштаб

Метод коннексии был применен Н. Б. Вассоевичем (1948—1949, 1951 и др.) при изучении флиша, причем он разработал принципы построения более сложной диаграммы-ритмограммы. Способ построения ритмограммы виден на фиг. 48. Сопоставление ритмограмм позволяет увязать, каза-

лось бы, весьма монотонно построенные разрезы[1]. Можно полагать, что ритмограммы, построенные для ритмов второго порядка, дали бы еще более отчетливые показатели для сопоставления разрезов. Ритмограммы можно строить при изучении не только флиша, но и других ритмически построенных отложений.

Корреляция разрезов с помощью изучения горизонтальной ленточной слойчатости возможна не только путем сопоставления построенных диаграмм, но и непосредственно по появлению лент (или слойков) необычных, выделяющихся по мощности, составу, цвету или по каким-либо другим признакам. Эти ленты как бы служат опорными микрогоризонтами. Однако в этом случае надо быть очень внимательным, так как эти горизонты могут оказаться уже не слойками, а слоями, хотя бы и очень тонкими, но свидетельствующими об изменении фациальных условий седиментации. Метод коннексии применим только при изучении горизонтальной слоистости.

Г. СООТНОШЕНИЕ СЛОИСТОСТИ С ДРУГИМИ ПРИЗНАКАМИ ПОРОД И ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ

Общие замечания

Методика фациального анализа требует учета комплекса всех генетических признаков, характеризующих породу. Среди этих признаков очень существенным (хотя, конечно, далеко не единственным) является слоистость. Все эти признаки находятся во взаимной зависимости друг с другом. Здесь мы рассмотрим предельно кратко связи слоистой текстуры с различными признаками пород (структурой, вещественным составом, органическими остатками, конкрециями), а также с некоторыми общегеологическими данными.

1. Слоистость и структура породы

Текстура (в частности, слоистая) и структуры пород формируются под воздействием одних и тех же агентов переноса и седиментации осадка. Однако на особенностях структуры в большей степени сказывается этап переноса (его длительность, способ транспортировки), слоистость же целиком образуется в процессе седиментации. Поэтому условия и обстановку седиментации в бóльшей степени отражает слоистая текстура, чем структура, на которую сильно влияют предшествующие этапы существования данного осадка. Тем не менее, взаимная связь этих признаков все же имеется, особенно в кластогенных породах. В общем можно сказать, что более грубозернистому составу отложений соответствуют более крупные серии слойков (так как оба эти признака обусловливаются силой течения). Однако из этого общего правила есть ряд исключений. В частности, эоловые пески, по составу преимущественно мелкозернистые, могут образовывать очень крупные косослоистые серии; в отложениях морских течений, в толще песков, совершенно одинаковых по структуре, иногда друг на друга налегают косослоистые серии различной мощности (например, среди серий мощностью 20—30 *см* может быть одна или две серии мощностью более 1 *м*).

Связь текстуры и структуры наиболее типична для речных русловых отложений. Если отложения руслового аллювия резко изменяются по структуре, то при этом почти всегда изменяется и их текстура: либо тип слоистости (например, косая переходит в косо-волнистую в более тонкозернистом осадке), либо ее подтип (косая крупная переходит в мелкую). Если же гранулометрия осадка не меняется, то слоистость обычно также не

[1] Метод построения ритмограмм здесь не описывается, так как он применим при изучении слоистости осадочных толщ, а не слойчатости. Здесь он отмечен лишь попутно, для сравнения с методом коннексии ленточных глин.

меняется. Флювиогляциальным же отложениям свойственно резкое изменение текстур при совершенно той же гранулометрии осадка и сохранение одного и того же типа слоистости при резком погрубении осадка.

Таким образом, мы видим, что даже самый характер связи текстурного и структурного признаков не одинаков в отложениях различных фаций и может служить дополнительным указанием на обстановку осадконакопления.

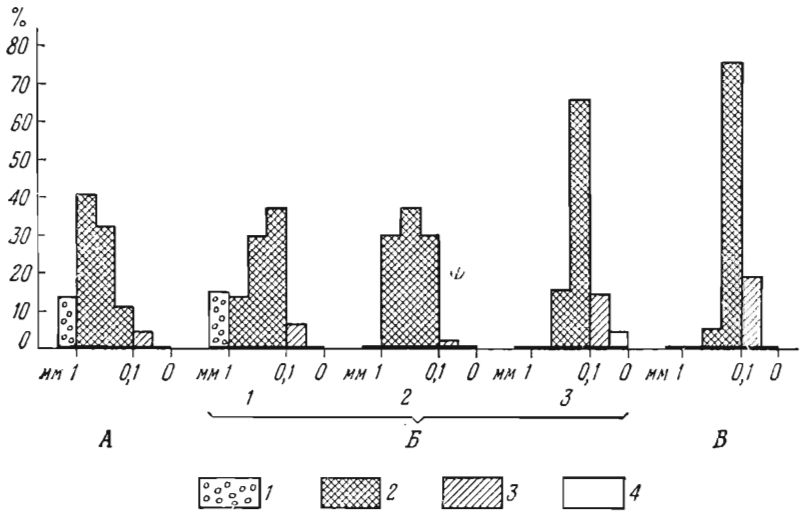
Построение диаграмм структуры осадков и сравнение их с данными изучения слоистости

Простейшим способом изображения результатов гранулометрического анализа (т. е. структуры отложений) является построение столбчатых диаграмм-гистограмм, на которых по оси абсцисс откладываются логарифмы конечных размеров фракций, а по оси ординат — их процентное содержание. Более простой способ — построение столбиков, отвечающих определенным фракциям, которые отмечаются на оси абсцисс диаграммы одинаковыми делениями произвольного размера. Методика построения диаграмм описана в ряде руководств («Методы изучения осадочных пород», т. I и др.).

Подмечено, что для отложений определенного генетического типа гистограммы имеют характерную форму. Следовательно, построив гистограмму для каких-либо осадков, по ее форме иногда можно сделать вывод об их фациальной принадлежности. Как и другие методы, основанные на математических подсчетах, этот метод привлекает своей кажущейся объективностью и точностью. Применение его при изучении разреза, фациальный характер отложений которого уже был установлен достаточно точно по другим признакам, в частности по слоистости, показало (Ботвинкина, Селиверстов и др., 1963), что форма гистограммы действительно может быть использована при фациальном анализе как дополнительный критерий, помогающий уточнить генетическую характеристику пород. Если отложения данного района с этой точки зрения изучены и для каждого их генетического типа установлен характер гистограммы, то это может помочь при определении генезиса слоев тех пород, макроскопические признаки которых по тем или иным причинам не видны или недостаточно ясны. Например, если мы видим песчаник однородный, хорошо отсортированный, слоистость которого кажется горизонтальной (но видна плохо), а органические остатки в нем отсутствуют, то по этим признакам можно предположить, что данный песчаник относится к глубоководным, а не к прибрежным фациям. Но в разрезе он был встречен в комплексе с отложениями мелководья, почти на границе с континентальными отложениями. Это заставляет предположить, что данный песчаник пляжевый, а слоистость его, возможно, не горизонтальная, а очень пологая косая (что как раз характерно для пляжей). Построенная гистограмма обнаружила сходство его структуры с отложениями пляжей, что и позволило с бóльшей уверенностью отнести его именно к этой фации.

Однако типичная форма гистограммы изменяется в зависимости от места взятия пробы, особенно для некоторых отложений. Так, например, гистограмма дельтовых отложений в их наиболее типичном выражении имела характерный симметричный вид (фиг. 49, *Б*, 2), однако построенная для дельтовых же отложений, но для участка более приближенного к суше, она уже имеет многоступенчатый вид (фиг. 49, *Б*, *1*), характерный для гистограммы речных отложений (фиг. 49, *А*), лишь со смещением в сторону более мелкозернистых фракций. Гранулометрический анализ дельтовых же отложений в их более мористой части (фиг. 49, *Б*, *3*) показал их структурное сходство с морскими отложениями зоны донных течений (фиг. 49, *В*). Между тем, слоистость везде сохраняет черты, характерные для отложений подводной части дельты. Таким образом, наличие переходных разностей, кроме четко выраженных генетических типов, затрудняет использование диаграммы гранулометрического состава в качестве основного признака. Кроме того,

форма гистограммы, определенная для отложений данного генетического типа в одном каком-либо районе (или толще), может оказаться непохожей на форму гистограммы отложений той же фации, но из другого района (или толщи). Причина этого кроется в большом влиянии на структуру осадка особенностей области сноса и транспортировки. Поэтому форму гистограммы в качестве определяющего фациального признака ни в коем случае нельзя



Фиг. 49. Диаграммы структуры осадков:

А — речных; *Б* — дельтовых (*1* — ближе к суше, *2* — в средней части, *3* — ближе к морю); *В* — морских в зоне донных течений (по Ботвинкиной, Селиверстову и др., 1963). *1* — гравий; *2* — песок (крупно-, средне- и мелкозернистый); *3* — алеврит; *4* — глина

использовать механически, так как возможные (а иногда даже случайные, местные) отклонения в структуре породы могут привести к ошибочным выводам. Этот метод можно применять только на фоне общего фациального анализа; совпадение его данных с результатами анализа слоистости в значительной степени увеличивает его достоверность. При этом структура породы (хорошая или плохая ее отсортированность и преобладание в ней каких-либо фракций, что собственно только и выявляет построенная гистограмма), часто может быть определена в первом приближении даже при простом рассмотрении породы без применения сложных пересчетов и построений.

Метод определения фаций по диаграмме Л. Б. Рухина

Статистическая обработка данных гранулометрического анализа в целях определения фации песков может быть выполнена другим методом — построением генетической диаграммы, предложенной Л. Б. Рухиным (Методы изучения..., т. I, стр. 340—342). На этой диаграмме выделяются поля песков, отложенных при разных условиях: поступательных движений воды; сильных колебательных движений воды; слабых колебательных движений воды; эоловым путем и «поле недостоверности». Автор диаграммы указывал, что с ее помощью можно определить лишь динамику среды, но нельзя установить физико-географические фациальные условия седиментации (река, озеро и т. д.). Между тем, при помощи изучения слоистости достаточно точно определяется не только характер динамического состояния среды отложения, но и фациальные условия отложения осадка.

Кроме того, применение диаграммы Л. Б. Рухина ограничено тем, что она пригодна лишь для длительно переотлагавшихся песков платформенных областей и непригодна для определения отложений горных и предгорных областей. Она неприменима и в том случае, если пески, сформировавшиеся в одной фации, были переотложены в другой фации (а такие случаи в ископаемых отложениях весьма часты). Наконец, эоловые пески, недостаточно длительно перевевавшиеся, также не могут быть отделены от песков, отложенных в водной среде. При всем этом данный метод требует довольно большой затраты средств и времени на проведение анализов и их пересчеты, тем более, что определение условий седиментации по малому количеству образцов, как указывал сам Л. Б. Рухин, ненадежно.

Ограниченность возможностей применения этого метода очень узким кругом отложений, трудоемкость этой методики и существование других, более эффективных и простых методов приводит к выводу, что построение генетической диаграммы по методу Л. Б. Рухина не следует рекомендовать для повседневной практики геологических работ.

2. Слоистость и замеры наклона галек

Изучение галек и определение по замерам их наклона направления сноса осадочного материала привлекает все большее внимание исследователей. При этом отмечается, что якобы в речных отложениях, как правило, гальки падают навстречу течению, т. е. навстречу наклону косой слоистости, а на побережьях водоемов наклоны галек и косой слоистости обычно совпадают с направлением течения. Однако на самом деле это не совсем так, и столь примитивные определения могут привести исследователей к совершенно ложным выводам. Дело в том, что на расположение галек и их соотношение со слоистостью (слойчатостью) влияет их форма, размер, способ перемещения (волочением, перекатыванием или во взвеси), а также количество гальки по отношению к вмещающей породе и, наконец, сама порода, в которой они расположены. Так, речная галька, передвигаемая волочением, длинной осью направлена вдоль русла реки, а средней — поперек русла. Галька же, перемещаемая перекатыванием, наоборот, длинной осью направлена поперек русла реки (но не точно перпендикулярно ее течению, а несколько под углом, так что конец, более близкий к берегу, лежит несколько выше вверх по течению). При этом в обоих случаях гальки располагаются в осадке с некоторым наклоном вверх по течению (навстречу ему), так как в таком положении они наиболее устойчивы. Но все это характерно только для чистых галечников. Если же отложение гальки происходит на склоне донного песчаного вала, то галька переносится через его гребень и ложится плашмя на его поверхность. В этом случае гальки приобретают наклон вниз по течению, соответствующий направлению косой слоистости. При этом более мелкие гальки, переносимые во взвеси, часто ложатся длинной осью по направлению падения слойков, а гальки, передвигаемые перекатыванием, перевалив через гребень вала, естественно, ложатся длинной осью поперек к направлению течения. Гальки, скатившиеся к подножию склона вала, обычно расположены беспорядочно. При выпадении из взвеси гальки всегда стремятся занять вытянутой осью горизонтальное положение или, во всяком случае, лечь параллельно плоскости наслоения.

Одновременные замеры косой слоистости и наклона галек показали, что если порода представляет собой песчаник с небольшим количеством гальки, то последние располагаются согласно с поверхностями косых слойков. Если порода состоит целиком из галек, то ориентировка их наклона противоположна направлению падения косой слоистости. При промежуточном соотношении определенная связь между наклоном косых слойков и галек отсутствует.

Из изложенного вытекают следующие выводы.

1. В галечниках более крупные и плоские гальки, наклоняясь навстречу движению воды, образуют черепитчатое наслоение (как в речном потоке, так и на морском пляже). При этом в континентальных конгломератах расположение галек более беспорядочное и разнонаправленное, чем в конгломератах морских.

2. В косослоистых песчаных осадках гальки располагаются параллельно косым слойкам, наклоняясь по направлению течения и подчеркивая при этом рисунок косой слоистости.

3. Для определения направления течения наклон косых слойков является значительно более надежным признаком, чем наклон галек.

Очевидно, то, что сказано относительно соотношения слоистости и наклона галек, в какой-то степени можно отнести к замерам ориентировки других неизометричных включений в породе. Для удлиненных включений, влекомых по дну или перемещаемых во взвеси, очевидно, нормально их продольное (с некоторым отклонением) расположение в потоке (а следовательно, и в осадке). Перекатываемые по дну компоненты осадка располагаются своей длинной осью поперек потока. При замерах ориентировки удлиненных включений с неравными концами следует определять направление одного и того же конца (предпочтительно узкого, так как он обычно направлен по течению). При этом имеют значение и размеры объектов. Так, при статистическом исследовании направления разных по величине раковин ортоцератит было определено, что мелкие раковины располагались параллельно береговой линии, а крупные — поперек к ней. Очевидно, это также было обусловлено разным способом их перемещения. Можно производить замеры ориентировки не только включений, но и различных знаков на поверхностях наслоения — царапин, борозд и т. д. Все эти данные следует обязательно сопоставлять с данными наблюдений слоистых текстур, в этом случае могут быть получены наиболее правильные выводы о характере, скорости и направлении движения среды отложения. При этом надо учитывать необходимость массовых замеров, что требует большого количества времени. Так, в «Методическом руководстве...» (1954) в каждом пункте рекомендуется проводить следующее количество наблюдений: наклоны косой слоистости — 40—50 замеров; галек и валунов — 100—150; линейных включений — 100—150; мелких ориентированных включений (растительного детрита, фузулин и др.) — по 200—300 замеров в одном пункте и т. д. На массовые замеры косой слоистости в каждом пункте наблюдений требуется 2—3 часа, при замерах ориентировки галек — 3—4 часа и т. д. Отсюда очевидно, что метод массовых замеров следует применять только для решения тех определенных задач, которые не могут быть разрешены иным, менее трудоемким способом.

Вообще количественно-статистический анализ ориентировки компонентов осадочных пород может быть эффективным лишь на довольно высокой стадии стратиграфической и фациальной изученности данной толщи, хорошей ее обнаженности и ненарушенного или слабо нарушенного ее залегания.

3. Слоистость и вещественный состав пород

Вещественный состав и слоистость не находятся в прямой зависимости: если, например, уже выпавшие зерна кальцита перемещаются течением, то в известняке возникает точно такая же слоистость, что и в кварцевом песчанике, сформированном действием подобного течения. Если же форма компонентов осадка определяется их составом (например, в органогенных известняках), то в этом случае на форму и другие признаки слоистости вещественный состав будет оказывать некоторое косвенное влияние через структуру осадка. Существует некоторая специфичность текстур в зависимости от того, является ли порода кластогенной, хемогенной или биогенной[1]. Спе-

[1] То есть опять-таки в зависимости от генезиса, а не от вещества отложений.

цифичность эта сказывается прежде всего в преобладании тех или иных видов слойчатости. В частности, в грубозернистых кластогенных породах текстура может быть разнообразной: кроме горизонтальной и косой слоистости, она часто бывает неслоистой, неоднородной, слоеватой, а также наклонной. Песчано-алевритовые породы обладают наибольшим разнообразием форм слоистости. В глинистых породах, сложенных частицами малого размера, диапазон слоистых текстур сильно ограничен: они в основном представлены разновидностями горизонтальной слоистости, реже—полого-волнистой и, редко (причем при наличии в глинистой породе примесей более грубого материала) — волнистой, косо-волнистой и очень мелкой косой. Кроме слоистых текстур, для глинистых пород характерны разнообразные неслоистые текстуры, как первичные, так и вторичные, часто определяемые только под микроскопом.

Для глин особенно характерна их слоеватость, вызываемая параллельным расположением глинистых пластинчатых минералов, которая макроскопически проявляется в гладкой поверхности раскола породы параллельно наслоению. Для глинистых пород характерна ритмическая слоистость, а также сложные типы горизонтальной слоистости: полосчатая, неправильно полосовидная и неправильно линзовидная (последние часто появляются в том случае, если в глинистом осадке имеется примесь биогенного компонента). Наконец, глинистым породам присуща диагенетическая слоистость, особенно слоистость перераспределения, и конкреционная текстура (см. ниже). В глинистых породах часто бывает нелегко отличить первичную слоистую или какую-либо неслоистую текстуру от вторичной сланцеватой или неслоистой.

Вещественный состав несколько сказывается на слоистости в органогенных породах. Органогенным отложениям присуща как слойчатость, обусловленная физико-механическими факторами (такая же, как в кластогенных осадках), так и специфические виды текстур. Отчасти это связано с разнообразием формы компонентов, слагающих органогенные породы, отчасти с тем, что биохимические процессы, проходящие в осадке и также влияющие на образование в нем слоистости, протекают различно в разных по составу осадках. Наконец, им свойственна специфическая биоморфная текстура, обусловленная ростом живых организмов (например, «слоистость» водорослевых биогермов). Из нарушений особенно характерно взрыхление и взмучивание роющими организмами, а также следы многочисленных ходов и норок разных донных животных. Весьма характерны для биогенных отложений диагенетические текстуры и, в частности, диагенетическая слоистость и слойчатость разного рода. Наконец, каждая биогенная порода имеет свои, присущие только именно ей специфические текстуры. Некоторые из них будут кратко освещены в разделе VI при описании специфики текстур полезных ископаемых. Слоистость хемогенных пород, по форме обычно горизонтальная, специфична по строению слойков, их чередованию, группировкам и другим признакам. Реже она бывает других типов—если хемогенный осадок перераспределялся движением воды и, особенно, если при этом в нем имелась примесь кластогенного материала. Очень характерна для хемогенных пород сезонная тонкая слойчатость. Наличие ее служит довольно хорошим свидетельством первичного, а не вторичного происхождения данной породы (например, доломита). В хемогенных породах также распространены первичнонеслоистые текстуры и всевозможные вторичные текстуры — диагенетические и эпигенетические.

Итак, можно сделать следующий общий вывод: форма слоистости, определяющаяся механизмом седиментации, не находится в прямой зависимости от вещественного состава пород. Каждая порода имеет характерные именно для нее текстуры, обусловленные механизмом ее образования.

Часто возникает вопрос, в каком отношении с изучением слоистости стоит минералогический анализ и какой из этих методов более эффективен для

решения вопроса о фациях осадков и для корреляции разрезов. Ответить на этот вопрос сложно. В частности, как показала практика, при выяснении связи области седиментации с областями сноса, а также при корреляции морских отложений, минералогический анализ может быть весьма эффективен. Однако при изучении континентальных толщ, в которых нет такого усреднения вещественного состава, как в морских, применение минералогического анализа для корреляции разрезов без учета фациального характера пород, из которых взяты пробы, может привести к большим ошибкам. Параллельно проводимое изучение слоистости, во-первых, может помочь выявить характер отложений (континентальные или морские), т. е. определить степень надежности результатов минералогического анализа. Во-вторых, по замерам направления падения косых слойков можно определить расположение источников сноса и пути перемещения осадочного материала (в том числе тех компонентов породы, которые являются полезными ископаемыми). Наконец, в-третьих, при одновременном изучении слоистости и проведении минералогического анализа данные последнего будут привязаны не просто к разрезу через какие-то интервалы, а к определенным фациям.

Таким образом, очень трудоемкий и требующий большой затраты времени метод минералогического анализа следует проводить на фоне фациальных исследований, при которых уже нельзя обойтись без определения генетических особенностей слоистых и других текстур (что, кстати сказать, требует относительно небольшого дополнительного времени).

4. Слоистость и органические остатки

Геологи часто спрашивают: «Зачем для фациального анализа изучать слоистость, когда есть такой хороший показатель фациальной обстановки, как фауна и флора?» Да, органические остатки безусловно являются наилучшим показателем общей фациальной обстановки и позволяют уверенно отделить морские отложения от континентальных. Однако нельзя не учитывать еще и других обстоятельств.

1. Многие осадочные толщи являются «немыми» — это большинство континентальных толщ, некоторые морские, а также древнейшие толщи докембрия огромной мощности.

2. Если мы можем по фауне выделить морские отложения в целом, то далеко не всегда по этому признаку нам удается разграничить в них отдельные фации, а тем более субфации. Между тем, выделение последних бывает существенно с практической точки зрения (например, при поисках прибрежно-морских россыпей). Между тем, гидродинамические условия в каждой фации создают специфичность слоистых текстур формирующегося в них осадка.

3. Живые организмы, как известно, эволюционируют во времени: например, животные, живущие в настоящее время на одних глубинах, в геологическое время могли жить на другой глубине. Что же касается физико-механических процессов, то можно считать, что физические законы настоящего времени действовали и в другие геологические эпохи: над пустынями дули ветры, осадки оседали, сортируясь по размеру и весу, течения передвигали донные валы и т. д. Все это дает основание переносить наши сведения о современном механизме образования слоистых текстур на формирование текстур в ископаемых отложениях различного возраста.

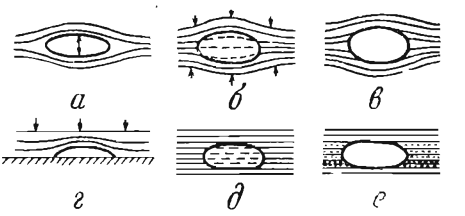
4. Органические остатки являются указанием на ту или иную фацию при обнаружении биоценозов и при массовых находках. Единичные же находки или легко переносимые органические остатки, указывая на возраст отложений, еще не дают указания на обстановку их формирования. Например, известно, что в прибрежно-морских и лагунных отложениях возможны скопления детрита и остатков наземных растений, причем даже в довольно большом количестве; скопления обломков тонких раковин могут

переноситься ветром далеко от берега моря в глубь суши и т. д.; единичные же остатки всегда могут иметь элемент случайности.

Наконец, фауна бывает переотложена из более древних отложений (например, если река размывает морские пески, то вполне возможно, что в речном аллювии могут быть обнаружены единичные морские раковины более древнего возраста). Поэтому, даже если имеются сведения о фауне и флоре, это не исключает необходимость изучения слоистости. Если сравнение полученных результатов покажет их совпадение, то это хорошо. Если же они вступают в противоречие, то этим случаям следует уделить особое внимание.

5. Слоистость и конкреции

Конкреции в породе могут располагаться различно — подчиняясь наслоению или независимо от него. Однако только по этому признаку нельзя делать вывод о времени образования конкреции (считая не зависящие от наслоения более поздними), как это рекомендуется, например, в монографии Л. Б. Рухина (1953). Рассмотрим различные случаи соотношения конкреций со слоистостью (фиг. 50).



Фиг. 50. Соотношение слоистости с конкрециями.

а — конкреция образовалась после отложения осадка и в процессе роста как бы «раздвинула» слои; *б* — конкреция почти сингенетична осадку (образовалась в еще рыхлом осадке); при уплотнении последнего слойки как бы «огибают» конкрецию. В теле конкреции видно продолжение слойков, но большей мощности, чем в уплотненном осадке; *в* — то же, но в теле конкреции не видно следов слоистой текстуры; о времени образования конкреции говорит некоторое увеличение мощности слойков, примыкающих к ней; *г* — конкреция образовалась после отложения нижнего слоя, но до образования верхнего; материал последнего при оседании образует слойки, облекающие конкрецию; *д* и *е* — конкреции, не нарушающие слоистость породы (более поздняя стадия конкрециеобразования): *д* — в теле конкреции видно продолжение слоистости вмещающей породы, причем мощность слойков не изменяется, *е* — слоистость внутри конкреции не видна, но мощность и форма слойков породы, вмещающей конкрецию, не изменяются около нее

1. Конкреции образовались в еще рыхлом неуплотненном осадке без нарушения его текстуры. Затем, при уплотнении осадка конкреционные тела (как более плотные) сохраняли свой объем, в то время как вмещающие слойки подвергались уплотнению с уменьшением мощности (см. фиг. 50, *б* и *в*). Это — конкреции раннедиагенетические. Часто в этом случае в теле породы сохраняются следы первичной текстуры, в частности слоистости. При этом характерно, что мощность слойков внутри конкреции больше, чем мощность их продолжения вне тела конкреции.

2. Конкреция, образующаяся в слоистом осадке, в процессе своего роста как бы раздвигает вмещающие ее слойки (см. фиг. 50, *а*). В данном случае слойки также будут огибать конкрецию, мощность огибающих слойков при этом может оставаться неизменной; сами же конкреции, как правило, имеют концентрическое строение, и слоистость внутри них не прослеживается. Эти конкреции связаны с более поздней стадией диагенеза; чаще они приурочены к границам слоевых элементов.

3. Конкреции начинают развиваться на поверхности слоя (например, по органическим остаткам), и выпадающий осадок их облекает (см. фиг. 50, *г*); при этом может быть так, что слойки над конкрецией будут тоньше, чем сбоку от нее. Такие конкреции сингенетичны осадку.

4. Если мы видим конкрецию, через тело которой проходят слойки той же мощности и формы, как и вне ее, это свидетельствует об образовании конкреции в более позднюю стадию диагенеза (а может быть и эпигенеза), когда слойки уже были достаточно уплотнены (см. фиг. 50, *д*, *е*). Если слоистость

в теле конкреции не видна, то о неизмененности текстуры можно судить по неизменной мощности слоя, вмещающего конкрецию (фиг. 50, *е*).

Таким образом, для определения стадии образования конкреции существенно соотношение мощностей слоевых элементов внутри и вне конкреции.

Бывает, что конкреция как бы «запечатывает» текстуру слоя и последняя в ней видна лучше, чем во вмещающей породе. Часто конкреции бывают приурочены к нарушенным участкам породы, поэтому в теле конкреции могут быть запечатлены оползневые и другие текстуры нарушений весьма причудливой формы. Конкреции, располагающиеся согласно с наслоением, могут сливаться своими боковыми частями, образуя почти сплошные конкреционные слойки и даже слои, причем иногда они представляют собой ряд сильно уплощенных линз (возникает диагенетическая линзовая текстура — см. табл. XIV).

Могут быть конкреции никак не связанные со слоистостью и пересекающие ее. Однако по этому признаку нельзя считать их значительно более поздними и даже эпигенетическими. Такие конкреции могут развиваться и на очень ранней стадии диагенеза, например по корням растений, секущих слоистость, а могут быть и значительно более поздними, например приуроченные к трещинам. Поэтому самый факт пересечения конкрецией слоистости еще не является показателем времени ее образования: важнее для этого определить, к чему именно приурочено образование конкреций, секущих слоистость.

6. Слоистость и общие геологические данные (условия залегания, протяженность и мощность слоев, связь их с соседними и т. д.)

Особенно следует подчеркнуть, что при фациальном анализе и определении генетического типа пород слоистые текстуры обязательно надо рассматривать на фоне изучения всей осадочной толщи и особенностей ее строения в целом. Диагностическим признаком фаций является не только наличие тех или иных текстур, но и порядок, в каком они следуют друг за другом, а также их соотношения в пространстве. Здесь изучение слоистости пород тесно смыкается с изучением характера наслоения осадочных толщ (стратификации), особенностей слоев и пластов: их мощности, протяженности, взаимных соотношений и переходов, условий залегания, типов контактов смежных слоев и т. д. При этом обязательны увязка с остальными геологическими данными, учет масштаба явления, геологического времени, иногда палеоландшафта и климата.

Приведем некоторые примеры:

1. Отложения перекрестной косой слоистости, по рисунку как будто сходной с дельтовой, представляют собой линзу небольшой протяженности, мощностью менее 1 *м*. Такие отложения нельзя считать подводной частью морской дельты, для которой характерны большие мощности и, главное, большая протяженность (не тот масштаб явления).

2. Для речных отложений весьма характерна присыпка растительного детрита по плоскостям наслоения. Однако для древних толщ (до карбона) этот признак отпадает, так как тогда еще не была развита наземная растительность (особенность, связанная с геологическим возрастом).

3. Текстура отложений временных равнинных потоков гумидной зоны (овражных) ближе к текстуре постоянных рек той же зоны, чем к отложениям временных же потоков, но в пустынных областях, окруженных горами (особенности палеоландшафта и климата).

Наконец, необходимо учитывать сложность палеогеографических обстановок, особенно если разрез соответствует достаточно большому интервалу времени (см. раздел V).

В заключение разберем несколько различных случаев, когда на осно-

вании сопоставления разных признаков получаются, на первый взгляд, как будто противоречивые выводы.

1. Косая слоистость в грубозернистых песках с галькой по ряду признаков напоминает дельтовую, однако комплекс вмещающих отложений имеет ясно континентальный облик. Краевые фации этих песчано-галечных накоплений вмещают угольные пласты (осадки торфяных болот), а в поперечном направлении появляются прибрежно-морские отложения. Такой комплекс осадков мог возникнуть не в типичной морской дельте, а в выносах сухих дельт на предгорную равнину, расположенную вдоль берега моря.

2. Среди мелководных морских отложений отмечаются пески с косой слоистостью пляжей, обогащенные тяжелыми минералами. Однако оконтуривание этих песков на площади выявляет их расположение в виде пятен среди волнистослоистых прибрежно-морских осадков, что противоречит традиционному представлению о пляжах, вытянутых полосой вдоль берега моря. Очевидно, описанные отложения накапливались в мелком море на многочисленных отмелях, поверхность которых по существу представляет собой тоже пляжи.

3. Могут быть случаи, когда по разобранным признакам для ископаемых отложений мы не можем найти аналога среди современных осадков. Например, в изучаемом горизонте на очень большой площади (сотни километров) отмечается преобладание неправильно горизонтальной или очень мелкой пологоволнистой слоистости, которая везде сильно нарушена деятельностью организмов (червями и др.). Породы довольно тонкозернистого состава, богаты органическим материалом. Все признаки указывают на формирование отложений в очень мелком море, придонная часть которого «кишела» мелкими животными. В настоящее время сходные фации не занимают столь большие площади, но, по-видимому, в иные геологические эпохи такие моря существовали, причем достаточно длительное время, в течение которого успевала накопиться мощная толща подобных осадков. В данном случае фациальный анализ приводит нас к выделению фаций, характерных для определенных геологических эпох и не развитых в настоящее время.

Не следует забывать и о том, что нельзя вносить коррективы и уточнять представления о фациях, не учитывая всех особенностей слоистости. К чему приводит недоучет деталей слоистости, можно видеть из следующего примера. В одной статье было написано, что в толще отложений, считавшихся ранее типичными морскими, достаточно глубоководными, были обнаружены песчаники с крупной косой слоистостью. На этом основании автором статьи была отвергнута существующая точка зрения и было высказано утверждение, что песчаники являются прибрежными (это меняло представление и о всей толще в целом). Однако, даже судя только по фотографиям и зарисовкам слоистости, приведенным в статье, совершенно ясно, что данная косая слоистость была сформирована донными морскими течениями, которые могут существовать и на больших глубинах, и вдали от берега. Таким образом, признаки косой слоистости не отрицали, а, наоборот, подтверждали высказанное ранее предположение о генезисе осадков. Следовательно, нельзя базироваться только лишь на одном факте наличия косой слоистости без анализа всех ее признаков и деталей.

Вообще в любом случае при фациальном анализе не следует примитивно подходить к определению слоистости, так же как не следует стараться подогнать свои выводы под существующие традиционные представления, под какой-то определенный штамп. Необходимо, учитывая типичные и характерные признаки, не забывать и о возможных отклонениях в зависимости от ряда причин, о сложных природных сочетаниях и, наконец, о геологической специфике седиментации. Только продумывание всего комплекса признаков самим исследователем может привести его к правильным выводам. При этом «начинать думать» надо в поле, не откладывая это на камеральный период. При таком подходе лишь в очень редких случаях, только

при особо неудачных стечениях обстоятельств, изучение слоистости ничего не добавит к фациальной характеристике разреза. В подавляющем же большинстве случаев этот признак весьма помогает решению многих вопросов, как связанных с выяснением генезиса пород, так и ряда других.

Д. СЛОИСТОСТЬ И СХОДНЫЕ С НЕЙ ВТОРИЧНЫЕ ТЕКСТУРЫ, СПОСОБЫ ИХ РАЗЛИЧИЯ

При определении слоистости как первичной текстуры породы надо уметь отличить ее от вторичных линейно-ориентированных текстур, возникающих при диагенезе и метаморфизме, а также от мелкой складчатости. Необходимо учитывать их соотношение.

1. Диагенетическая слоистость

Диагенетическая слоистость является результатом наложения двух процессов, протекавших в разное время — образования слоев при седиментации и последующего преобразования осадка, обусловленного первичным характером слоев в пределах уже существующих границ наслоения. Периодическое разложение верхней части слойков уже выпавшего осадка,концентрация какого-либо вещества в определенном слое или на границе слоев — все это примеры диагенетической слоистости. Это явление может быть названо слоистостью потому, что хотя слои и сформировались в окончательном виде уже после осаждения материала, в диагенезе, но располагаются они, подчиняясь наслоению, там, где возможность для этого была подготовлена еще при седиментации (приуроченность к определенным слоям какого-либо вещества, разная пористость слоев и слойков или, наоборот, непроницаемость их для растворов и т. п.). Диагенетическая слоистость в большинстве случаев бывает хемогенной, но иногда может быть и иной. Выделяются различные типы диагенетической слоистости в зависимости от причин, обусловливающих ее появление — послойной концентрации рассеянных компонентов осадка или же концентрации веществ, приносимых в осадок извне (табл. 10).

Перераспределение и замещение компонентов осадка происходит при стягивании рассеянных в осадке веществ, в результате чего образуются горизонты конкреций и даже выдержанных конкреционных прослоев, занимающих положение седиментационного слоя. Такая слоистость хемогенного происхождения очень типична для многих руд, для карбонатных и кремнистых пород. Иногда слоистость (слойчатость) может возникнуть в результате механического перераспределения компонентов осадка. Например, на дне озер, в периодически поступающем смешанном глинисто-песчаном осадке, происходит перераспределение компонентов: песчинки проходят сквозь жидкий ил и располагаются, сортируясь по размеру, в основании слойка. Таким путем иногда может быть сформирована ленточная слоистость, столь типичная для озер.

При частичном выносе вещества (например, при разложении органических остатков) отдельные слои обогащаются остающимися компонентами, которые первоначально находились в рассеянном виде. Такая слоистость может быть встречена в углях, горючих сланцах, сапропелях и других породах. Иногда в определенной части слоя или слойка (чаще всего в верхней) происходит изменение, преобразование слагающего его вещества (разложение, окисление и др.), т. е. образуется диагенетическая слоистость изменения. При частом периодическом повторении этих изменений возникает тонкая слойчатость осадка (например, сезонная слойчатость в озерных илах).

Все эти процессы создают типичную диагенетическую слоистость.

Таблица 10

Генетические типы диагенетической слоистости

Источник вещества диагенетических слоев	Процесс, образующий генетический тип слоистости		Образуемая текстура
Концентрация и изменение веществ, уже имеющихся в осадке	Перераспределение	Химическое	Типичная диагенетическая слоистость
		Механическое	
	Замещение		
	Вынос и концентрация остающихся компонентов		
	Изменение и преобразование верхней части слоев		
Привнос вещества извне	Выпадение внесенного вещества	В коллоидном осадке	Чаще образуется полосчатость (не совпадающая со слоистостью), редко — диагенетическая слоистость
		В рыхлом осадке	Слоеватость, подчеркивание слоистости, реже — диагенетическая слоистость. Может быть затушевывание седиментационной слоистости
		На границе слоевых элементов	Подчеркивание слоистости, реже — диагенетическая слоистость

Кроме перечисленных случаев, новое вещество может приноситься в данный осадок извне. При проникновении растворов в коллоидный осадок происходит периодическое выпадение вещества — образуется диагенетическая слоистость выпадения. Однако в большинстве случаев этот процесс приводит к появлению не слоистости, а полосчатости, не совпадающей с первичной седиментационной слоистостью, а пересекающей ее. Если последняя видна хорошо (например, по изменению гранулометрического состава), то их легко различить. При неясности седиментационной текстуры и достаточно большой протяженности полос, полосчатость можно спутать со слоистостью, и требуется внимательное рассмотрение породы, чтобы их различить. Таким образом, этот процесс образует диагенетическую слоистость лишь в некоторых случаях, чаще же он создает лишь полосчатость породы.

Привнос вещества извне растворами, коллоидными или химическими, проникающими в рыхлый осадок и вносящими в него новый компонент, приводит к образованию горизонтов конкреций, часто расположенных согласно наслоению (например, горизонтов кремней в меловых породах, образовавшихся в результате отложения геля кремнезема из коллоидных растворов, просачивавшихся сквозь толщу мела). Конкреции придают породе диагенетическую слоеватость, а иногда образуют прослои и слои, создавая диагенетическую слоистость. Но чаще выпадение поступающего извне вещества происходит не внутри слоевых элементов, а приурочивается к их границам, тем самым лишь подчеркивая первичную седиментационную слоистость, реже — образуя диагенетическую слоистость. Однако если выпадение из раствора происходит не строго в соответствии с границами наслоения, оно

затушевывает первичную текстуру, а иногда даже создает ложное впечатление слоистости, причем ориентированной не так, как истинная слоистость. В последнем случае эту вторичную текстуру нельзя называть слоистостью, хотя бы и ложной.

Вообще для этого процесса более характерно подчеркивание седиментационной текстуры (что обязательно надо отмечать при описании слоистости) и в меньшей степени — образование собственно диагенетической слоистости. Таким образом, процессы перераспределения вещества в осадке и его изменения создают диагенетическую слоистость, привнос же вещества извне чаще либо только подчеркивает первичную текстуру, либо же, наоборот, затушевывает ее.

Диагенетическая слоистость более присуща наслоению и напластованию и в меньшей степени — слойчатости пород. Существенное влияние диагенеза на слоистую текстуру сводится к подчеркиванию слоевых элементов и образованию более резких границ их раздела.

2. Слоистость и окраска пород. Полосчатость

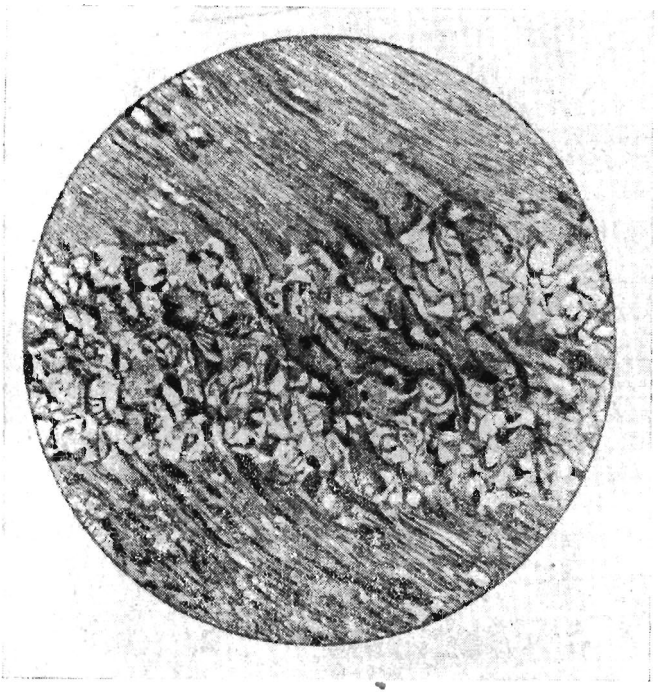
Окраска пород может быть: 1) первичная унаследованная, определяющаяся цветом выпадающего в осадок материала; 2) первичная сингенетическая, появляющаяся в процессе осаждения; 3) вторичная — от почти сингенетичной (реакции в коллоидах) до окрашивания пород в зоне выветривания. Только первая из них несомненно связана со слоистостью; вторая может изменяться по простиранию слоя; что же касается третьей, то она может совпадать с первичными границами слоевых элементов и таким образом подчеркивать слоистость, но чаще она не совпадает с этими границами и затемняет слоистость. Поэтому, встречая «полосатый» разрез с разнообразно окрашенными слоями, необходимо особенно тщательно разобраться в первичной слоистости пород, не поддаваясь искушению более легкого способа расчленения разреза по цветным слоям, лучше видным, но далеко не всегда являющимся стратификационными элементами — слоями или слойками.

3. Слоистость и вторичные текстуры, возникающие на разных стадиях эпигенеза и метаморфизма

Процессы последующих изменений породы накладываются и на слоистость, обычно она несколько затушевывается и становится менее отчетливой. С другой стороны, возникают новые текстуры, которые нужно различать от первично седиментационных — плойчатость и сланцеватость и др. Иногда вторичные текстуры возникают, как бы «приспосабливаясь» к первичным седиментационным, иногда же, наоборот, секут последние.

П л о й ч а т о с т ь — мелкая изогнутость слойков (слоев), возникающая в пластичных и слоистых породах при изменении их объема вследствие давления, обусловленного тектоническими или химическими процессами. Она характерна для гипсов, образовавшихся в результате гидратации ангидрита, сопровождающейся увеличением объема слойков, а также для железистых кварцитов, но встречается и во многих других породах. По форме плойчатость иногда несколько напоминает волнистую слоистость, однако эти термины нельзя смешивать. Внимательное рассмотрение плойчатой текстуры выявляет признаки ее отличия от слоистости: неодинаковая величина волн в одном слойке; растянутые гребни, иногда с как бы нависающими карнизами; крутые, почти вертикальные боковые части волн; близкие величины длины волны и ее амплитуды (они почти равны, а иногда амплитуда может быть даже больше длины волны); неровная «зубчатая» граница раздела слойков; изменчивая мощность слойка (в одних местах он разбухает, в других — становится тоньше). Все эти признаки отличают плойчатость от седиментационной слоистости, образованной волнением. В других случаях

плойчатые текстуры имеют сходство с оползневыми текстурами или с изогнутой слоистостью (convolute belling). Не исключена возможность, что в ряде случаев плойчатость развивалась именно по волнистослоистым слойкам или по слойкам, уже нарушенным оползанием. Во всех случаях плойчатая текстура — вторичная, наложенная на первичную слоистость (поэтому термин «плойчатая слоистость» употреблять не следует).



Фиг. 51. Соотношение слоистости и сланцеватости. Слоистость выявляется прослоем алевритовых зерен (кварц и полевой шпат) в глинистой породе. В последней видна сланцеватость, секущая слоистость под углом. Верхний девон Кузбасса (Атлас текстур и структур..., 1962)

С л а н ц е в а т о с т ь — текстура метаморфизованных пород, при которой порода распадается на тонкие пластинки или плитки, что обусловливается перекристаллизацией компонентов породы и расположением минералов параллельно друг другу в результате давления.

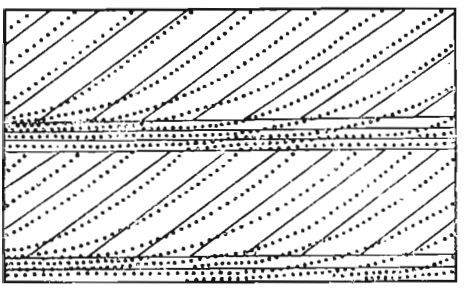
Сланцеватость может совпадать со слоистостью. В нормальных осадочных породах часто отмечается первичная ориентировка слагающих породу компонентов, особенно на границах слоев; естественно, что под влиянием статической нагрузки такое ориентированное расположение становится еще более отчетливым. Это приводит к распадению породы на пластинки или плитки, причем появление границ раздела плиток приурочивается преимущественно к границам слойков или их пачек. Поэтому термины — плитка, пластинка, листок — часто (хотя и не всегда) соответствуют слоевым единицам различной мощности, а вторичная текстура породы — плитчатая, пластинчатая или листоватая — совпадает с первичной слоистостью (или, во всяком случае, имеет одинаковое с ней направление). Однако эти текстуры все же вторичные и их нельзя рассматривать как одни из видов слоистости (плитчатая текстура породы, но не плитчатая слоистость). В табл. IV приведены термины, которые рекомендуется применять в зависимости от толщины плиток или пластинок.

Однако под воздействием тектонического давления в осадочных породах может возникать сланцеватость, направленная под углом к первичной слоистости. На фиг. 51 видно, как слоистость, выявляющаяся изменением гранулометрического состава, косо пересекается плоскостями кливажа. Рассмотрение деталей строения породы (в том числе ориентированных шлифов под микроскопом) обычно позволяет отличить слоистость от сланцеватости. Иногда сланцеватость называют ложной слоистостью, что совершенно недопустимо, так как слоистость даже в широком смысле — это термин, относящийся к стадии образования осадка. Кливаж и рассланцевание — позднейшие вторичные процессы и называть их ложной слоистостью ошибочно (так же, как, например, нельзя называть метаморфизм ложным диагенезом).

Несмотря на то, что в метаморфизованных породах появляются новые текстуры, как бы затушевывающие первичную слоистость, все же из первичных генетических признаков пород лучше всех сохраняется именно слоистость, особенно в обломочных породах. Другие признаки — структура, вещественный состав и прочие меняются в еще большей степени. Поэтому при фациальном анализе, при выяснении условий седиментации древних метаморфизованных толщ изучение слоистости имеет первостепенное значение.

4. Слоистость и выветривание. Плоскости отдельности

Выветривание на поверхностях обнажений обычно подчеркивает слоистую текстуру пород. Это объясняется тонким дифференцированным действием агентов выветривания на отдельные слоевые элементы или их части, мало различающиеся в невыветрелом состоянии (особенно в древнейших толщах). Наиболее отчетливо слоистость проявляется выветриванием при переслаивании пород разной структуры в породах смешанного терригенно-хемогенного состава, в породах с сортированной слоистостью.



Фиг. 52. Чередование двух систем трещин, создающее на поверхности обнажения впечатление чередования косой и горизонтальной слоистости в косослоистой породе.

Пунктир — косые слойки, выполаживающиеся к основанию серии; прямые сплошные линии — плоскости отдельности

Из выветрелой поверхности обнажения бывают видны трещины отдельности, которые часто развиваются по плоскости наслоения. Трещины отдельности также подчеркивают слоистую текстуру пород, однако их прямолинейность иногда может создать ложное впечатление о типе слоистости. Например, при наличии в плотных породах с развитыми плоскостями отдельности косослоистых серий с вогнутыми слойками может иногда показаться, что косослоистые серии разделены неслоистыми или горизонтальнослоистыми. В том случае, когда слойки подчеркиваются лишь в верхней своей части и как бы «пропадают» книзу, там, где они выполаживаются, может показаться, что косослоистые серии чередуются с неслоистыми. Однако при внимательном рассмотрении этих «неслоистых» участков обычно в них обнаруживается слабо заметное продолжение выполаживающихся частей косых слойков, которые отчетливо видны выше. В другом случае верхние, наклонные части косых слойков в каждой серии подчеркиваются косо расположенными плоскостями отдельности, а нижние, пологие части слойков подчеркиваются почти горизонтальными плоскостями отдельности (причем обе системы трещин пересекают переходные участки выполаживания слойков). Такое чередование этих двух систем трещин создает впечатление чередования косослоистых и горизонтальнослоистых серий (фиг. 52). Внимательное же про-

слеживание каждого слойка показывает его постепенный переход из косого положения в пологое, почти горизонтальное.

Для выветрелых поверхностей весьма характерны бурые железистые полосы и разводы, которые в слоистой, особенно в косослоистой породе часто приурочиваются к границам слойков, серий и пачек, подчеркивая рисунок слоистости. Однако иногда они создают ложное впечатление слоистости в породе иной текстуры (см. фиг. 29), а часто просто секут слоистость. Поэтому прежде чем описывать текстуру, в обнажении необходимо рассмотреть ее независимо от вторичного ожелезнения.

Длительное пребывание породы в зоне выветривания, как правило, приводит к разрушению и затушевыванию первичной текстуры в результате гипергенеза, почвообразования и других процессов, и к появлению новых специфических текстур этой зоны.

5. Слоистость и складчатость

При изучении складчатых толщ с нарушенным первичным залеганием слоев, имеющих внутреннюю слойчатую текстуру, надо помнить о возможности следующих ошибок. Во-первых, часто легко можно принять за элементы залегания наклон плоскостей границ косослоистых серий, которые, как правило, располагаются в осадочной толще не параллельно общему наслоению, а под некоторым углом к нему. В обнажении, особенно при достаточно большой мощности серий, и там, где на выветрелых стенках особенно резко подчеркнуты серийные границы, их легко принять за границы слоев, а их наклон — за наклон слоев.

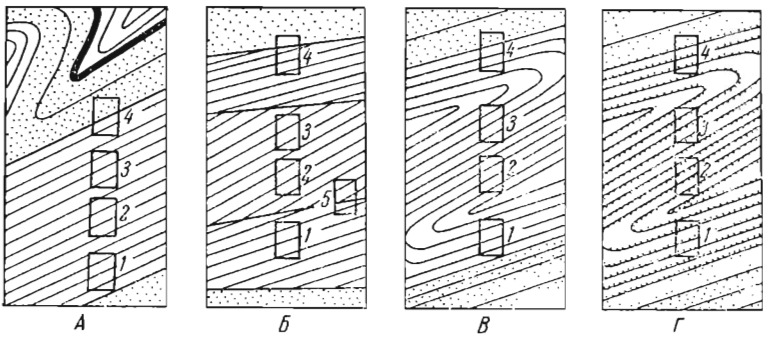
Во-вторых, возможная ошибка заключается в том, что за основное залегание всей толщи можно принять наклон слойков в очень крупной косослоистой серии. При замерах углов наклона слоев по керну могут быть допущены ошибки в определениях элементов залегания и для значительно более мелких косослоистых серий, что влечет за собой неточности при дальнейших графических построениях разрезов.

Поэтому при замерах углов наклона слоев, особенно в песчаных и крупноалевритовых породах, следует путем просмотра керна на большом интервале убедиться в том, что действительно на всей мощности данного слоя угол падения слоев сохраняется, а слои параллельны плоскости напластования. Только тогда эту слоистость можно считать горизонтальной, наклоненной в столбике керна в результате складчатости. Если же угол наклона в смежных кусках керна различен (даже если мы и не видим непосредственно контакта двух косослоистых серий), то тогда, очевидно, правильнее предположить первично-косослоистую текстуру и от замера углов наклона воздержаться.

Кроме того, при изучении пород и их признаков по керну, часто нелегко отличить наклон слойков, возникший в результате складчатости всей толщи (имевшей первично-горизонтальную слоистость), от наклонного положения тонких параллельных слойков, которое появилось в результате косого наслоения. Чтобы не спутать эти два совершенно различных явления, правильная трактовка которых имеет весьма важное практическое значение, необходимо внимательно проанализировать сопутствующие признаки. На фиг. 53 дано схематическое пояснение этих случаев. На фиг. 53, *А* во всех образцах виден одинаковый наклон слойков. Кроме того, в обр. 4 виден контакт между определяемым слоем и слоями, лежащими выше, причем линия контакта параллельна общему направлению слойков. Следовательно, этот слой первоначально был горизонтальнослойчатым и по отдельным его слойкам можно определить элементы залегания всего слоя. На фиг. 53, *Б* показано, что углы наклона слойков в обр. 1, 2, 3 и 4 различны. Сопоставление слойчатости в обр. 1, 2, 4 позволяет установить изменение наклона косых слойков, что предостерегает от определения по ним углов наклона всего слоя. Кроме того,

в обр. 4 виден контакт с лежащим выше слоем, причем направление контакта не совпадает с направлением слойков. В обр. 5 видна еще и граница двух смежных косослоистых серий. Все эти наблюдения указывают на то, что в данном слое слойчатость косая и определять по ней элементы залегания слоя нельзя.

На фиг. 53, *В* показан случай, когда наклон слойков во всех образцах керна также различен (так что формально этот случай похож на тот, который изображен на фиг. 53, *Б*). Однако, как видно на рисунке, этот слой был первично-горизонтальнослойчатым, так как слойки в нем параллельны общему



Фиг. 53. Определение элементов залегания по керну в косослоистой породе или в складчатой толще.

А — наклон слойков обусловлен складчатостью: во всех образцах керна (обведено прямоугольником) из данного слоя виден одинаковый наклон слойков. Кроме того, в обр. *4* виден контакт между слоистым и вышележащим слоем, причем линия контакта параллельна общему наслоению; *Б* — наклон слойков обусловлен косой слоистостью. Углы наклона слойков в обр. *1*, *2* + *3* и *4* различны. В обр. *4* виден контакт с вышележащим слоем, не совпадающий с направлением слойков. В обр. *5* видна граница двух косослоистых серий; *В* — наклон слойков обусловлен складчатостью. Во всех образцах керна (*1*—*4*) наклон слойков различен (аналогично *Б*), но слойки параллельны общему напластованию (что видно на обр. *4*, где слойки параллельны границе слоя); *Г* — тот же случай, но показано еще строение каждого слойка

напластованию, а разный наклон их в керне объясняется мелкой складчатостью. Разобраться в этом вопросе помогает обр. 4, в котором слойки параллельны границе слоя. Кроме того, в данном случае обязательно следует обратить внимание на внутреннее строение самих слойков. На фиг. 53, *Г* приведен тот же случай, что и на фиг. 53, *В*, но показано еще и строение каждого слойка, более грубозернистого внизу. На рисунке видно, что в обр. 2 и 3 залегание опрокинутое (так как здесь более грубозернистый материал оказывается вверху слойка), а в обр. 1 и 4 — нормальное. Следовательно, здесь наклон слойков появился в результате складчатости, а не косой слоистости, и по залеганию отдельных слойков (которые были первично-горизонтальными) мы имеем право судить об изменении залегания всего слоя.

Е. НАРУШЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ СЛОИСТОСТИ, ИХ ПРИЧИНЫ И ПРИЗНАКИ РАЗЛИЧИЯ

Различные нарушения первичного наслоения обычно резко бросаются в глаза и часто привлекают внимание геологов даже в большей степени, чем типичное правильное чередование слойков. Эти нарушения часто вызываются не тектоническими процессами, а условиями седиментации, существующими в определенных обстановках. Поэтому нарушенные текстуры в ряде случаев также являются признаками, указывающими на условия, которые были либо при отложении осадка, либо после его накопления, через какой-то сравнительно небольшой промежуток времени.

Таблица 11

Текстуры нарушений слоистости, причины их возникновения и связь с фациями

Причины деформаций [1]	Механизм деформации	Текстура	Морфологический вид нарушения слоистости	В каких фациях встречается
Физико-механические: Перемещение пластичного осадка под действием силы тяжести самого осадка	Скольжение по пластичному субстрату	Оползания	Нарушение формы — смятие и изгиб	Могут быть везде; часто в морских, дельтовых
	Текучесть самого осадка в разжиженном состоянии	Оплывания	То же	То же
	Втекание одного осадка в другой, знаки нагрузки	Втекания	Взаимное проникновение слоев	То же
Деформации, вызванные внешними воздействиями на осадок	Взмучивание осадка вихревыми движениями воды, животными, плавающими предметами; взламывание	Взмучивания и взламывания	Перемешивание осадка	В любых отложениях; чаще в зоне мелководья
	Давление снизу вверх пузырьков воздуха или газа, заключенных в смоченном осадке	Воздушных карманов, знаков выхода газа	Небольшое внедрение и изгиб слойков вверх; после выхода газа — ямка на поверхности слойка	Приливное побережье лагун и морей
	Воздействие волнения на осадок, перемещаемый течением	Усложнения основной формы	Дополнительный изгиб	Отмечена в морских и дельтовых отложениях
	Течение над уже отложенным ранее осадком	Размывов и борозд течения	Внедрение вниз, площадное, но неглубокое	Во многих фациях
	Механизм неясен (возможно, результат усиления течения)	Заворотов косых слойков	Изгиб в сторону, обратную падению слойков	Отмечены в грубозернистых речных отложениях
	Попадание в осадок глыб и обломков породы, галек, валунов и др.	Нарушения различными включениями	Примыкания, вдавливания, огибания, соскальзывания и обвалы	В любых фациях; характерны для отложений близ крутого берега
Деформации, обусловленные изменением влажности и температуры осадка	Растрескивание слоистого осадка	Трещины усыхания, текстуры растрескивания, брекчиевидная текстура	Разрыв, раздвигание слойков, их небольшое перемещение	Периодически осушающиеся площади: пойма, приливно-отливная зона, такыры пустынь, морское дно

[1] См. следующую страницу

Таблица 11 (окончание)

Причины деформаций[1]		Механизм деформации	Текстура	Морфологический вид нарушения слоистости	В каких фациях встречается
Физико-механические	Деформации, обусловленные изменением влажности и температуры осадка	Растрескивание ила и проникновение в трещины песка сверху, реже — снизу	Песчаные дайки[2]	Внедрение узкое, но глубокое	В различных
		Растрескивание и раздвигание осадка водой, замерзающей в трещинах	Ледяные клинья, морозные трещины и др.	Разрыв	В континентальных фациях, особенно в ледниковом комплексе
		Текучесть грунта при оттаивании и проникновение осадков в подстилающий слой	Мерзлотные котлы, внедрение при оттаивании и др.	Изгиб и смятие главным образом вниз	То же
Биогенные	Деформации, вызванные деятельностью животных	1. Ползание животных по дну или плавание их около дна	Знаки на поверхности слойков (биоглифы)	Неглубокое внедрение с заполнением углублений вниз	Часто приливно-отливная и прибрежная зоны
		2. Вытаптывание			Континентальные отложения
		Проникновение животных в слоистую породу: зарывание в ил, пропускание ила через кишечник	Нарушение слоистости животными (слоистость еще отчетлива)	Пересечение в разных направлениях и перемешивание осадка	Чаще зона мелководья морей
			Сильное нарушение слоистости животными (слоистость видна лишь местами)	То же	То же
	Деформации, вызванные растениями	Проникновение в слоистую породу корней растений	Нарушение слоистости единичными корнями	Пересечение в разных направлениях	Типичны для фаций, болот и застойных водоемов, в том числе для почвы угольных пластов
			Сильное нарушение слоистости многочисленными корнями	То же	
		Нарастание осадка вокруг стебля	Текстура «протыкания»	Изгиб вверх и примыкание	То же, может быть на пойме
		Знаки на поверхности наслоения от колеблющихся растений (водоросли)	Знаки от колебаний водорослей	Неглубокое нарушение слоистости, преимущественно в плоскости наслоения	Морское мелководье

[1] В таблицу не включены более поздние нарушения слоистости, связанные с процессами диагенеза и эпигенеза: изгиб слойков в результате неравномерного уплотнения, деформации отдельных слойков при перераспределении вещества и при перекристаллизации и т. п.

[2] Песчаные дайки, возникающие при растрескивании породы вследствие тектонических нарушений, здесь не рассматриваются.

Нарушенные текстуры могут быть использованы не только при фациальном анализе в качестве генетического признака, но и служить показателем нормального или опрокинутого залегания слоев (Шрок, 1950). Их необходимо отличать от иногда сходных с ними по форме тектонических нарушений слоистости. Наконец, нарушенные текстуры могут быть использованы как коррелятивный признак, иногда помогающий установить маркирующие горизонты, особенно в монотонно-слоистой породе.

В отдельных статьях и работах в разное время различными авторами были описаны те или иные частные случаи нарушения первичной слоистости, но классификация нарушенных текстур до сих пор не была разработана. В табл. X показаны различные морфологические типы нарушений слоистых текстур. Однако одна и та же внешняя форма нарушения (например, изгиб) может быть обусловлена разными причинами. Поэтому в табл. 11 предлагается классификация нарушений слоистости по их происхождению — с учетом причин их возникновения и механизма образования.

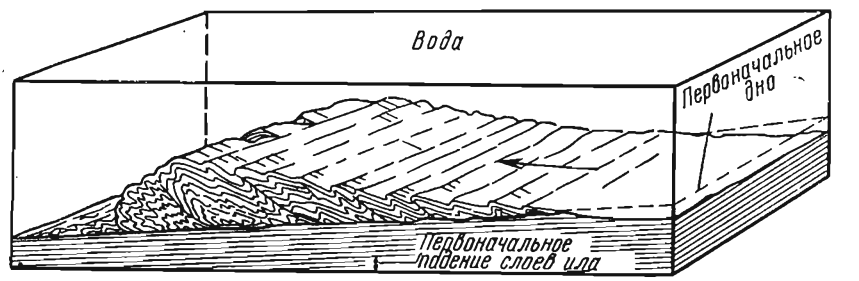
В табл. 11 включены текстуры нарушенной слоистости, вторичные по отношению к осадку (вторично-седиментационные), которые, хотя и возникали в уже отложенном осадке, но еще тесно связаны со слоеобразованием. Возникновение их обусловлено преимущественно физико-механическим или биогенным воздействием на осадок. Нарушения слоистости, возникавшие на более поздних этапах формирования пород (образовавшиеся в результате обезвоживания, перекристаллизации и других причин), в эту таблицу не включены. Не включены в эту таблицу также текстуры, образуемые различными знаками, приуроченными преимущественно к поверхностям наслоения, которые либо совсем не нарушают первичную слоистость, либо нарушают ее очень слабо (отпечатки капель дождя, следы кристаллов и др.).

Описание текстур, перечисленных в табл. 11, дается предельно кратко. По многим видам этих нарушений существует специальная, часто дискуссионная литература, к которой мы и отсылаем тех, кто пожелает разобраться в характере этих текстур более подробно.

1. Деформации слоистости в результате физико-механических процессов

Текстуры оползания или оплывания

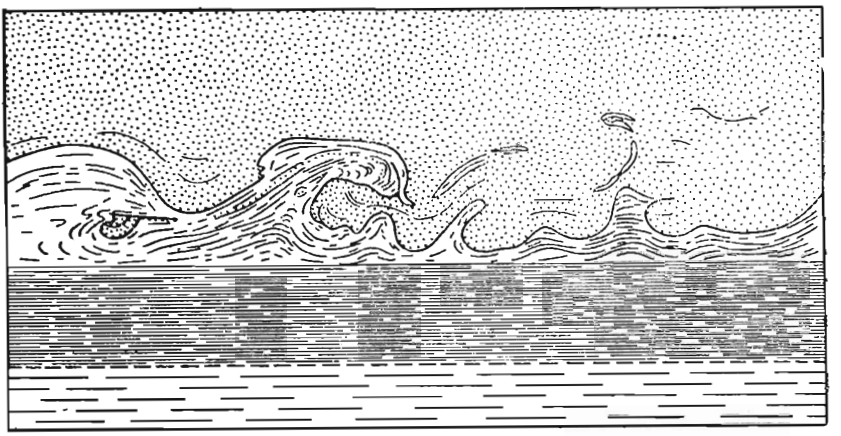
При оползании пластичного слоистого осадка по наклонному дну возникают текстуры оползания или оплывания (фиг. 54). Непосредственной причиной возникновения подводных оползней часто являются толчки землетрясений. Кроме того, оползание может быть вызвано увеличением уклона дна



Фиг. 54. Текстура оползания или оплывания, образующаяся в осадке на слабо наклонном дне (по Р. Шроку, 1950)

вследствие одностороннего поднятия, давлением возрастающей нагрузки на скользкий глинистый субстрат и другими причинами, большей частью внешними по отношению к осадку. Смещение осадка может начаться даже при небольшом уклоне дна (2—3°). При небольших подвижках слоистый

осадок сморщивается, при более значительных — образуются складки сложного и причудливого рисунка, затем они разрываются, причем иногда слоистый осадок раздробляется на куски и даже перетирается в неслоистую массу. Масштаб оползневых деформаций может быть весьма различен — от крупных оползней, измеряемых десятками (иногда даже сотнями) метров, до мелких смятий в пределах нескольких сантиметров и даже миллиметров Иногда часть сползающей массы отрывается от основного слоя и образует округлые или изогнутые включения с внутренней слойчатостью, изогнутой параллельно контуру включения,— так называемые «шары оползания» или



Фиг. 55. «Знаки нагрузки», образуемые в результате дифференциальной нагрузки на мягкий вязкий осадок. Отпечатки пластичного течения в слое тонкозернистого песка, отложившемся на полужидком глинистом осадке, слоистость которого деформирована (по Шроку, 1950)

же «колобки» (как их назвал Н. Б. Вассоевич) различного размера: от миллиметров до метра.

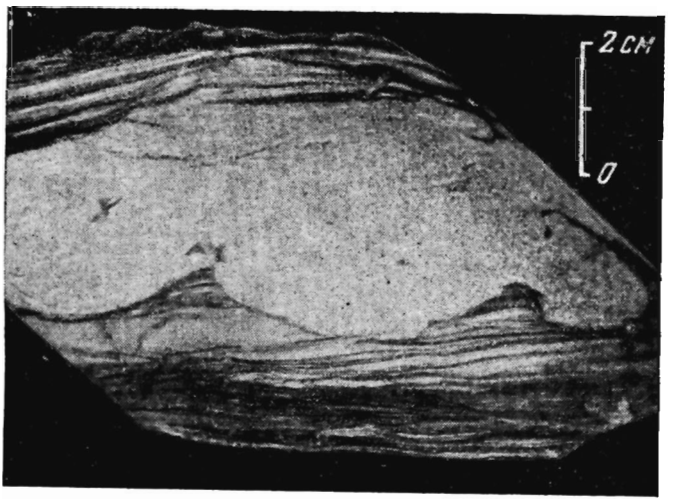
Есть и другая «внутренняя» причина перемещения осадка: осадки алевритовой размерности, независимо от их минералогического состава, при увеличении влажности более 17% разжижаются и начинают оплывать. Потеря воды таким осадком приводит к его быстрому затвердеванию, и образовавшаяся сложная текстура нарушенной слоистости как бы запечатывается в осадке. Очевидно поэтому мелкие текстуры оползания часто встречаются в мелкозернистых песчаниках и алевролитах разных генетических типов. Однако практически далеко не всегда можно различить, каким путем образовывалась сложная нарушенная текстура: оползанием пластичного осадка под влиянием толчка извне или же оплыванием в результате его разжижения. В случае неясности причин деформации такую текстуру можно называть текстурой оползания или оплывания, либо же просто оползневой, понимая этот термин более широко (включая и оплывание). Крупные нарушения слоев (не считая тектонических), очевидно, всегда бывают оползневыми.

Описанные текстуры могут быть встречены почти в любых фациальных обстановках в отложениях морских (на разных глубинах) в подводной части дельты, в бортовых отложениях речных долин, в осадках озер и застойных водоемов. Наиболее часто они встречаются в осадках на склонах рифовых тел и на крутых склонах побережья, а также в осадках предгорных прогибов, в отложениях на склонах соляных куполов и в сейсмически активных районах.

Изучение мелких оползневых текстур помогает определению залегания слоев (нормального или опрокинутого), а иногда может служить маркирующим признаком при описании разрезов. По соотношению нарушенного слоя с соседними можно определить относительное время деформации. Так, если

сильно нарушенные слойки отчетливо срезаются и перекрываются сверху совсем ненарушенными слойками, то деформация произошла до отложения последних.

Текстуры «изогнутой слоистости» отличаются тем, что каждый слоек не нарушен, а лишь изогнут. При этом часто максимальная изогнутость слойков отмечается в средней части слоя, а к верху и к низу слоя нарушение затухает. Это указывает на образование нарушения тогда, когда слой осадка был



Фиг. 56. Размывы в основании песчаных прослоев, срезающие тонкую слоистость подстилающего алевролита на глубину 1—1,5 *см*. Отложения прибрежной зоны волнений и слабых течений лагун и заливов.

уже перекрыт сверху другим слоем. Такие текстуры присущи, в частности, отложениям мутьевых течений.

Иногда перемещение осадка вызывается неравномерной нагрузкой, в результате которой может возникнуть текучесть как нижнего, более пластичного осадка (глинистого, углистого), так и верхнего, насыщенного водой, более грубого (песчаного, галечного). Эта текстура носит название «знаки нагрузки» (фиг. 55). Они генетически близки текстурам втекания, но образуют отличные формы, скорее напоминая мелкие размывы (см. ниже). Однако от размывов они отличаются тем, что изогнутость подстилающих слойков при такой текстуре соответствует форме контакта двух осадков, в то время как при размыве слойчатость осадков ниже линии размыва не нарушена и не деформирована, а лишь частично срезана (фиг. 56).

Текстуры втекания

Довольно глубокое проникновение вышележащего осадка (обычно более тяжелого) в подстилающий приводит к образованию текстуры втекания. Более тяжелый осадок погружается в более легкий, последний же как бы «всплывает» в более тяжелом, причем, так как он уже несколько уплотнен, образуется своеобразная пятнистая текстура породы с образованием участков причудливой формы, иногда как бы «лохматых». Масса осадка, вмещающего эти участки, имеет флюидальную текстуру, параллельную их очертаниям. Такие нарушения отмечены в терригенных и карбонатных отложениях прибрежного мелководья бассейнов.

При образовании текстур втекания, если один из осадков был достаточно вязким и плотным, то контуры его могут быть довольно резкими. При этом

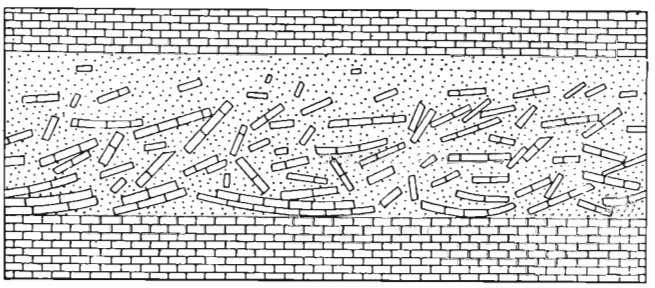
текстуры втекания иногда можно спутать с текстурами оползания. Если же происходит взаимное внедрение осадков, находящихся в полужидком состоянии, то их границы менее отчетливы и текстуры могут быть сходны по внешнему виду с текстурами взмучивания.

Текстуры взмучивания и взламывания слоистого осадка

Текстуры взмучивания образуются в результате нарушения еще не окончательно уплотненного осадка какими-либо внешними воздействиями: вихревыми движениями придонных слоев воды, плавающими у дна животными или предметами (например, ветками деревьев) и т. д. Задевая уже отчасти слежавшийся осадок, последние не переводят его полностью во взвесь, а частично сминают и перемешивают, нарушая слоистую текстуру. По внешнему виду эти текстуры сходны с текстурами, образующимися в результате ползания животных по дну или зарывания их в ил; эти текстуры часто и встречаются совместно. Некоторое отличие между ними заключается в том, что текстуры взмучивания не проникают на значительную глубину, причем границы нарушенного участка часто бывают неясно или недостаточно ясно выражены.

Если слойки породы уже несколько уплотнились, то текстуры взмучивания могут быть похожи на оползневые. Основное отличие их состоит в том, что внутри участка взмучивания отдельные слойки исчезают и виден лишь их перемешанный материал, тогда как при оползании границы слойков сохраняются.

Если к моменту взмучивания слойки уже достаточно плотны, а тем более если они покрыты трещинками, то они разламываются, распадаются на мелкие обломки, которые после взмучивания оседают беспорядочно, образуя брекчиевидную текстуру взламывания. Такие текстуры особенно характерны для периодически осушавшихся илистых осадков, но отличие их от текстур растрескивания ила заключается в том, что у последних растрескавшиеся части слойков остаются на месте. Часто текстура растрескивания вверх по слою переходит в текстуру взламывания (фиг. 57).

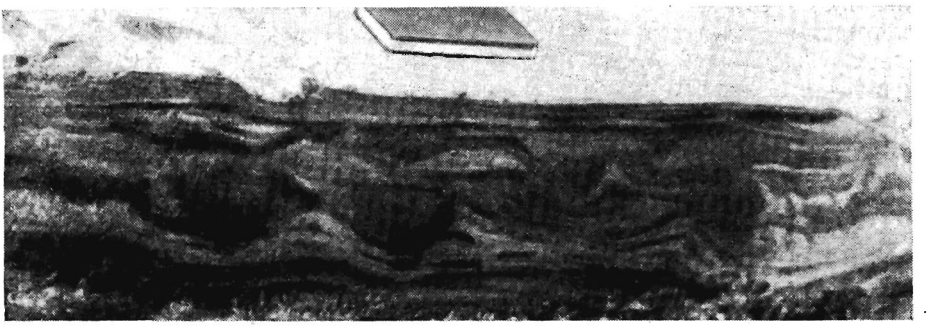


Фиг. 57. Текстуры растрескивания, взламывания и брекчиевидная. Внизу — текстура растрескивания известкового ила; выше — текстура взламывания, образующаяся воздействием на растрескавшийся осадок течений (или других движений воды), которые отрывали и несколько перемещали верхние растрескавшиеся слойки. В результате в слое песчаника, содержащем беспорядочно расположенные пластинки и обломки известняка, возникает брекчиевидная текстура

По механизму образования текстуры взламывания являются как бы частным случаем текстур взмучивания. Нарушение слоистости взмучиванием и взламыванием может быть в любых отложениях, но они особенно часты и типичны для отложений в области прибрежного мелководья.

Текстуры воздушных карманов и выходов пузырьков газа

Текстуры «воздушных карманов» образуются на побережьях лагун и заливов, когда ниже поверхностного слоя, смоченного приливной водой, в осадке остается воздух («воздушные карманы»), который затем с силой пробивается вверх, нарушая слоистость. В осадке образуется смятие слойков,



Фиг. 58. Текстура «воздушных карманов». Деформация песчаных слоев на побережье лагуны Сан Мигуэль. Разрез параллелен береговой линии (по Стюарту, 1956)

причем складочки смятия довольно острые и всегда ориентированы вертикально вверх (фиг. 58) . Кроме того, бывшие воздушные полости часто заполняются осыпавшимся в них песком. Такие текстуры были получены и экспериментально.

Очевидно, сходные нарушения должны образоваться в осадке при выходе из него пузырьков газа. В последнем случае на поверхности слойка образуется небольшая ямка, иногда окруженная небольшим валиком ила.

Текстуры усложнения основной формы

Эти текстуры образуются, когда на основной форме, например, на склоне песчаного вала (при его медленном нарастании или при его остановке), развиваются дополнительные мелкие формы — знаки ряби. В результате получаются крупные косослоистые серии, причем основание каждого косого слойка волнообразно изогнуто (см. фиг. 16). Это характерно для дельтовых и морских отложений. Текстуры усложнения основной формы слоистости к нарушенным текстурам отнесены условно.

Микроразмывы и борозды течения

Размывы по своему масштабу могут быть весьма различными — от крупных размывов в основании толщ, пластов и слоев, характеризующих текстуру осадочных толщ, до микроразмывов в основании ритмов, серий слойков и отдельных слойков (последние относятся уже к признакам слойчатости). Мелкие размывы, лежащие в основании слойков или их серий, частично уничтожают слойки, лежащие ниже, но обычно на очень незначительную глубину (см. фиг. 56), причем часто в осадке выше линии микроразмыва материал из нижележащих размытых слойков отсутствует. В разрезе эти текстуры иногда похожи на борозды течения, с которыми они сходны и по механизму образования, однако последние на плоскости наслоения обычно располагаются параллельно, вытянуты и имеют языковидные очертания. Иногда размывы кажутся похожими на знаки нагрузки, но отличаются от них рядом признаков (см. выше), что обусловлено различием механизма их образования.

Обратные завороты косых слойков

В верхней части крупных косослоистых серий косые слойки иногда заворачиваются в сторону, обратную их падению (см. фиг. 17). Причины этого заворота не совсем ясны, возможно, это связано с усилением течения, действующего на склон песчаного вала. Нарушения подобного рода обычно присущи более грубозернистой нижней части русловых отложений, где они отчетливо выявляются заворотом слойков определенного состава (обычно более грубозернистого). Эту текстуру не следует путать с часто наблюдаемыми в песчаниках заворотами ожелезненных полос (которые в обнажении иногда можно принять за слойки); последние имеют вторичное, постседиментационное происхождение, не выражены в изменении структуры и лишь накладываются на первичную слоистость, местами подчеркивая ее, а местами, наоборот, пересекая и затушевывая.

Нарушения слоистости включениями

Эти нарушения обусловлены попаданием в осадок различных, чуждых ему включений — обломков, глыб, галек, вулканических бомб и др. Изменения слоистости могут выражаться в разрыве слойков или же в их изгибе (в результате вдавливания, примыкания или огибания). Иногда в породе появляется участок с иным типом слоистости или же со слоистостью, совершенно иначе ориентированной; появление таких изменений бывает трудно объяснить, особенно если границы нарушенного участка находятся за пределами исследуемого объекта (например, в керне). В ряде случаев эти изменения могут возникнуть в результате соскальзывания или обваливания глыб большего или меньшего размера с крутых берегов русел или водоемов и захоронения их без перемещения. Глыбы и обломки, попадающие в осадок, могут обладать своей, не нарушенной слойчатостью, которую они как бы переносят в другое окружение. Наиболее часто они могут быть встречены в отложениях, формирующихся у берегов озер, где обвалившийся материал подвергается небольшому перемещению и разрушению. Возможность таких включений следует иметь в виду при тектонических построениях и определении углов наклона (условий залегания), особенно по керну.

2. Деформации слоистости, обусловленные изменением влажности и температуры осадков

Текстуры растрескивания (трещины усыхания и другие)

Трещины усыхания описаны многократно, причем обычно они относятся к «знакам на поверхности наслоения». Однако, разрывая слойки, они нарушают слоистость осадка и на глубину, образуя текстуру растрескивания (см. фиг. 57). При сильном растрескивании слойчатость может оказаться полностью нарушенной, в результате чего и образуется брекчиевидная текстура, особенно если разломанные слойки частично перемещаются взмучиванием (см. выше) или обычным течением. Трещины усыхания иногда могут быть неполными и не пересекаться. Иногда трещины усыхания по форме сходны с трещинами, образующимися при оползании осадка, но последние чаще секут все слойки, в то время как трещины усыхания приурочены преимущественно к тонкозернистым глинистым слойкам.

Текстуры растрескивания развиты в отложениях, испытывающих временные осушения: они встречаются на побережьях морей, в такырах, в мелких водоемах аридных зон, на некоторых участках речных пойм. Однако текстуры эти могут образовываться и без осушения (на дне бассейнов) в результате изменения объема слойков при диагенезе, в частности в слойках коллоидной природы. Наконец, трещиноватость иногда может образоваться

в несколько уже уплотненном осадке в результате сейсмических толчков. В дальнейшем возникшие трещины заполняются материалом из смежных слоев, а в результате уплотнения осадка и его литификации они могут приобрести несколько извилистую форму. Трещины такого рода, широко развитые в каком-либо горизонте, иногда могут служить маркирующим признаком при корреляции разрезов в немых толщах.

Относительно узкие и глубокие внедрения осадка по трещинам

Внедрения одного осадка в другой по трещинам бывают разного масштаба — они могут разрывать и слойки, и слои, но без деформации изгиба. Внедрения обычно происходят сверху вниз, реже — снизу вверх («песчаные дайки»). Эти нарушения обычно относятся к более поздним стадиям формирования пород и могут быть сходны с тектоническими. В осадочных толщах их следует отличать от внедрений, обусловленных устойчивым существованием во времени какой-либо фации. Например, длительное существование ручья среди торфяника оставляет свой след в угольном пласте в виде своеобразной «песчаной дайки», но генетически ничего общего с ней не имеет.

Нарушения слоистости ледяными клиньями и морозными трещинами

Эти текстуры образуются в результате растрескивания и раздвигания осадка замерзающей водой, проникшей в трещины или же при растрескивании грунта от сильного охлаждения и большего сжатия верхних слоев. Они вызывают разрыв слоев и слойков. При вытаивании льда трещины обычно заполняются лежащим выше осадком. Трещины, раздвигаемые замерзающей водой, могут иметь ответвления; от ледяного клина вверх или вбок иногда отходят как бы «зазубрины», что отличает ледяные клинья от трещин иного генезиса. Нарушения слоистости этого типа многократно описаны для четвертичных отложений; в более древних породах они могут указывать на существование холодного климата во время или после отложения осадков. Однако такие же текстуры образуются не только в условиях вечной мерзлоты, но и могут возникать при резко континентальном климате, при сильном охлаждении зимой (особенно бесснежной).

Нарушения слоистости внедрением грунта при оттаивании

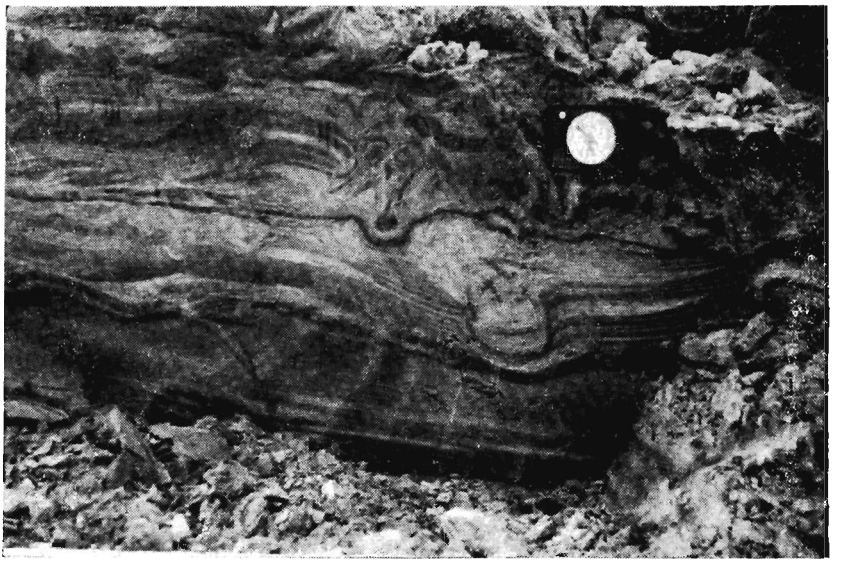
В отличие от предыдущих текстур эти нарушения проявляются в основном в изгибе и смятии слойков. По форме они напоминают текстуры оползания, но завороты слойков направлены преимущественно вниз. По механизму они сходны со знаками нагрузки, но отличаются от них формой и масштабом. Здесь обычно нарушен и верхний оползающий слой и слой, его подстилающий.

Данные текстуры связаны с вечной мерзлотой и периодами оледенений и поэтому являются хорошим диагностическим признаком для распознавания этих явлений в осадочных породах различных геологических эпох. Однако в ряде случаев они могут быть обусловлены лишь сезонным промерзанием почвы.

3. Деформации слоистости биогенного происхождения

Нарушения поверхности наслоения животными

Часто на поверхности слойков обнаруживаются следы перемещения донных животных: ползания червей и моллюсков, движений животных бокоплавов и др. Эти следы заполняются осадком; вследствие уплотнения породы, в разрезе они обычно имеют сплющенную, эллипсоидальную форму.



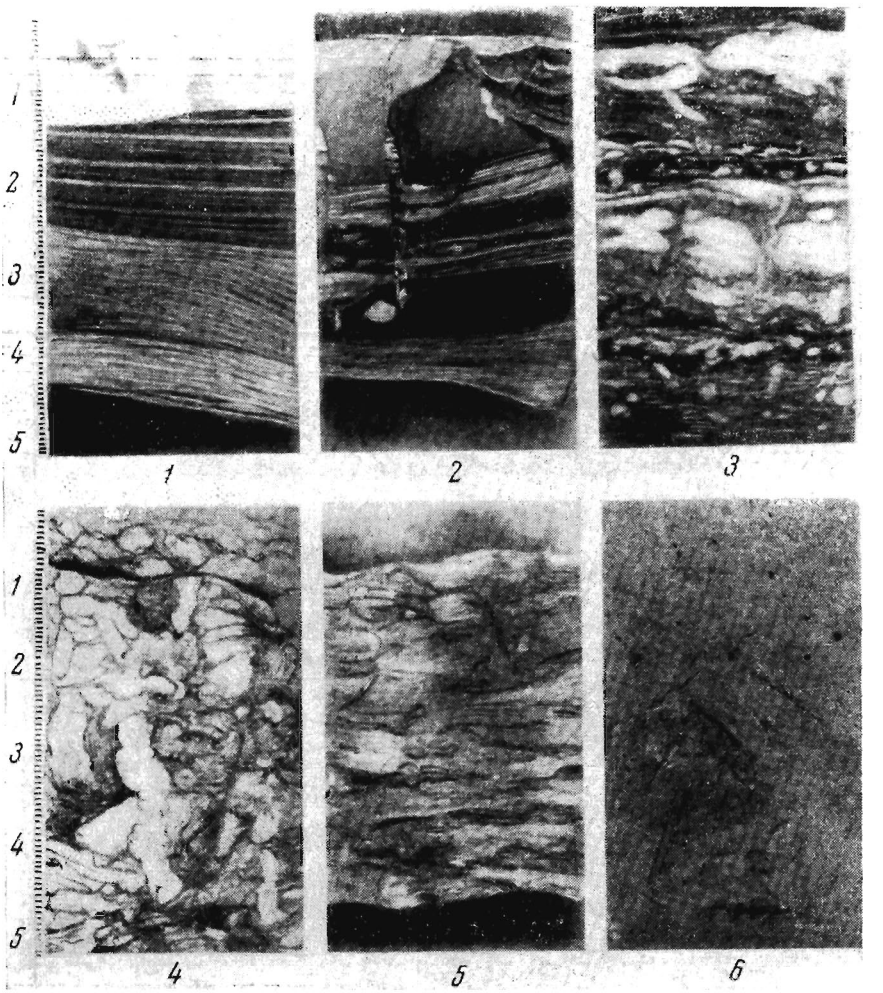
Фиг. 59. Текстура вытаптывания в отложениях современной поймы — субфация заиленной русловой отмели, переходящей в краевую часть старицы (фото А. А. Лазаренко)

По форме бороздок, оставленных в илистом дне, в ряде случаев можно выяснить, какое животное их оставило (Хворова, 1955 и др.). Следы ползания червей и перемещения других животных на поверхности осадка нарушают его слоистость на незначительную глубину, но зато могут быть встречены на большой площади. Следы ползания не могут служить показателем глубины бассейна, так как они встречаются на различных глубинах. Например, экспедиции «Витязя» обнаруживали их фотографированием на дне современного океана на глубинах 2000—5000 *м* и даже более. Однако черви и другие придонные животные все же более характерны для литоральной зоны на мелководных илистых участках морского дна.

Нарушения поверхности наслоения в наземных условиях могут возникнуть в результате вытаптывающей деятельности наземных животных. Они могут быть встречены в отложениях пойм (фиг. 59), на побережье озер, на дне очень мелководных водоемов и на морском илистом побережье. В некоторых случаях следы жизнедеятельности различных наземных животных могут довольно сильно нарушать слоистость осадка, но все же на сравнительно небольшую глубину. Возможно, что некоторые нарушения слоистости в континентальных отложениях, объясняемые как оползанием, так и другими причинами, в действительности имеют биогенное происхождение.

Нарушения слоистости животными, проникающими в осадок

Кроме животных, ползающих и плавающих близ дна, многочисленные донные животные — илоеды и зарывающиеся в ил черви, моллюски, различные личинки и другие — проникают в осадок и сильно нарушают его первичную текстуру (особенно илоеды, пропускающие через свой пищевой тракт массу ила). Степень нарушения первичной текстуры осадка может быть различной (фиг. 60) — от единичных ходов и норок, секущих слоистость, до такой массы их, что слоистость почти исчезает. Вариантов так много, что пока мы выделяем (очень условно) два вида: слоистость нарушенная (с бо́льшим или меньшим количеством следов животных, но еще достаточно ясная) и слоистость сильно нарушенная (когда лишь местами заметны в породе



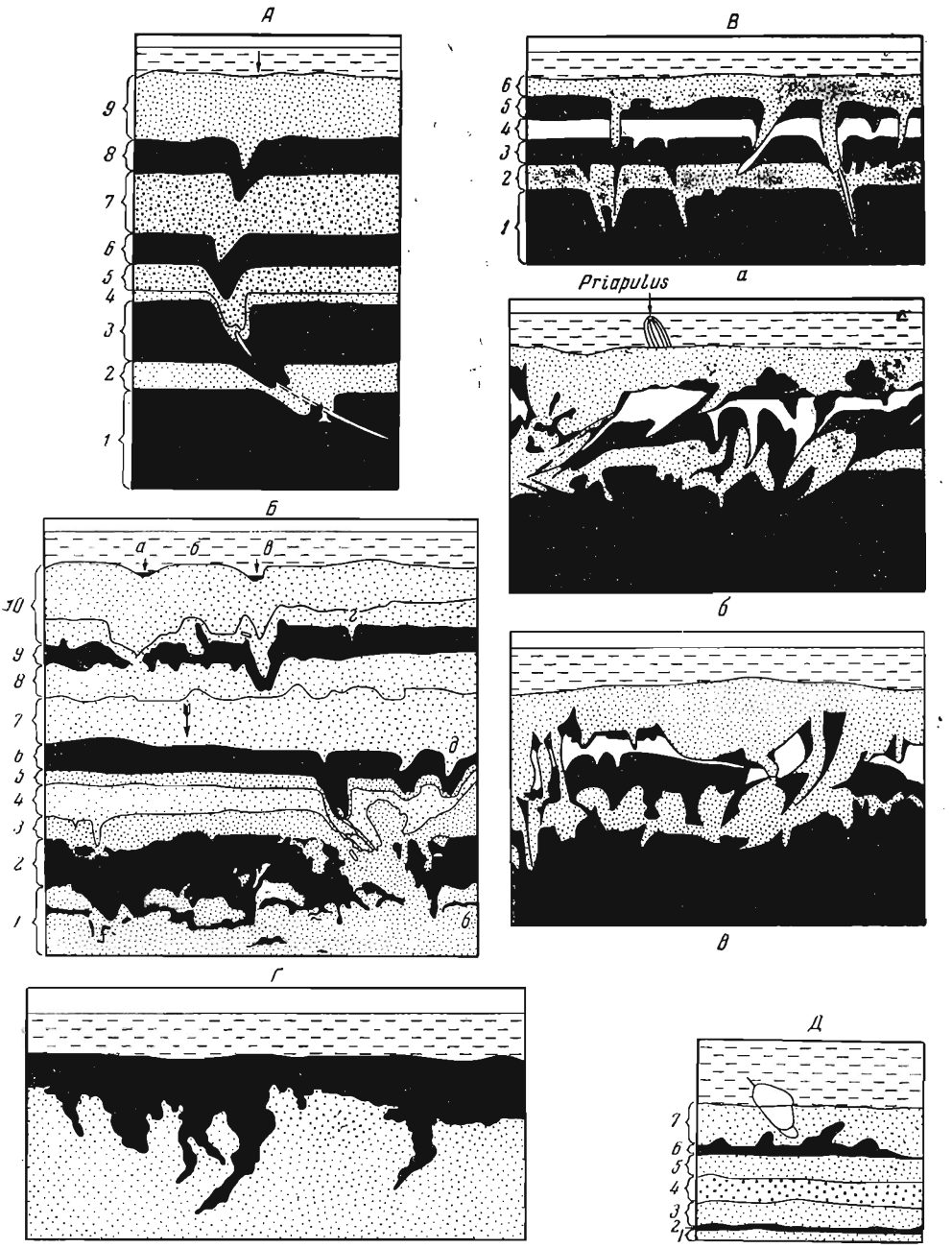
Фиг. 60. Различная степень нарушения слоистости в меловых отложениях Колорадо (по Моору и Скрутону, 1957).

1 — ненарушенная слоистость; *2* — слоистость нарушена единичными ходами; *3* — чередование слоев сильно и слабо нарушенных; *4, 5* — сильное нарушение первичной текстуры; *6* — осадок настолько переработан, что первичная слоистость совсем не сохранилась

слоистые участки, указывающие на ранее существовавшую слоистость). Наконец, слоистость может быть нарушена полностью, и тогда приобретает неслоистую, пятнистую или комковатую текстуру, в которой иногда видны отдельные ходы животных. Опыты, проведенные И. К. Королюк (1958), показали некоторые стадии переработки животными слоистого осадка (фиг. 61).

В ряде случаев осадочные толщи, считающиеся немыми, в действительности были обильно населены живыми организмами, многочисленные следы деятельности которых сохранились в породе.

Рисунок нарушений, произведенных ими, может быть сложным, но в ряде случаев нарушения, вызванные деятельностью определенных видов животных, имеют свои морфологические особенности. Ходы животных также могут быть весьма различными по форме, величине, взаимному расположению и другим признакам, так что иногда они могут служить основой для стратиграфических построений. По этим следам, как и по ископаемым



Фиг. 61. Опыты по нарушению слоистости зарывающимися животными (по И. К. Королюк, 1958).

А — нарушение горизонтальной слоистости, произведенное червем-пескожилом *Arenicola marina* при зарывании. Второй день опыта (2/3 нат. вел.). Стрелка — место зарывания; *1—9* — различные песчано-алеврито-глинистые слои, первично-плоско-горизонтальные. Белая полоса — трубка хода. Для слоя *3* ход шел на некотором расстоянии от стекла аквариума. *Б* — нарушения, произведенные несколькими пескожилами. Пятый день опыта (2/3 нат. вел.). *1—10* — различные песчано-алеврито-глинистые, первично плоско-горизонтально наслоенные осадки: *а — д* — ходы червей (*а, б, г, д* — шли далеко от стекла, лишь местами к нему приближаясь). Слои *1* и *2* являлись областью питания червей. *В* — нарушения, вызванные зарыванием червя *Priapulus*: *а* — первые часы опыта (3/8 нат. вел.); *б* — тот же опыт на пятый день (1/4 нат. вел.); *в* — тот же опыт, но другой участок, шестой день опыта (1/2 нат. вел.). *Г* — ровная поверхность раздела двух слоев алевритового песчаника, преобразованная миграциями пескожилов и приапулусов. *Д* — нарушения, произведенные моллюском *Macoma baltica*. *1—7* — различные слои осадка; слой *6* имел первоначально плоские границы. Второй день опыта (2/3 нат. вел.)

организмам, можно проводить расчленение разрезов, их корреляцию, а иногда и делать вывод об их фациальной природе. Все это особенно следует иметь в виду при изучении древнейших, докембрийских толщ, нарушения слоистости которых часто объясняют механическими причинами. Между тем эти нарушения могли быть вызваны жизнедеятельностью особых видов пока неизвестной нам фауны, остатки которой не сохранились. Это обстоятельство следует учитывать и при изучении некоторых толщ, в частности нефтематеринских.

Нарушения слоистости животными обнаруживаются в различных отложениях и могут быть на любых глубинах, однако в ископаемых отложениях они чаще всего встречаются в комбинации с мелкой волнистой, пологоволнистой и неправильной горизонтальной слоистостью, а также с другими признаками, указывающими на седиментацию в условиях мелководья. Это вполне понятно, так как мелководье, хорошо аэрируемое и прогреваемое солнцем, наиболее благоприятно для развития в донных илах всевозможных червей, личинок, моллюсков и других животных.

Деформации слоистости, обусловленные деятельностью растений

Проникающие в осадок корни растений в разной степени нарушают его слоистость. По степени нарушения слоистости совершенно условно выделяются два вида: слабое нарушение отдельными корешками и сильное нарушение корневой системой. Граница между этими видами нарушений также весьма условна. Иногда слоистая текстура может совершенно исчезнуть.

Растущие корни, пересекая слоистость, иногда немного загибают слойки вниз. Если же осадок продолжает накапливаться и отлагается вокруг стебля растения, то близ него горизонтальные слойки могут немного загибаться кверху, причем ширина деформации нарастает от нижних слойков к верхним. Иногда водоросли, растущие на дне водоема и колеблемые постоянным течением, могут образовать на поверхности осадка своеобразный рисунок — как бы след «подметания». В результате наращивания осадка в породе получается как бы «стержень», от которого отходит это нарушение, причем ближе к стеблю слойки будут несколько загнуты вниз.

Понятно, что нарушения слоистости осадка растениями в основном присущи континентальным отложениям, отчасти — мелководным прибрежным и отсутствуют в собственно морских отложениях. Поэтому они могут служить довольно хорошим признаком континентальной группы фаций.

* * *

Существуют и другие текстуры нарушений первичной слоистости, еще не расшифрованные, происхождение которых пока неясно. К участкам с нарушенной слоистостью часто приурочивается конкрециеобразование, причем внутри конкреций нарушенная текстура может хорошо сохраниться (часто даже лучше, чем в самой породе).

Подводя итоги сказанному, можно сделать вывод, что многочисленные нарушения первичной слоистости, приуроченные к стадии формирования осадков, можно использовать в разных аспектах: как признак, указывающий на условия седиментации (т. е. как фациальный признак); при палеогеографических построениях; как один из признаков для расчленения и корреляции разрезов; наконец, для определения кровли и подошвы слоев и пластов (а следовательно, и их условий залегания в дислоцированных толщах). Поэтому, чтобы выявить природу и возможное значение текстур нарушенной слоистости, им следует уделять внимание при геологических работах, причем не только констатировать нарушение, но и разобрать его детальные признаки.

Раздел IV

ТЕКСТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ РАЗНЫХ ФАЦИЙ

Общие замечания

В данном разделе излагаются краткие итоги обобщения большого материала фактических наблюдений текстур как современных и четвертичных, так и ископаемых отложений разного возраста, генезис которых был определен по другим признакам. На основании этого материала сделана сводка наиболее типичных и часто встречающихся текстурных признаков отложений каждой фации и, кроме того, кратко указываются различные варианты, отклонения и специфика текстур в зависимости от положения данной фации в той или иной обстановке седиментации, климата, рельефа и других условий.

Фации, для которых дана характеристика слоистых текстур, перечислены в табл. 12. В каждой группе фаций отложения разделены по условиям их формирования: при движении среды отложения или же при ее спокойном состоянии.

Описание каждого генетического типа дано примерно по следующей схеме (с указанием сходства и различия с аналогичными текстурами в других фациях): 1) типы слоистости (основной и дополнительные) и их характеристика; 2) отчетливость и проявление слоистости; 3) связь текстуры со структурой и вещественным составом; 4) текстуры нарушенной слоистости и неслоистые; 5) различные варианты в разных обстановках; 6) значение выделения данного генетического типа.

Характеристика текстур дается в сравнительном аспекте с учетом особенностей слоистости толщ (стратификации) и указанием последовательности и соотношения в ней различных типов слоистости пород.

В конце раздела прилагаются сводные таблицы фациально-генетических типов слоистости (табл. XV—XVIII).

А. СЛОИСТОСТЬ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

1. Эоловые отложения

Слоистость барханов пустынь, прибрежно-морских дюн и других эолово-аккумулятивных образований, формируемых воздушными течениями

В этих отложениях, вследствие их хорошей сортировки, слоистость чаще видна слабо, а при беглом осмотре почти не видна. В прибрежно-морских дюнах она видна несколько лучше, чем в барханах пустынь, так как в последних сортировка материала более совершенная.

Слоистость проявляется прежде всего некоторым (небольшим) изменением гранулометрического состава (особенно в дюнах) или же чередованием

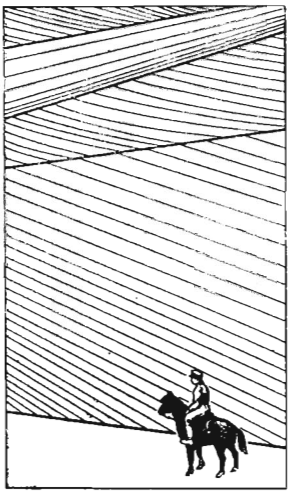
Таблица 12

Фациальные обстановки образования слоистых текстур

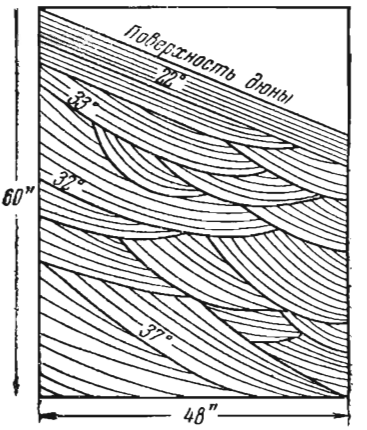
Основные группы фаций, в которых рассматривается слоистость	Отложения	Состояние среды отложения, в которой происходит седиментация	Фации, характеризующиеся определенными типами слоистости		
I. Слоистость континентальных субаэральных отложений	Эоловые	Воздушные течения (направленное движение осадка)	Барханы, дюны и другие образования пустынь. Прибрежно-морские дюны. Дюны речные		
		Ток воздуха слабеет (выпадение из взвеси)	Лёсс. Пеплы		
II. Слоистость континентальных субаквальных отложений	Водные	Текучие воды	Аллювий (речные отложения)	Русло и прирусловая отмель. Пойма. Старица	
			Пролювий	Временные потоки	Пустынные. Горные. Овражные
				Конусы выноса и сухие дельты	
			Делювий		
		Спокойные (почти неподвижные) воды	Центральные части озер (соленых и пресных). Застойные водоемы и болота		
	Водно-ледниковые	Движение и таяние ледника	Флювиогляциальные отложения. Озы, камы. Морены, друмлины		
III. Слоистость морских отложений	Водные	Интенсивные движения воды (течения и волнения)	Подводная часть дельты		
			Прибрежная зона	Пляжи, бичи. Ватты. Зона мелководья (моря и лагун) Бары, пересыпи, подводные валы, отмели	
			Области течений	Донных. Мутевых	
		Отсутствие придонного движения воды	Прибрежная зона моря: лагуны (осолоненные и опресненные), мелкие заливы, углубления дна		
			Глубоководная зона моря, отдельные углубленные участки морского дна		

слойков более рыхлых и более плотных, что особенно характерно для песков пустынь. В литифицированных песчаниках такие слойки, очевидно, будут иметь разное соотношение зерен и цемента.

Реже слоистость эоловых отложений подчеркивается железистыми или гумусовыми прослойками, налетами карбонатов или солей либо чем-нибудь



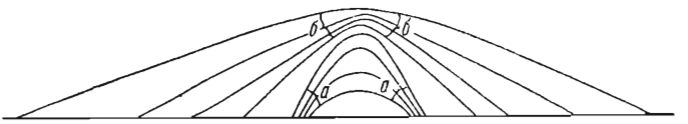
Фиг. 62. Очень крупная косая слоистость эоловых отложений в мезозойском песчанике (по Твенхофелу, 1932)



Фиг. 63. Перекрестная косая слоистость в разрезе поперечной высокой дюны, закрепленной растительностью (о-в Мустанг). Направление ветра слева направо (по Мак-Ки, 1953)

другим. Иногда в приморских дюнах на поверхности наслоения встречается небольшое количество растительного детрита.

Типичная эоловая слоистость дюн и барханов — преимущественно косая крупная или даже очень крупная (мощность серий может достигать нескольких метров и даже десятков метров), что и отличает ее от других генетических типов косой слоистости (фиг. 62). Мощность серий в эоловых отложениях может очень сильно меняться, например, в результате того, что на теле крупного бархана возникают второстепенные мелкие барханчики. Мелкая косая слоистость встречается редко, а очень мелкая вообще не была отмечена.

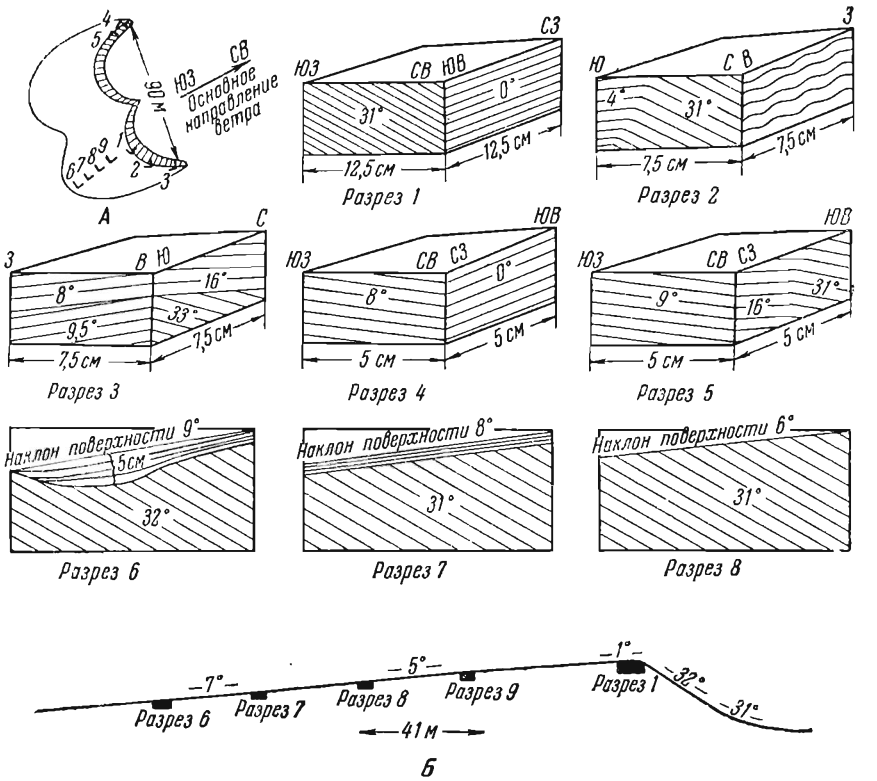


Фиг. 64. Схема роста авандюны (по Ульсту, 1957).

а — дюна растет вверх, клиновидные серии ориентированы острием вниз; *б* — дюна нарастает в ширину, клиновидные серии ориентированы острием вверх

Косая слоистость обычно бывает непараллельная, сильно смещенная, перекрестная (фиг. 63), по форме серий может быть и прямой, и изогнутой; однако некоторые разрезы вдоль основного направления ветра могут показать почти однонаправленную слоистость. Иногда отмечается характерное клиновидное соотношение слойков или их серий, причем клинья направлены попеременно сначала вниз, а затем — вверх (фиг. 64). Это объясняется последовательным нарастанием дюны сначала вверх, а затем в ширину.

Форма слойков вогнутая, реже прямолинейная или выпуклая, чаще они разнонаправлены. Наиболее типичная диаграмма-роза азимутов направления падения косых слойков имеет веерообразную форму с вытянутой центральной частью, соответствующей преобладающему направлению ветра. Боковые части этого «веера» обусловливаются наклоном слойков на боковых



Фиг. 65. Слоистость бархана в Леуппе, Аризона (по Мак-Ки, 1953).

А — бархан в плане. Цифры обозначают положение разрезов и их номера. Стрелка показывает преобладающее направление ветра; *Б* — профиль через бархан в этом направлении и местоположение разрезов.

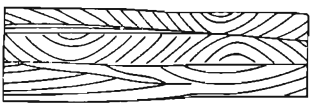
Разрезы вдоль гребня: *1* — на восточной стороне; *2* — у гребня; *3* — близ окончания восточного крыла; *4* и *5* — близ конца западного крыла; *6—8* — вдоль хребта бархана — по наветренному склону, параллельно направлению доминирующего ветра (разрез 9 аналогичен разрезу 8)

склонах бархана или дюны (см. фиг. 44). По составу слойки однородны или же имеют очень характерную именно для эоловых отложений обратную сортировку: нижние части слойков наиболее тонкозернисты, а вверху материал, составляющий слоек, грубеет. Такая сортировка обусловливается выдуванием более тонких частиц и большой ролью сальтации (т. е. подпрыгивания) зерен при переносе их ветром. Слойки в сериях распределены обычно весьма равномерно, иногда образуя пачки, границы которых могут быть подчеркнуты ожелезнением. Слойки обычно тонкие и очень тонкие (миллиметры и доли миллиметра), реже — средние (до 2 *см*), еще реже — толстые (до 3—5 *см*).

Преобладающие углы наклона слойков — 30—33°, что соответствует углу естественного откоса мелкозернистого песка на подветренном склоне дюны. Меньшие углы наклона слойков образуются на боковых «рогах» барханов и дюн. Наряду с этим иногда встречаются серии слойков обратного падения под углом 5—7°, максимум до 12°. Эти серии являются остатками

слойков, образовавшихся на пологом наветренном склоне дюны, которые вообще редко переходят в ископаемое состояние (фиг. 65). Слоистость продольных дюн имеет характерный вид «елочки». От описываемой иногда под этим названием перистой текстуры морских отложений она отличается тем, что в последних (см. фиг. 14$Б_1$) перекрещивание слойков происходит по горизонтальной линии («елочка лежит»), в то время как в эоловых (см. фиг. 15,*Ж*) слойки перекрещиваются по вертикальной линии («елочка стоит»). Такая слоистость формируется ветром, дующим вдоль дюнных валов и как бы наметающим на них песок по обе стороны.

Границы слойков эоловых отложений выдержанные и правильные, но при этом часто неотчетливые и проявляются при выветривании плотных пород. В рыхлых породах они могут быть выявлены промачиванием (см. раздел III). Границы серий также выдержанные и правильные, то более, то менее отчетливые.



Фиг. 66. Крупная косая слоистость мигрирующих дюн (по Вальтеру, 1893). В разрезе поперек движения дюны косая слоистость кажется волнистой

Наклон серийных швов различен — от нескольких градусов (что обычно отвечает углу падения наветренного склона) до углов наклона разной величины, образующихся вследствие срезания поверхности дюн при изменении направления ветра и при наползании одной песчаной дюны на другую.

Строение серий однородное, материал в разных частях серии обычно один и тот же; включения почти не встречаются. Иногда серии образуют группы с резким изменением углов наклона границ серий при переходе от одной группы к другой.

Волнистая слоистость для эоловых отложений не характерна, хотя она иногда и встречается. Крупная волнистая симметричная слоистость бывает вогнуто-выпуклой (в дюнах), иногда — только выпуклой (в кучевых песках) и редко — вогнутой. В данном случае — волнистая форма не является результатом волнений водной среды отложения (которые образуют преимущественно вогнутую слоистость), а отражает рельеф поверхности осадка. Она наблюдается в разрезе, направленном поперек движения дюны (т. е. поперек направления ветра) в результате «скорлуповатого» сложения дюн и их изогнутой веерообразной формы (фиг. 66). В разрезе, к нему перпендикулярном (т. е. по направлению ветра), в крупных дюнах обнаруживается крупная косая слоистость. Поэтому в данном случае характеристика слойков и их границ для волнистой слоистости в эоловых отложениях будет та же, что и для косой.

Волнистая слоистость более характерна для зачаточных, недоразвитых песчаных форм, поэтому она чаще встречается в основании песчаной эоловой толщи, а выше сменяется типичной косой. Мелкая косая, косо-волнистая и волнистая асимметричная слоистость ряби слабых течений для ископаемых эоловых отложений не характерна, так как эоловая рябь плохо сохраняется и поэтому редко переходит в ископаемое состояние. Если же она встречается, то в разрезе образует мелкую волнистую слоистость с резко выраженной асимметрией и высоким индексом ряби (20—40 и даже более) и более грубым материалом на гребне ряби. Волнистая симметричная слоистость в эоловых отложениях дюн не встречается. Горизонтальная слоистость встречается редко, так как дюны формируются направленным движением ветра.

Параллельное и горизонтальное расположение слойков иногда наблюдается в вертикальном разрезе прифронтальном сечении части крупной дюны. При этом в поперечном сечении дюны обнаружится косая слоистость. Поэтому если в разрезе ископаемой осадочной толщи горизонтальная слоистость установлена в одном срезе, то обязательно следует посмотреть другой срез (желательно перпендикулярный к первому), чтобы выяснить, действительно ли слоистость горизонтальна или же это лишь поперечный срез крупной косой слоистости. Если это невозможно, то следует проследить, не сменяется ли горизонтальнослоистый прослой вверх или вниз слоями с иной текстурой. Иногда в собственно эоловых отложениях могут быть встречены горизонтальнослоистые прослои, образованные иным путем (например, в такырах, часто подстилающих эоловые пески). Вертикальное фронтальное сечение ряда крупных параболических дюн в разрезе иногда может выявить полого-волнистую слоистость.

Для эоловых отложений, кроме описанных текстурных признаков, характерны следующие признаки осадка, связанные с поступательным движением воздуха.

1) Хорошая сортировка (причем в материковых дюнах пустынь она лучше, чем в прибрежно-морских дюнах). Преобладает фракция мелкозернистого песка. Обычно отсутствуют как гравийно-галечный материал (который трудно переносится ветром), так и алеврито-глинистый (который уносится ветром за пределы песчаных накоплений).

2) Хорошая окатанность зерен — признак довольно типичный (но наблюдается он не всегда, так как связан еще и с длительностью эоловой обработки, многократностью перевевания, а также с характером исходного материала). Зерна кварца обычно имеют полированную блестящую поверхность, зерна полевых шпатов и кальцита хорошо окатаны.

3) Ограниченность минерального состава (в частности, в эоловых отложениях обычно отсутствует слюда, которая истирается и уносится ветром).

4) Обогащение стойкими и тяжелыми минералами по сравнению с исходным песком.

5) Характерное окрашивание песка в желтый цвет окислами железа (особенно для пустынных отложений).

В эоловых косослоистых отложениях нарушенные текстуры редки, лишь иногда отмечаются небольшие оползневые смятия и изгибы слойков. Малое количество влаги, скудность животного и растительного мира способствуют сохранению ненарушенной первичной слоистой текстуры осадка.

Эоловый тип слоистости может быть присущ не только песчаным отложениям, но и известнякам и другим породам. Известны современные известковые дюны, образованные ветром на берегах морей, и дюны, сложенные оолитами; в них встречаются раковины фораминифер (иногда даже в большом количестве). Такие дюны могут возникать в результате разрушения коралловых рифов и перевевания образующегося известкового песка. Известковые дюны существуют не только на побережье континентов, но и на плоских островах. В ископаемом состоянии они могут быть встречены в виде прослоев среди типичных морских отложений, образовавшихся вдали от континента, и, вместе с тем, обладать эоловой слоистостью, указывающей на окончательное формирование осадка в субаэральных условиях.

Дюны могут быть сложены и гипсовым песком, образовавшимся при разрушении более древних гипсовых пород. Такие дюны известны в Нью Мексико, штате Юта и других местах, причем они могут покрывать большие площади. Гипсовые дюны, очевидно, более характерны для пустынных отложений.

В тропических областях при развевании латеритов материал, выносимый ветром, может оседать на берегу при столкновении с ветрами, дующими от моря, образуя своеобразные красные или пестрые дюнные пески. Высота

таких дюн в Индии достигает 60 *м*, протяженность вдоль побережья до 300 *км*. Отложения такого генезиса, очевидно, могут быть обнаружены в красноцветных ископаемых толщах.

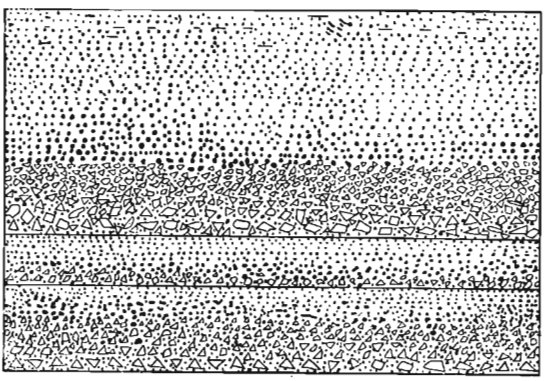
Слоистость эоловых отложений, образовавшаяся путем выпадения материала из воздушной взвеси

К этим отложениям, образующим большие скопления, относятся главным образом эоловые лёссы и вулканические пеплы (мы не касаемся здесь дискуссионного вопроса о происхождении лёсса, а говорим лишь о лёссе заведомо эолового происхождения). Большинство исследователей отмечает, что типичные эоловые лёссы неслоисты, однако в них все же иногда намечается слабая горизонтальная слоистость, выявляемая некоторым изменением размера частиц, слагающих породу. Толщи лёсса часто разделяются на горизонты, особенно при наличии прослоев ископаемых почв, но это уже особенности стратификации толщ, а не слойчатости пород.

Присутствие эоловых отложений в разрезе осадочных толщ свидетельствует о континентальном этапе формирования осадков. Наличие этого этапа важно установить при стратиграфических построениях и корреляции разрезов, а также при прогнозировании поисков тех или иных полезных ископаемых.

Слоистость эоловых пирокластических отложений

Тонкие продукты извержения вулканов в виде вулканического пепла или вулканической пыли могут переноситься на большие расстояния (тысячи километров) и выпадать из взвеси в сухом виде или в виде грязи вместе с дождем. Они осаждаются либо на суше, либо под водой, часто переслаиваясь с другими осадками, и приобретают слоистость, соответствующую динамике среды, существовавшей во время их осаждения.



Фиг. 67. Ритмическая сортировка эоловых пирокластических современных отложений в Мексике (по Шроку, 1950).

Внизу слоев — более грубый туфовый материал, вверху — тонкозернистый пепел с ясной тонкой слойчатостью

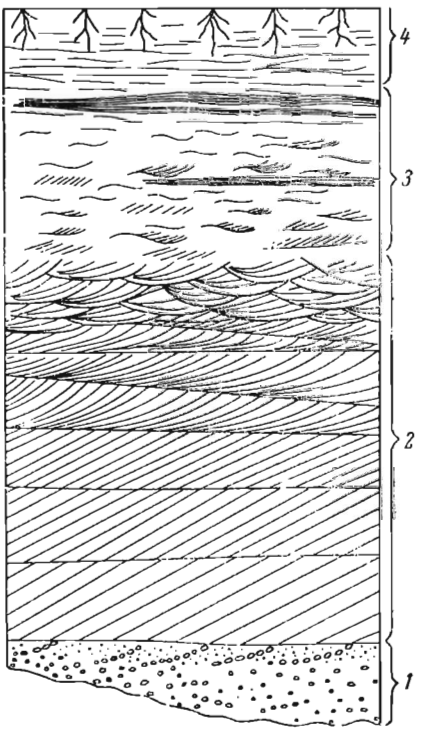
Слоистость вулканических пеплов, выпадающих из взвеси, по форме либо горизонтальная, либо облекающая существующий рельеф. При удалении от вулкана пепел становится тоньше, однороднее и слоистость в нем заметна хуже. Пепловым отложениям бывает свойственна сортированная слоистость, обусловленная тем, что каждый выброс вулканического пепла образует слой, базальная часть которого содержит более грубый материал, сменяющийся кверху более тонким. При новом пароксизме извержения на поверхности предыдущего слоя (если он не был размыт) формируется новый слой, который опять начинается грубым материалом, а заканчивается более тонким (фиг. 67).

В верхней части слоя пепла иногда попадаются сфероидальные и эллипсоидальные грязевые шарики диаметром в 1 *см* или более. Они обнаружены в современных отложениях действующих вулканов и в ископаемых отложениях. Их происхождение объясняется сцеплением зерен вулканического пепла (вулканической пыли) водяным паром, выходящим из жерла вулкана вместе с пеплом, или же дождевой водой.

Слоистость пепловых отложений часто нарушается (особенно ближе к вулкану) вулканическими бомбами, которые вдавливаются в рыхлые отложения пепла и туфа, причем последние как бы облекают бомбы. Такими нарушениями можно пользоваться для определения истинного залегания (верха и низа) в опрокинутых слоях. Для уточнения характера залегания можно воспользоваться также наблюдениями за уменьшением крупности частиц сортированной слоистости.

В пирокластических породах нередко развивается правильно ритмичная слоистость, иногда более, иногда менее отчетливая, которая связана с чередованием более тонкозернистого и более грубозернистого пеплового материала или же пеплов с осадками иного происхождения. Эта слоистость проявляется также в изменении оттенка или цвета слойков.

Пока не установлены критерии различия горизонтальной слоистости пеплов собственно эоловых (т. е. пеплов, осевших из воздуха на суше) от слоистости пеплов, отложившихся в стоячей воде мелких наземных водоемов. Можно думать, что в последнем случае сортировка должна быть более совершенной, так как к сортировке воздушной добавится еще сортировка в водной среде. При отложении пеплов и других продуктов вулканических выбросов в субаквальных условиях (реках, морях) слоистость в них формируется так же, как и в кластогенных осадках. В глубоководных вулканогенных осадках возникают текстуры мутевых течений (см. ниже).



Фиг. 68. Схема смены типов слоистости в аллювиальной толще.

1 — стрежневая часть; *2* — основная часть русловых отложений (вверху — прирусловая отмель); *3* — пойма; *4* — почва (зарастание)

2. Речные отложения

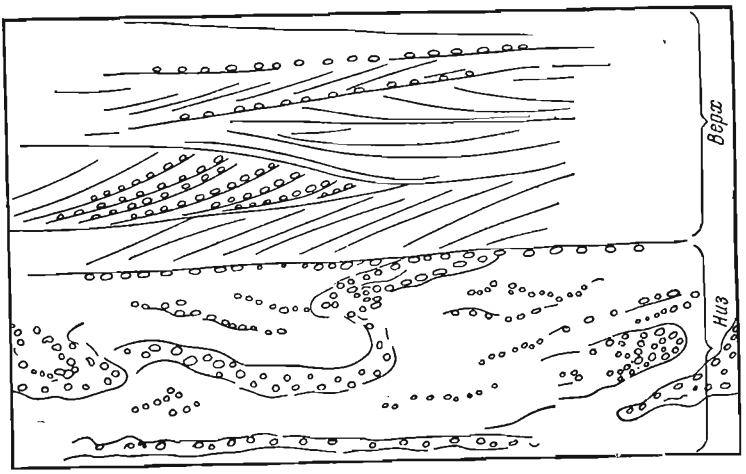
Закономерности формирования речного аллювия описаны в ряде работ (Шанцер, 1951; Николаев, 1947; Лаврушин, 1963; сб. «Аллювиальные отложения» .., 1954 и др.). Установлено, что сформировавшаяся толща речного аллювия одного эрозионного цикла слагается двумя основными фациями: русловой внизу и пойменной вверху (фиг. 68). Их мощности, соотношение, а также структурная и текстурная характеристики несколько различаются в зависимости от принадлежности аллювия к тому или иному типу (равнинный, горный, перигляциальный и др.).

Описываемая ниже слоистость характеризует хорошо изученный аллювий крупных равнинных рек, который (особенно в низовьях рек) чаще других переходит в ископаемое состояние и поэтому представляет для геолога, изучающего осадочные толщи, наибольший интерес. Текстурные отличия рек иного режима будут упомянуты более кратко.

Русловые отложения чаще всего ложатся на подстилающие породы с более или менее отчетливо видным размывом.

Для нижних, обычно более грубозернистых горизонтов аллювия, сложенных галечником, гравием, крупнозернистым или среднезернистым песком с плохой сортировкой, характерна неотчетливая косая слоистость, иног-

да выявляющаяся лишь ориентировкой галек, располагающихся в песчаном материале параллельно направлению косых слойков, т. е. по направлению течения (в чисто галечном аллювии горных областей, наоборот, гальки наклонены навстречу течению потока). Иногда слоистость подчеркивается расположением грубых растительных остатков (в ископаемых отложениях— обугленных или минерализованных) или расположением прослоев и линз



Фиг. 69. Слоистость в нижней части аллювиальных отложений.

Внизу — беспорядочно-направленная изогнутая слоистость, подчеркнутая примесью гравия в песке. Выше слоистость становится более правильной, крупной, косой

более грубозернистого материала. Границы серий чаще неотчетливые, мощность их изменчива. В самых нижних частях аллювиальная толща кажется неслоистой или неяснослоистой, с беспорядочно направленной, изогнутой слоистостью (фиг. 69). Такая текстура в нижних частях аллювия, особенно ископаемого, встречается далеко не всегда, а там, где она есть, имеет небольшую мощность. Это объясняется тем, что ее образование отвечает наиболее бурному течению потока в первой стадии формирования речной долины, когда осадок все время перемещается и редко захоронялся.

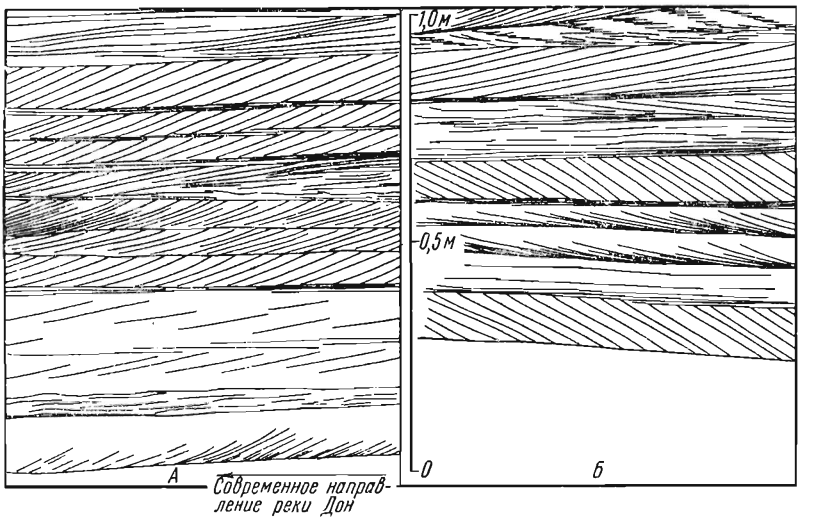
Основная толща руслового аллювия имеет мощность чаще в пределах 10—20 *м*, редко больше. Текстура ее представляет собой ряд налегающих друг на друга косослоистых серий. Если сила течения велика, образуются более мощные серии, а если крупный поток имеет выдержанное направление течения, границы их параллельны или почти параллельны (фиг. 70). Более слабый поток формирует серии слойков меньшей протяженности и мощности. Некоторое смещение направления потока создает смещенную клиновидную косую слоистость (фиг. 71). Вообще мощность косослоистых серий речного аллювия бывает различной: крупной (от нескольких десятков сантиметров до метра) и мелкой (менее 10 *см*). Очень крупные косослоистые серии свойственны более грубозернистым отложениям, в частности горному аллювию, где мощность серий может достигать нескольких метров.

Для аллювия вообще типично уменьшение как мощности серий, так и грубозернистости осадка снизу вверх по разрезу. Это является одним из его диагностических признаков. Исключение составляют реки, размывающие коры выветривания изверженных пород и выносящие сначала тонкозернистый материал, а затем, по мере углубления эрозии,— более грубый, образовавшийся при размыве менее разрушенных горизонтов; при этом петрографический состав аллювия весьма специфичен.

В аллювиальных отложениях косые слойки в сериях либо параллельны

и как бы упираются в верхнюю и нижнюю границы серий, либо же подстилают друг друга, плавно выполаживаясь к основанию серии и несогласно срезаются у верхней границы серий. Если толща содержит много косослоистых серий, то параллельные слойки чаще встречаются в нижних, а вогнутые — в верхних сериях (фиг. 68).

Среди косослоистых серий могут быть встречены горизонтальнослоистые, происхождение которых может быть различным. Иногда — это поперечное

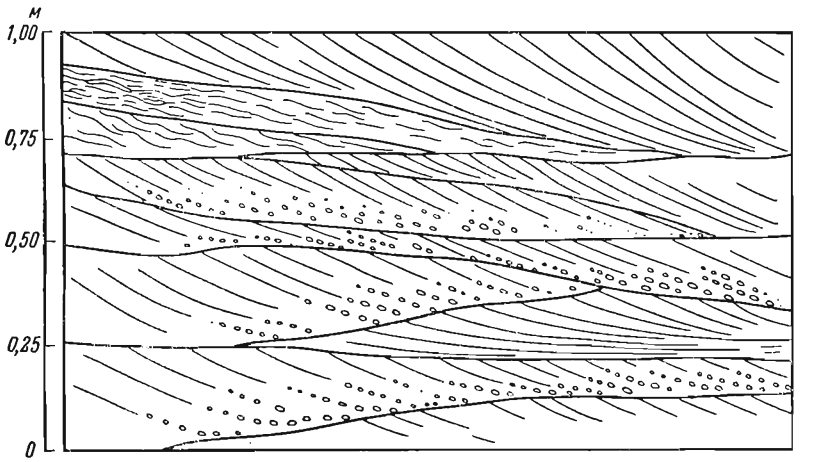


Фиг. 70. Параллельная однонаправленная косая слоистость русловых отложений (четвертичной террасы р. Дон).

А — зарисовка в плоскости, параллельной современному течению р. Дон; *Б* — зарисовка в плоскости перпендикулярной

(фронтальное) сечение крупной косослоистой серии, что отчетливо видно в другом срезе (см. фиг. 70), но часто (особенно в плотных породах) — результат неотчетливости нижних вогнутых частей косых слойков (см. раздел III).

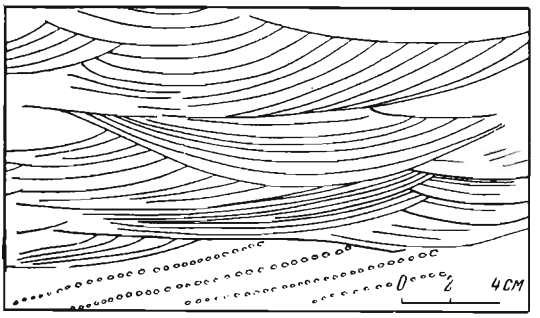
Для нижних горизонтов аллювия характерно появление серий клиновидной формы, сложенных грубозернистым, гравийно-галечным материалом; в этих сериях иногда встречаются завороты верхних частей слойков в



Фиг. 71. Косая однонаправленная слоистость речных отложений. Серии клиновидные (рис. Е. П. Брунс)

обратную сторону (см. фиг. 17). Возможно, что они возникали в результате того, что донный вал, наползая под некоторым уклоном на нижележащий, как бы сминал уже несколько слежавшиеся слойки и заворачивал их по направлению движения (иногда уничтожая верхнюю часть этой серии).

В верхних горизонтах русловых отложений, в отложениях прирусловой отмели косослоистые серии становятся менее протяженными (приобретают клиновидную форму), чаще появляются серии с резко различными углами наклона слойков в одной плоскости, и иногда даже с их обратным падением. Наряду с уменьшением мощности косослоистых серий, уменьшается размер частиц осадка и улучшается его сортировка.



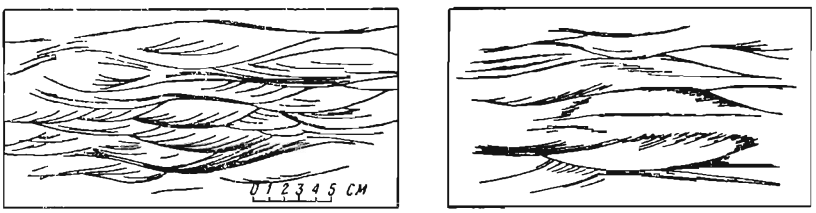
Фиг. 72. Косо-волнистая мульдообразная слоистость в мелкозернистом песке прирусловой отмели. Современные отложения р. Дон.

Внизу видна часть косослоистой серии более грубозернистых русловых отложений

Еще выше, особенно в отложениях прирусловой отмели, слоистость часто становится косо-волнистой и даже перекрестной мульдообразной (фиг. 72). Для этой верхней части руслового аллювия характерна слоистость, образуемая рябью течения: мелкая косая, косо-волнистая (фиг. 73), волнистая асимметричная (в большей или меньшей степени смещенная), а также полого-волнистая. Однако прослои с рябью могут быть встречены и в середине толщи руслового аллювия — они образуются при ослаблении силы потока (возможно, на отмелях).

В отложениях прирусловой отмели могут быть встречены также отдельные очень полого-косослоистые серии (с углами наклона слойков в единицы градусов), образуемые наращиванием осадка параллельно поверхности отмели; эта наклонная или облекающая слоистость характерна для отложений, накапливающихся в полузамкнутых рукавах крупных рек, а также для прирусловых валов.

Соотношение описанных основных типов слоистости русловых отложений и их роль изменяются в зависимости от характера речной долины, в которой



Фиг. 73. Косо-волнистая слоистость в отложениях верхней части прирусловой отмели р. Оки.

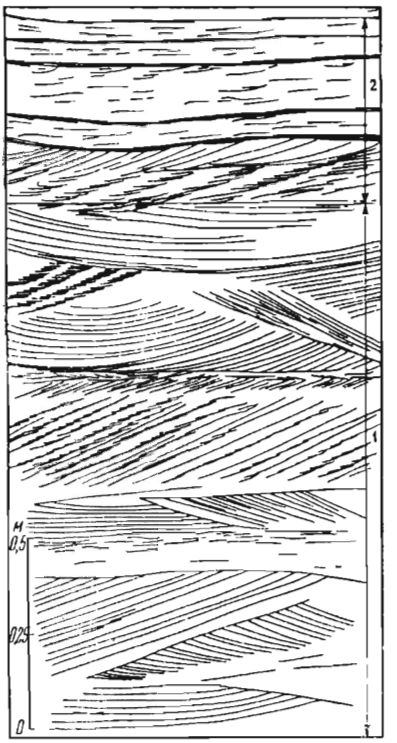
Зарисовка в двух взаимно-перпендикулярных сечениях

происходит аккумуляция. Так, например, для крупных равнинных рек характерны более развитая средняя часть руслового аллювия и отложения прирусловой отмели. В осадках горных рек преобладают текстуры, характерные для самой нижней части равнинного аллювия. Иногда в боковых участках горного аллювия при подпруживании реки могут создаваться такие условия, при которых слоистость грубозернистого материала становится горизонтальной (типа озерной).

Для осадков рек, формирующих долину в условиях тектонического прогибания, характерны текстуры, присущие верхним частям описанного выше руслового аллювия, причем большое значение приобретает горизонтальная и облекающая слоистость.

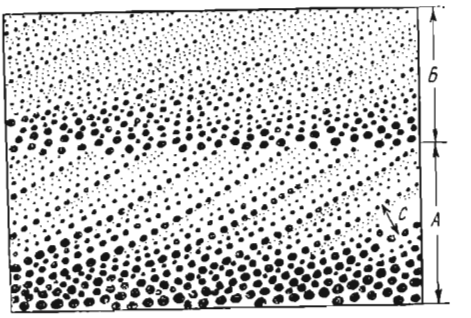
Для речных отложений вообще характерна однонаправленность косых слойков в смежных сериях, видная в одном разрезе, так как речной поток обычно никогда не поворачивает вспять. Меандрирование потока сказывается в изменении азимутов наклона косых слойков, если их замеры сделаны в разных пунктах на значительной площади. Меандрирование наиболее характерно для равнинных рек.

Углы наклона косых слойков не зависят от мощности серий; они обычно колеблются в пределах 20—30° и редко бывают больше. Для речных отложений весьма характерно подчеркивание косой слоистости растительными остатками: внизу толщи более грубыми, выше — растительным детритом, который в ископаемом состоянии своим черным цветом подчеркивает направление слойков и границы серий. Остатки легких частей растений (листьев) оседа-



Фиг. 74. Слоистость в песчаных речных отложениях (левый берег р. Дон).

Слой *1* — косая слоистость в верхней части русловых отложений подчеркивается темным глинистым материалом и растительным детритом, приуроченным к верхней части серий. Разнонаправленность слойков в смежных сериях связана с их мульдообразной формой, что подтверждается формой двух серий, полностью видных в верхней части слоя.
Слой *2* — пойменные отложения.



Фиг. 75. Многостепенная ритмическая сортировка, характерная для речных отложений.

Сортировка видна: 1) внутри каждого слойка (*с*); 2) в каждой серии (*А* и *Б*) снизу вверх; 3) от нижней серии к верхней (нижняя серия *А* в целом сложена более грубозернистым материалом, чем серия *Б*)

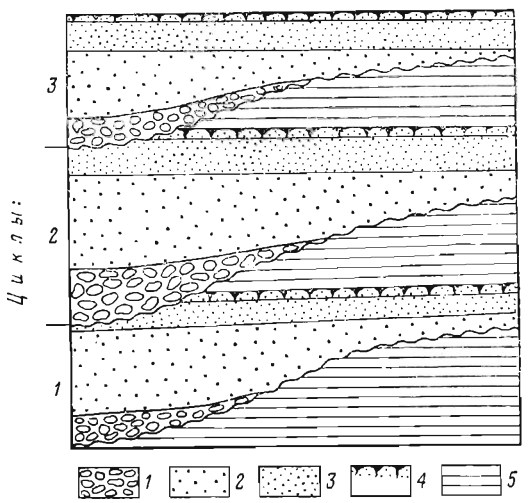
ют в верхних частях косых слойков; если этого растительного материала мало, то косая слоистость становится прерывистой, как бы исчезающей в нижних частях серии (фиг. 74). Крупные растительные остатки, наоборот, скапливаются в основании серии, подчеркивая ее нижнюю границу. Наличие растительных остатков — характерный признак для речных отложений лишь начиная с карбона, так как в более ранние геологические эпохи наземная растительность еще не была развита (хотя реки безусловно были).

Для слоистости речных русловых отложений характерна прямая ритмическая сортировка материала в каждом косом слойке, более грубозернистом внизу и более тонкозернистом вверху. Такое же распределение материала по

гранулометрическому составу характерно и для серий слойков (фиг. 75), и для всей аллювиальной толщи в целом. Последнее связано уже с развитием осадконакопления в полном эрозионном цикле.

Эта многостепенная сортировка аллювиального осадка обусловлена сложной гидродинамикой потока: пульсирующим изменением мгновенных скоростей течения, изменением его средней скорости и направления на фоне общей тенденции к затуханию в ходе эрозионного цикла.

Местные нарушения этой тенденции и местное погрубение материала обусловливается миграцией реки по долине и изменением положения стрежневых частей и отмелей.



Фиг. 76. Сложное строение аллювиальной толщи. В левой части разреза видно многоярусное строение песчано-галечных отложений, обусловленное налеганием речных отложений различных седиментационных циклов; это видно из сопоставления с правой частью разреза, где мощности аллювия каждого цикла уменьшаются.

1 — 3 — речные отложения (*1* — конгломерат, *2* — песчаник, *3* — алевролит); *4* — ископаемая почва; *5* — алеврито-глинистые отложения разных генетических типов

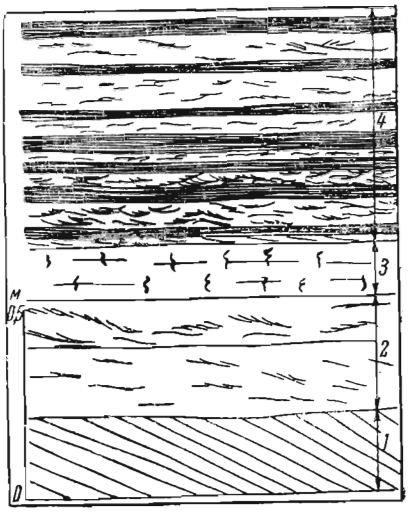
В ископаемых отложениях надо отличать сложно построенный аллювий, сформированный в течение одного эрозионного цикла, от сложно построенного аллювиального комплекса отложений, возникшего в результате наложения речных осадков нескольких эрозионных циклов (фиг. 76). В последнем случае нижний горизонт аллювия может быть даже более тонкозернистым по сравнению с вышележащим, который будет отвечать циклу с более резко выраженной эрозией. Установить наложение различных эрозионных циклов можно, прослеживая горизонты на площади; большое значение при этом имеет выявление закономерностей циклического строения толщи (Ботвинкина, 1953, 1963).

Пойменные отложения перекрывают русловые в полном разрезе аллювиальной толщи. Мощность пойменных отложений в типичном нормально построенном аллювии обычно не превышает нескольких метров. Пойменные отложения формируются в периоды половодий, когда вода, поднимаясь, выходит за пределы русла и заливает речную долину; они тесно связаны с режимом реки: хорошо развиты у равнинных рек в областях гумидного умеренного климата, по-видимому, менее развиты в аридных областях и слабо выражены у горных рек. На сложной поверхности поймы, часто покрытой растительностью, плоский поток разбивается на ряд отдельных струй, что и создает специфику образующихся текстур. В ископаемых пойменных отложениях можно выделить много различных субфаций, однако они столь часто сменяют друг друга во времени и в пространстве, что при изучении ископаемых отложений целесообразно выделять комплекс пойменных отложений в целом.

Кроме того, в ископаемом состоянии в комплекс пойменных отложений обычно включаются отложения наложенных прирусловых валов, стариц, пойменных водоемов, заболоченных участков и почв, а также частично переходящие в них отложения склонов и прирусловых отмелей. Поэтому ниже приводится общая характеристика текстур отложений пойменного комплекса в целом.

Для комплекса пойменных отложений характерно чередование разнообразных типов и видов слоистости, возникающих преимущественно при спокойных условиях седиментации (путем выпадения из взвеси), или же формируемых слабыми течениями. Такая смена условий определяет весьма типичную для пойменных отложений ритмичную слоистость, представляющую собой повторяемость простых типов слойчатости.

Слойчатость обычно мелкая, иногда может быть даже очень мелкой. Присутствуют следующие виды слоистости: косая — изогнутая однонаправленная (или беспорядочно разнонаправленная), плавно вогнутая. Слойки подстилающие — обычно тонкие, имеют однородное строение, часто подчеркиваются растительным детритом или глинистым налетом; однако эти примеси обычно распространены не на всей поверхности наслоения, что создает прерывистый рисунок слоистости в осадке (или породе). Эта слоистость чередуется с косоволнистой, иногда с волнистой асимметричной (мелкой), а также слож-



Фиг. 77. Комплекс пойменных отложений в карьере у ст. Хапры (верхний плиоцен).

1 — косослоистый мелкозернистый песок прирусловой отмели; *2* — песок тонкозернистый, довольно хорошо отсортированный с прерывистой косо-волнистой слоистостью (отложения паводковых вод); *3* — песок тонкозернистый, глинистый, неясно горизонтальнослоистый с вертикальными остатками корешков (погребенная почва); *4* — чередование прослоев тонкозернистого песка (или крупнозернистого алевролита), мощностью от 5—8 до 15 *см*, и глины, мощностью 2—5 *см*. В песке тонкая косо-волнистая слоистость, подчеркнутая растительным детритом. Глины неясно тонко-горизонтальнослоистые. Этот слой сложного строения образования в результате чередования отложений паводков и прослоев заиления межени

Фиг. 78. Прослои погребенной почвы в современных пойменных отложениях р. Дон.

1 — мелкозернистый косослоистый песок верхней части прирусловой отмели; *2* — песок тонкозернистый, глинистый, обогащенный гумусом, с большим количеством вертикальных корневых остатков — погребенная почва, разделяющаяся на два слоя неровным контактом размыва; *3* — песчано-глинистые отложения, залегающие со слабым размывом. Слоистость косо-волнистая и косая, подчеркнута обильной глинистой примесью, преобладающей вверху слоя; *4* — песок мелкозернистый, глинистый, внизу — косо-волнистый, вверху — с неясной слоистостью ряби; *5* — светлый мелкозернистый песок, несогласно залегающий на предыдущем слое. Слоистость внизу неясная, горизонтальная (возможно, перпендикулярный срез косослоистой серии), вверху — косая

ной линзовидно-волнистой. Наиболее характерны слои с полого-волнистой (часто прерывистой) и горизонтальной слоистостью (слойчатостью) как правильной, так и неправильной, чаще — неравномерной (фиг. 77).

Косая и косо-волнистая слоистость чаще встречается в прирусловых частях поймы, при переходе ее в прирусловую отмель. Для центральных частей поймы более характерны спокойные условия седиментации с образованием полого-волнистой и горизонтальной слоистости. Комплекс слоистых текстур поймы и прирусловой отмели сходен с текстурами мелководья морей и особенно лагун (однако для поймы не характерна симметричная волнистая слоистость, широко развитая в прибрежно-морских отложениях).

Среди собственно пойменных (паводковых) отложений часто встречаются прослои заиления меженного периода, небольшие прослои почв (фиг. 78), линзы осадков мелких пойменных озер и мелких водоемов, а также осадки с комковатой текстурой, возникающие в заболоченных участках пойм. Иногда неясность слоистости пойменных отложений является результатом почвообразования и зарастания поймы растительностью. Слоистость пойменных отложений нарушается также роющими животными и следами крупных животных (особенно более молодых отложений; см. фиг. 59).

Отложения узкой поймы, прислоненной к крутому подмывному обрывистому берегу реки, имеют текстуры, отличные от типичных пойменных. Здесь в более крупнозернистых прослоях появляются косослоистые серии. Наблюдаются включения плохоокатанных и даже неокатанных глыб разного размера, представляющие собой погребенную осыпь и продукты обваливания коренного берега. Широко развиты текстуры оползания. Текстуры отложений узкой поймы сходны с текстурами делювиальных осадков, к которым они близки и по механизму образования.

Развитие пойменных отложений неодинаково для рек разного типа. Пойменный аллювий характерен для равнинных рек с переменным режимом питания и не слишком бурным течением. Реки, имеющие регулированный сток, так же как и реки, текущие в межгорных долинах, не имеют широко развитой поймы. Строение поймы зависит и от тектонического режима района. Так, в областях погружений развиваются поймы с большей мощностью осадков, в которых значительную роль играют горизонтальнослоистые суглинки. В областях поднятий и в районах проявления молодых тектонических движений отмечаются маломощные пойменные осадки, песчаные и супесчаные, по текстурам, видимо, более близкие к русловому аллювию.

При перегрузке речного потока наносами, особенно в областях погружений, река дробится на рукава, половодье как бы «распластывается» и образуются широкие речные долины, но с маломощными пойменными осадками. При подпруживании речного стока пойменный комплекс приобретает текстурные черты озерных отложений. Аллювий перигляциальных областей или же ископаемый аллювий, связанный с оледенением, также имеет специфические текстурные черты. В частности, его слоистость бывает нарушена ледяными клиньями и криотурбациями, причем по мере перехода аллювия во флювиогляциальные отложения пойменные осадки уменьшаются в мощности. Перегруженность рек наносами, выносимыми из-под ледника, ведет к замедлению скорости течения, усилению аккумуляции и дроблению рек на рукава, что сопровождается (как было отмечено) развитием горизонтальной, полого-волнистой и облекающей слоистости и уменьшением роли косослоистых текстур. Имеет значение даже возраст пород. Так, в древних пойменных отложениях, образовывающихся в речных долинах, не покрытых растительностью, косослоистые текстуры, по-видимому, будут распространены значительно шире, чем в современных пойменных отложениях.

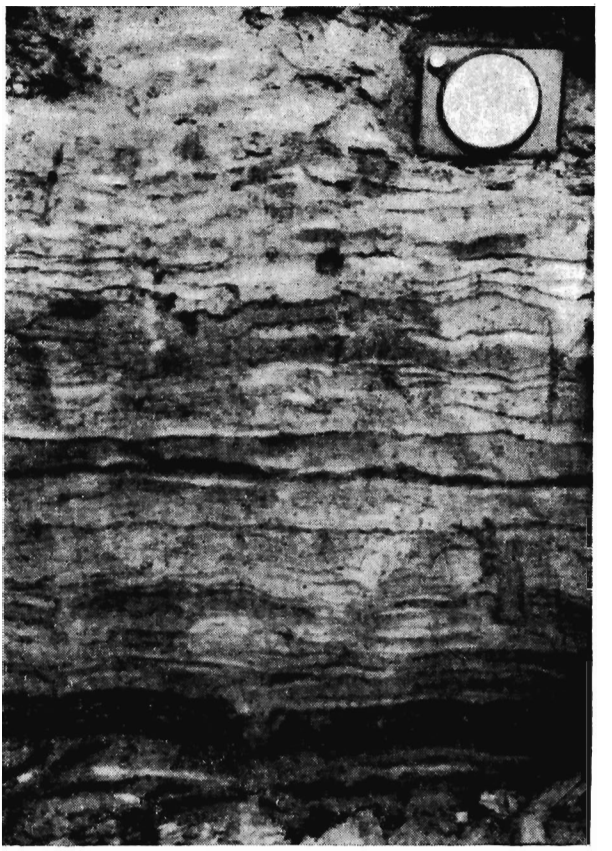
При определении аллювия в составе ископаемых отложений следует учитывать особенности седиментации в речных долинах разных типов. С другой стороны, именно по особенностям текстур, как по стратификации толщи, так и по слойчатости пород, мы можем судить о режиме реки, об общей

обстановке, в которой она существовала, и даже косвенно — о тектоническом режиме области седиментации.

Для аллювиальных отложений вообще типично изменение текстуры, связанное с изменением их структуры: при изменении гранулометрического состава осадочного материала слоистость переходит в другие типы, виды или разновидности. Это отличает аллювиальные отложения от других, в частности от флювиогляциальных, где такая зависимость не наблюдается.

К пойменному комплексу относятся отложения стариц, которые в современных и четвертичных отложениях большинством исследователей выделяются в самостоятельную фацию.

Слоистость старичного аллювия изучена недостаточно. Имеющиеся наблюдения указывают на тонкозернистость материала (суглинки и глины) и слоистость горизонтальную, пологоволнистую и ленточную (пачечную) (фиг. 79). Слоистая текстура часто неотчетлива, переходит в комковатую.



Фиг. 79. Неправильно-горизонтальная, местами пологоволнистая слоистость современных старичных отложений.

Центральная часть крупной старицы р. Оки в районе г. Спасска. Субфация ранней озерной стадии старицы. Фото А. А. Лазаренко

В нижней части старичных отложений могут быть встречены единичные косослоистые серии, отвечающие периодам половодий, когда старица вновь начинала действовать как русловой проток. Однако здесь, в отличие от типичных русловых осадков, грубозернистый песчаный материал образует более мелкие косослоистые серии, кроме того, в нем имеется бóльшая примесь глинистого материала. Иногда мелкая косая слоистость образуется в песчано-глинистых слоях. Косослоистые отложения быстро сменяются горизонтальнослоистыми, глинистыми, черно-зеленого или сизо-серого цвета (который указывает на восстановительные условия среды отложения). Текстуры верхней части старичных отложений сходны с текстурами озер и других водоемов поймы. В старичных отложениях встречаются скопления растительных остатков, а иногда и обильная пресноводная фауна. Кроме слоистых текстур, для этих отложений характерны текстуры втекания или оплывания, а также нарушения слоистости корнями растений и следами наземных животных.

Значение выделения речного аллювия в ископаемых осадочных толщах очень велико.

1. Речные песчаники, благодаря своей относительно большой пористости по сравнению с морскими (при прочих равных условиях), могут быть

коллекторами нефти и газа. В этом случае важно выделить конфигурацию тел аллювия и проследить их в пространстве. В данном случае целесообразно проводить замеры углов наклона косых слойков (см. раздел III).

2. Речные песчаники (особенно в низовьях рек) могут быть рудоносными (медистыми, ураносодержащими и др.). Для них также существенно определение их контуров и выявление приуроченности и распределения в них рудного компонента.

3. Аллювиальные отложения иногда содержат россыпные месторождения (золота, алмазов и др.). При изучении их с этой точки зрения важно определить текстуры субфаций и выявить связи полезного ископаемого с определенными текстурами, которые, таким образом, могут стать поисковым признаком.

4. Аллювий, налегающий с размывом, частично, а иногда и целиком уничтожает подстилающие отложения. Поэтому при исчезновении пластов полезного ископаемого необходимо выяснить, является ли это результатом фациального перехода или же размыва, и установить границы последнего. Возможные изменения объема и формы тел речного аллювия на разных горизонтах необходимо учитывать при подсчете запасов полезных ископаемых (Ботвинкина в книге «Аллювиальные отложения», 1954).

5. По направлению речных русел с учетом ряда обстоятельств (см. раздел III) можно иногда судить о местоположении области сноса и береговой линии, уточнить палеогеографические построения. Изучение характера аллювия и особенностей строения аллювиальной толщи позволяет прийти к ряду выводов о рельефе, климате (вообще о палеогеографии в широком смысле этого слова) и даже о характере тектонических движений.

Приведенный перечень далеко не исчерпывает все случаи, когда определение генетического типа аллювия в осадочной толще, а также выявление его особенностей и строения важны для практики геологоразведочных работ.

3. Отложения озер и других континентальных водоемов

Принято считать, что для озерных отложений характерна тонкая горизонтальная правильная слоистость. Это действительно справедливо для отложений, накапливавшихся в центральных частях крупных озер. В прибрежной же части этих озер слоистость осадков может быть волнистой, пологоволнистой и косо-волнистой[1], сходной со слоистостью отложений прибрежного мелководья морей и особенно лагун; однако прибрежные участки озер значительно уже и меньше. В озерах могут накапливаться осадки кластогенные, хемогенные, биогенные и смешанные; каждый из них обладает специфическими текстурными чертами, несмотря на то, что все они горизонтальнослоистые. На текстурных различиях сказываются также характер режима и источники питания озер разного типа (ледниковых, горных, равнинных, пойменных, приморских и др.). Наличие течений в проточном озере может сформировать в донном осадке косо-волнистую или косую слоистость. Вблизи устьев рек, впадающих в озеро, могут возникать озерные дельты, имеющие наклонную, а иногда и настоящую косую слоистость. Если озеро целиком заполняется осадками этих дельт, то и слоистость отложений будет косой уже не озерного, а дельтового типа.

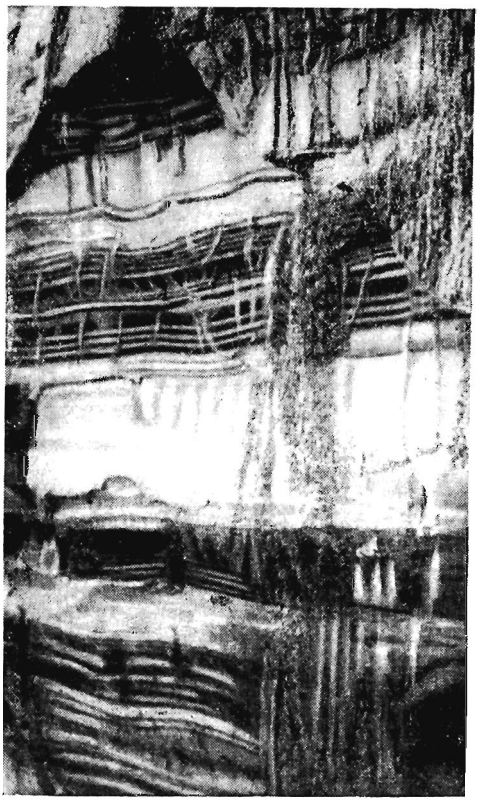
Типичная горизонтальная слоистость осадков центральных частей озер (более часто переходящих в ископаемое состояние) обусловливается чередованием слойков разной структуры или состава. Равномерная или направленно изменяющаяся слоистость (слойчатость) может быть простой, но чаще бывает пачечной, ритмической, возникающей в результате периодических (се-

[1] В озерах, покрытых льдом, придонные волнения отсутствуют, в этом случае горизонтальная слоистость формируется даже на мелководье.

зонных) климатических изменений условий седиментации[1] (фиг. 80). Группировка слойков в серии для озерных отложений менее типична.

Пачки в озерных отложениях обычно состоят из двух слойков, образуя годовую ленточную слоистость. В кластогенных отложениях лента представлена двумя слойками: нижним, песчаным (или алевритовым) с резкой нижней границей, постепенно переходящими в верхний, глинистый слоек. В других случаях пачечное строение озерных отложений определяется другими причинами, например чередованием органогенных и терригенных слойков. Часто пачки бывают нескольких порядков. Пачечное строение горизонтальной слоистости, отражающее сезонную периодичность седиментации, присуще осадкам озер всех климатических областей: в холодном и умеренном климате оно определяется сменой летнего и зимнего сезонов, в тропическом — периодичностью ливней, в аридном — чередованием засушливых и дождливых периодов.

Для отложений в озерах гумидного климата характерно подчеркивание границ слойков растительным детритом (или другими органическими остатками), а в озерах аридной зоны — изменением состава солей или же их разным соотношением с обломочным материалом.



Фиг. 80. Тонкая горизонтальная ленточная слоистость озерных отложений (фото из Атласа текстур и структур, 1962, табл. 101).

Видна ритмичность нескольких порядков: пачки с преобладанием темных слойков чередуются со светлыми пачками, причем более мощную светлую пачку слойков завершает также более мощная темная пачка. Надморенные четвертичные отложения.

Мощность слойков в озерных отложениях колеблется от единиц сантиметров до долей миллиметра. Строение слойков бывает однородное, двучленное и ритмически сортированное, в последнем случае при увеличении различия нижней и верхней части такой слоек превращается в ленту с постепенным переходом между слойками. При двучленном строении слойков увеличение количества материала, подчеркивающего их двучленность, приводит к образованию пар слойков, отличающихся от «лент» отсутствием постепенного перехода между слойками.

Таким образом, для горизонтальной слоистости (слойчатости) отложений внутренних, спокойных частей озер основными признаками являются состав и строение слойков, способ их группировки и их подчеркивание чем-либо. Признаки же, связанные с характером серий слойков, а также с формой самих слойков, в данном случае отпадают. Озерным отложениям может быть присуща диагенетическая слоистость перераспределения, разложения и выпадения (см. раздел III).

Общая мощность озерных отложений обычно невелика и редко превышает несколько десятков метров. В их толще могут быть горизонтально зале-

[1] Периодичность слоистости озерных отложений и ее причины освещены Ю. А. Жемчужниковым (1963).

гающие слои разного состава, различающиеся преимущественно по соотношению терригенного и органогенного или терригенного и хемогенного вещества. Каждый слой при этом, в свою очередь, имеет внутреннюю горизонтальную слойчатость или же слоеватость.

Для комплекса озерных отложений, в противоположность речным, более характерно погрубение осадка к верхним горизонтам (по мере заполнения и обмеления озера), хотя, конечно, это отмечается далеко не всегда (при выводах о характере изменения материала следует учитывать также возможные изменения областей питания).

Кроме слоистых текстур, озерным отложениям присущи текстуры нарушения — смятия при оползаниях (особенно для горных озер) и включения посторонних глыб (при обвалах крутых берегов озер). В последнем случае по периферии типичных озерных отложений вместо тонкозернистого горизонтальнослоистого осадка образуются невыдержанные прослои песчаников с галькой и обломками пород. Иногда в озерных отложениях отмечается чередование слоев слойчатых с неслойчатыми, текстура которых обусловлена действием донных животных — илоедов и пескожилов, уничтожающих слоистость осадка; при этом в осадке может содержаться повышенная примесь органического вещества.

Повышенная известковистость озерных отложений может определяться малой глубиной озера или же его расположением в низких широтах (низкая температура воды озер высоких широт препятствует выпадению кальцита). Неправильная форма слойков и чередование горизонтальной слоистости с полого-волнистой, волнистой и даже косо-волнистой указывают на мелководность озера. Равномерность и однородность слойков, столь характерные для озер, в мелководных озерных осадках выражены в меньшей степени.

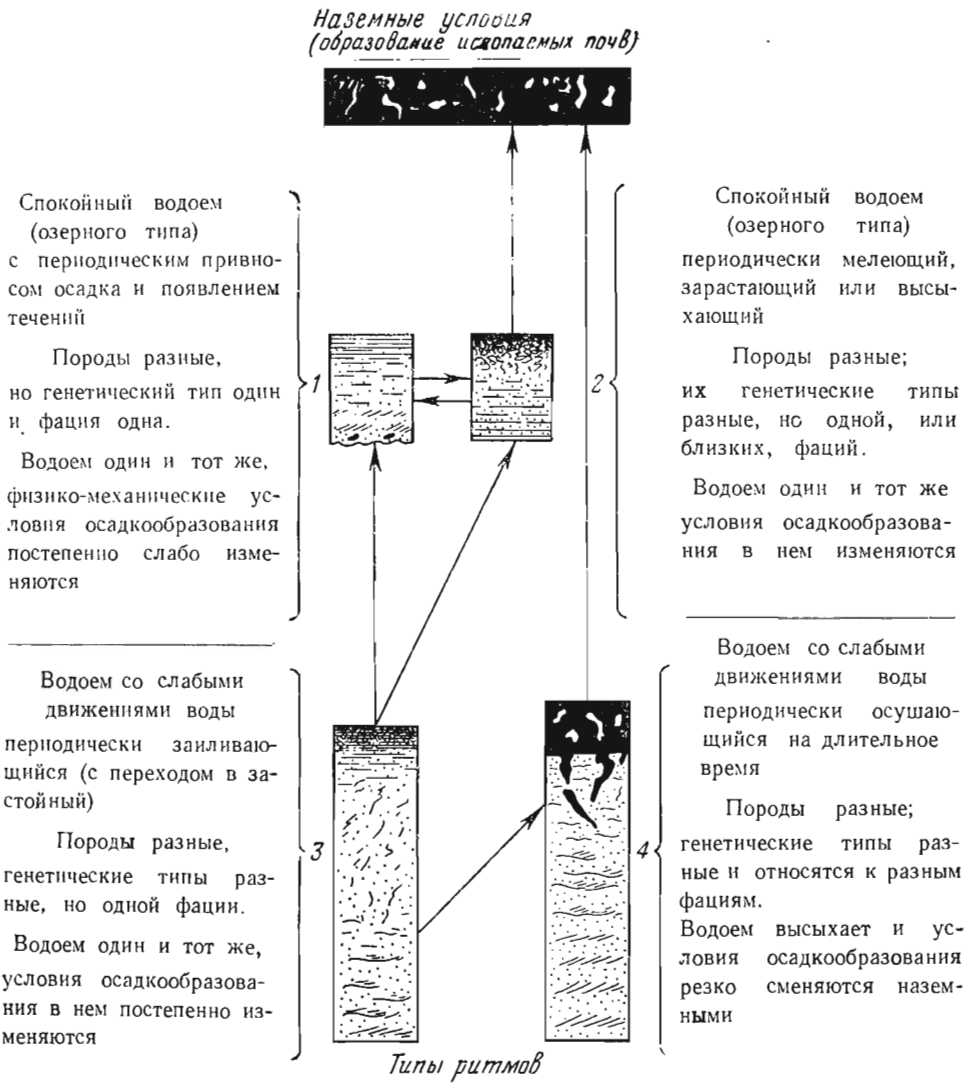
Сезонный характер озерной слоистости позволяет использовать ее для определения абсолютного времени накопления осадочной толщи путем подсчета количества годовых слойков. Выдержанность последних позволяет сопоставлять разрезы озерных отложений методом коннексии (см. раздел III), причем на весьма большой площади. Если осадконакопление происходило не в одном большом озере, а в мелких озерах, часто располагающихся группами на площади в сотни километров, то сезонные и климатические изменения будут сходно сказываться на всех озерах данной группы. Это неизбежно найдет выражение в особенностях слойков озерных отложений и позволит провести корреляцию разрезов даже в тех случаях, если они принадлежат отложениям разных озер. К озерным отложениям приурочены многие полезные ископаемые (соли, руды, сапропели и др.), и поэтому выделение озерных фаций в разрезе имеет практическое значение.

На континентах, кроме озер, существуют другие водоемы, условия седиментации в которых (а следовательно, и текстуры накапливающихся в них осадков) в большей или меньшей степени отличаются от собственно озерных.

Некоторое сходство с озерными отложениями имеют отложения такыров аридных областей. В осадках мелких такыров глинистые слойки (отвечающие периодам обводнения) чередуются с песчаными или алевритовыми — эоловой пылью и песком, прилипающими к обнаженному илистому дну высыхающего такыра. В этом случае, в отличие от типичных ленточных озерных отложений, обе границы слойков будут резкие (т. е. образуются пары слойков, а не ленты). Осадкам крупных такыров в большей степени свойственно ритмическое наслоение, при котором в толще отложений периодически чередуются слои более грубозернистые, с внутренней мелкой косой слойчатостью (свидетельствующей о направленном движении воды плоских потоков, обводняющих такыр) и слои более тонкозернистые, глинистые, с внутренней тонкой горизонтальной слойчатостью или даже с неслоистой текстурой (отвечающие периоду высыхания такыра и выпадения из взвеси оставшейся глинистой мути). Переход между ними при этом будет более постепен-

ный. Отложения такыров обычно тесно связаны с комплексом отложений других фаций засушливых областей.

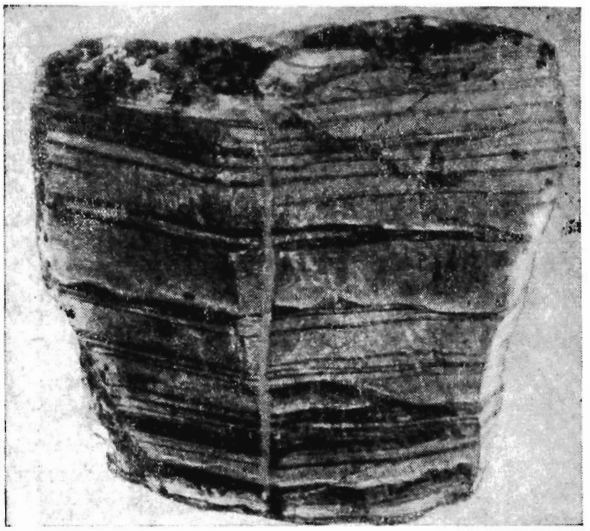
В ископаемых красноцветных отложениях (карбона и перми) автором были обнаружены ритмически построенные толщи осадков, анализ текстур которых показал, что осадконакопление происходило в специфических водоемах аридной зоны с периодически менявшимися гидродинамическими условиями седиментации. Опишем кратко строение разных типов ритмов,



Фиг. 81. Ритмы, повторение которых характерно для разного типа водоемов, сменяющихся во времени

характеризующих отложение в водоемах разного рода, а также присущие им структуры и текстуры (фиг. 81).

1) Спокойный водоем с периодическим привносом осадка и появлением течений. В основании ритма имеется слегка неровный контакт размыва, затем залегает небольшой мощности (10—20 *см*) мелкозернистый песчаник, в самом основании обладающий неясно видной прерывистой мелкой косой слоистостью и иногда содержащий небольшие глинистые плоские гальки пород нижележащего слоя. Выше слоистость в песчанике не видна, но кверху в нем постепенно все чаще появ-



Фиг. 82. Ритмичнопостроенные отложения спокойного водоема с периодически появляющимися слабыми течениями. Удоканское месторождение медистых песчаников. Образец Ф. П. Кренделева

ляется примесь мелкозернистого алевролита, подчеркивающего сначала неясную, а затем более ясную тонкую горизонтальную слоистость. Строение ритмов этого типа напоминает ленточную слоистость, но образуются они не слойками, как в ленте, а слоями с внутренней слойчатой текстурой, свидетельствующей о том, что седиментация происходила путем прерывистого поступления осадочного материала, вносимого течениями, которые даже слабо размывали предыдущие отложения. Затем действие течений быстро прекращалось и материал оседал спокойно (как в водоемах озерного типа) до нового появления течений, несущих новую порцию осадка (фиг. 82).

2) Спокойный водоем типа озерного, периодически мелеющий и, возможно, иногда почти высыхающий и зарастающий. В основании ритма — слои крупнозернистого алевролита, реже мелкозернистого песчаника с примесью тонкозернистого алевролита, подчеркивающего правильную, довольно равномерную и тонкую горизонтальную слойчатость. Мощность этого слоя небольшая — от 5—10 до 50 *см*. Выше он становится неслойчатым и по отчетливой границе довольно быстро сменяется алевролитом мелкозернистым, глинистым, комковатой текстуры (типа подпочвы), со следами остатков корневой системы растений. Ритмичность такого типа присуща осадкам, которые развиваются среди горизонтов, сложенных ритмами первого типа, или приходят им на смену, а выше — перекрываются довольно мощным пластом почвенных образований. При смене ритмов первого типа ритмами второго типа осадкообразование происходит в переходных условиях от периодически проточного водоема через периодически мелеющий и высыхающий водоем до полного его осушения.

3) Водоем со слабыми движениями воды, периодически заиливающийся (переходящий в застойный). Отложения песчано-алевритовые, вверху ритма — с глинистой примесью. Мощности ритмов — десятки сантиметров. Внизу ритма слоистость прерывистая, мелкая, косо-волнистая, иногда мелкая косая, указывающая на слабые течения. Выше порода становится неслоистой (течения исчезают) и в ней появляются неправильной формы участки с примесью более тонкозернистого осадка, а в самой верхней части присутствует глинистая примесь, и текстура породы становится неясно горизонтальной, а затем комковатой (результат седиментации в заиливающемся водоеме без движений воды). Переходы внутри ритма постепенные. Повторяемость этих ритмов указывает на периодическое заиливание проточного водоема.

4) Водоем с движениями воды, периодически осушающийся.

Отложения каждого ритма представлены двумя слоями. Нижний слой—

песчаник мелкозернистый, мощностью до 1—3 *м*, с мелкой косой слоистостью, выше постепенно переходящей в косо-волнистую и полого-волнистую. Слоистость прерывистая и плохо заметная, а в верхней части слоя совсем неразличимая. Верхний контакт слоя резкий, с отчетливыми трещинами растрескивания, проникающими далеко в глубь слоя. Трещины заполнены алеврито-глинистым осадком верхнего слоя, последний обычно красноцветный, комковатой текстуры, с большим количеством известковистых конкреций, расположенных разнообразно и часто поперек наслоению. Мощность верхнего слоя от 10—20 *см* до 1—2 *м*, верхний контакт его также резкий. Нижний песчаный слой, вероятно, образовался в результате седиментации в условиях течения, а верхний имеет континентальное происхождение и, повидимому, является элювием, развившимся на растрескавшейся поверхности обсохшего дна водоема (специфической аридной почвой). Повторяемость этих пар слоев свидетельствует о периодической смене водных и субаэральных условий осадкообразования.

Отложения водоемов описанных типов закономерно сменяют друг друга во времени (см. фиг. 81). Водоем третьего типа характеризуется наиболее нормальным режимом. В зависимости от изменения общих условий он может превращаться в водоемы первого, второго или четвертого типов. Соответственно в геологическом разрезе мы будем видеть смену ритмов третьего типа ритмами иных типов.

Существование водоемов второго и четвертого типов, очевидно, завершалось их осушением, так как в конкретных разрезах на отложениях, сложенных характерными для них ритмами, залегают достаточно мощные горизонты специфических аридных ископаемых почв. В процессе осушения водоема второго типа условия седиментации в нем могли колебаться; это выражается в том, что его отложения, сложенные ритмами второго типа, переслаиваются с пластами, сложенными ритмами первого типа (или же подстилаются ими).

Мы остановились на разборе этих примеров, чтобы показать, как детальный анализ текстур помогает определить режим того водоема, в котором происходит седиментация, а также общую направленность изменения этого режима.

4. Отложения застойных водоемов и болот. Образование ископаемых почв и подпочв

Застойные водоемы часто образуются на месте открытых озерных водоемов (или отшнурованных лагун) и являются как бы переходом от них к болотам.

Слоистость, описываемая в современных и четвертичных болотных отложениях, представляет собой последовательность различных слоев часто небольшой мощности; внутренняя же слойчатость этих слоев изучена слабо.

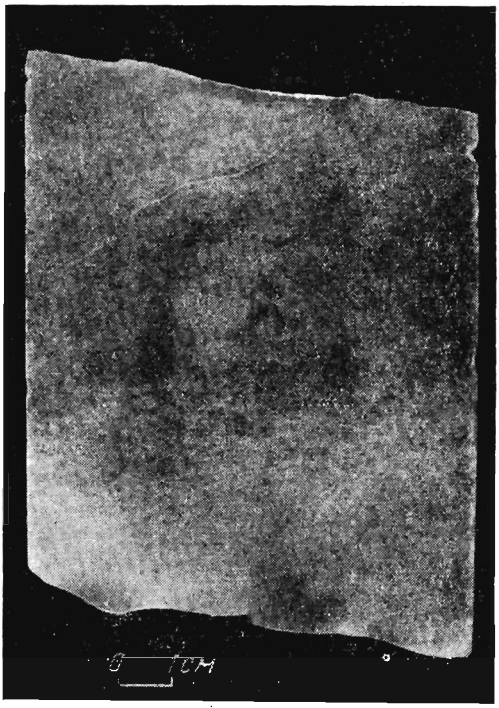
Признаки текстур болотных отложений и осадков застойных водоемов выявлены в основном на материале ископаемых угленосных толщ, где генезис пород, тесно связанных с угольным пластом (т. е. с отложениями торфяного болота), не вызывает сомнений.

Отложения застойных водоемов сложены преимущественно алевритовым материалом, в меньшей степени — глинистым или песчаным. Для них характерна «облачная» пятнистая текстура, обусловленная неравномерным распределением органического (или глинистого) вещества (фиг. 83). Иногда такую текстуру неверно называют «перепутанной». Реже в отложениях застойных водоемов устанавливается неотчетливая, неправильная горизонтальная слоистость, нарушенная взмучиванием.

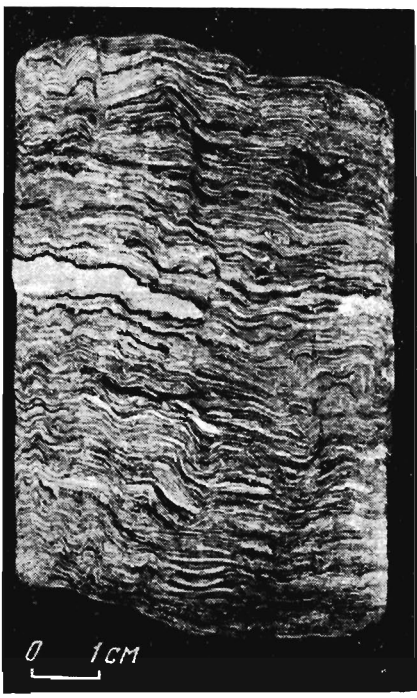
В отложениях переходных от озерных к болотным могут содержаться скопления остатков растений (в основном их стеблевых и листьевых частей) в тонком переслаивании с мелкозернистым минеральным материалом (обломочным или хемогенным). Послойное обогащение растительными остатками

приводит к образованию тонколистоватых углистых пород с неправильно горизонтальной слойчатостью, иногда как бы слегка волнистой (фиг. 84); однако в этом случае волнистость плойчатого характера образуется не волнениями водной среды, а искривлением первоначально горизонтальных слойков при уплотнении и дегидратации осадков. Поэтому в целом данная текстура является седиментационно-диагенетической.

Среди отложений застойных водоемов часто встречаются прослои со слоистостью озерного типа, которые образовались в периоды повышения



Фиг. 83. Пятнистая «облачная» текстура ископаемых отложений застойных водоемов (угленосная толща Донецкого бассейна)



Фиг. 84. Плойчатая изогнутость слойков в листоватой известково-углистой породе, возникшая после седиментации (озерно-болотные отложения). Угленосная толща Донецкого бассейна

уровня воды и превращения застойного водоема в озерный (т. е. седиментация развивается в направлении, противоположном примерам, разобранным выше).

Застойные водоемы чаще возникают при осушении озер, лагун и мелких морских заливов. Переходы между соответствующими отложениями выражаются сменой текстуры осадков, иногда очень постепенной, но обычно достаточно отчетливой. При малых мощностях отложений эти переходы иногда удается увидеть даже в одном образце. Отложения застойных водоемов часто подстилают ископаемые почвы разного типа, образуя горизонты ископаемых подпочв.

Современные б о л о т н ы е п о д п о ч в ы — это подстилающий торфяник, обесцвеченный элювиальный горизонт, в котором происходит выщелачивание, а также горизонт, обогащенный закисями железа.

В ископаемых континентальных отложениях встречаются слои, как обесцвеченные (белесые,), так и обогащенные железом (чаще карбонатным), которые внизу сохраняют остатки слоистой структуры, сходной с тексту-

рой подстилающих отложений, часто неправильно горизонтальной. Выше она заметна лишь участками, еще выше — постепенно исчезает, и текстура слоя становится пятнистой и комковатой (фиг. 85). Иногда порода содержит примесь органического материала, тонкие нитевидные остатки и следы корневой системы растений. По корням растений часто развиваются конкреции сидерита, что хорошо видно под микроскопом. Иногда отложения подпочв имеют зеленоватый оттенок. Весьма специфическая текстура подпочв (изменяющаяся от первичной слоистости до полного ее исчезновения, особенно в верхней части горизонта) является смешанной, седиментационно-диагенетической текстурой переработки (Ботвинкина, 1953, 1959 *б*). Отложения подпочв обычно перекрываются отложениями с большим количеством корневых остатков и другими признаками почвы.

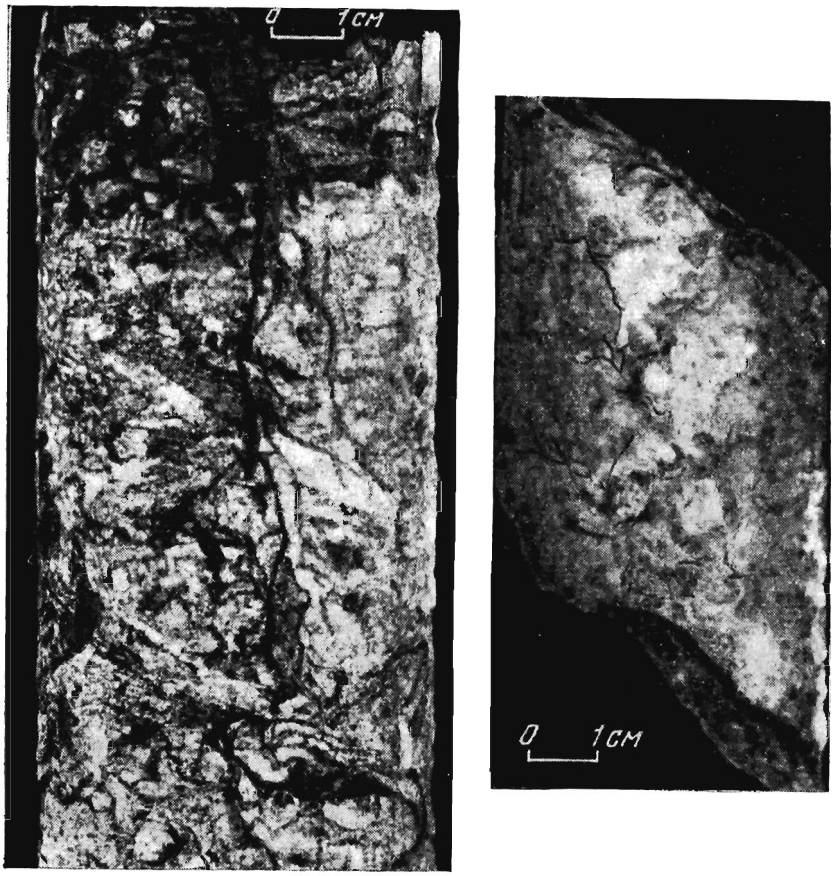
Фиг. 85. Алевролиты подпочвы, местами с заметной нарушенной горизонтальной слоистостью, переходят вверху образца в темные комковатые аргиллиты почвы угольного пласта (угленосная толща Донецкого бассейна)

Текстура почв в толще болотных отложений обычно неслоистая, комковатая, с большим количеством остатков корней растений (фиг. 86, *А*), а иногда с многочисленными железисто-карбонатными конкрециями (фиг. 86, *Б*). К специфическим текстурам болотных почв относится текстура «кучерявчика» — почвы угольных пластов среднего карбона в Донбассе, представленной чаще всего аргиллитом или мелкозернистым алевролитом, пронизанными беспорядочно расположенными ризоидами стигмарий, придающими породе «кучерявую» текстуру (фиг. 87). Надо сказать, что почвы угольных пластов более молодого возраста, с корнями иных растений, тоже имеют комковатую текстуру, но уже несколько отличную от типичного «кучерявчика». Текстура современных почв в речной долине обладает характерной пятнистой комковатой текстурой (фиг. 88).

В отложениях застойных водоемов и болот, в почвах и подпочвах часто обнаруживаются текстуры нарушения слоистости: затеки и замывы, взмучивания и оползания.

Текстуры почв и болотных отложений разного рода, столь тесно связанные с наличием органических остатков и часто обусловленные воздействием на осадок различной растительности, по-видимому, могут иметь специфику в зависимости от возраста пород в большей степени, чем это отмечается для текстур в отложениях иного происхождения, образовавшихся преимущественно под воздействием физико-механических и химических факторов седиментации. Пока этот вопрос почти не изучен.

Слоистость осадков торфяных болот, выражающаяся в ископаемом виде в слоистости углей, по форме преимущественно неправильно горизонтальная, неравномерная. Она проявляется в чередовании растительного (углистого) и минерального вещества, в смене разного количества минеральной примеси или же в чередовании углистых остатков разного рода. Часто отмечается только лишь слоеватость, обусловленная ориентированным расположением



Фиг. 86. Ископаемые подпочва и почва в угленосных отложениях среднего карбона Донецкого бассейна.

а — подпочва с большим количеством корней растений вверху образца переходит в почву; *б* — почва комковатой текстуры с известково-железистыми конкрециями, пересекающими слоистость

удлиненных компонентов породы, которое может возникнуть уже в диагенезе. Может наблюдаться также слоистость заполнения и облекания.

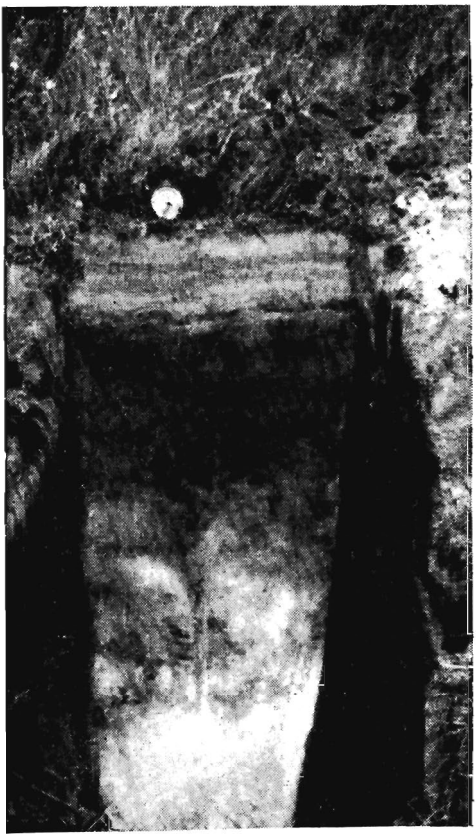
Слоистость, образующаяся при механическом перераспределении осадочного материала движением среды отложения (косая, волнистая), может возникать только при нарушении нормальных болотных условий седиментации, обычно одновременно с привносом обломочного или глинистого материала. Лишь в этом случае (при проточности торфяного болота) в угольном пласте могут появиться мелко-косослоистые прослои, обогащенные минеральной примесью.

Наблюдаемая в углях изогнутость слойков или фрагментов растений, которая иногда принимается за мелкую волнистую слоистость, не связана, однако, с волнениями, а появляется при вторичных процессах — при уплотнении осадка и превращении его в породу (фиг. 84).

Выделение горизонтов ископаемых болотных подпочв и почв, подстилающих угольные пласты, не вызывает сомнений. Похожие на них отложения отмечены и в ряде нефтеносных толщ. В красноцветных отложениях аридных зон карбона и перми также были встречены прослои, текстурно сходные с описанными выше. Они имеют алеврито-глинистый состав, сильно ожe-

лезнены, содержат большое количество известковистых конкреций, расположенных поперек к наслоению (фиг. 89, 90). Текстура этих пород неслоистая, комковатая, местами пятнистая (за счет обесцвечивания красного цвета породы). Нижний их контакт бывает либо резкий, с трещинами растрескивания (см. фиг. 81), либо постепенный, с плавным переходом в подстилающие отложения. Верхний контакт часто тоже резкий, обусловленный последующим размывом. Состав, строение, включения в другие признаки этих отложений сходны с признаками современных бурых и красно-бурых почв жарких и засушливых областей (Ботвинкина, 1963). На этом основании данные отложения можно относить к ископаемым почвам аридных зон. Их подстилают алевролиты, также красноцветные, комковатые, то с более, то с менее заметными остатками первичной слоистости (чаще горизонтальной или полого-волнистой), пересеченные сетью кальцитовых жилок, напоминающих по форме и расположению корневую систему растений. Очевидно, это —

Фиг. 87. Отложения почвы с большим количеством корневых остатков — «кучерявчик» (ниже угольного пласта l_6, Донецкий бассейн)



Фиг. 88. Современная почва в пойме р. Оки близ г. Спасска; сверху перекрыта горизонтальнослоистыми пойменными отложениями (фото А. А. Лазаренко)

отложения подпочвы, ниже переходящей в прибрежные или какие-либо иные образования со свойственными им текстурами.

Таким образом, отложения застойных водоемов и образования почв и подпочв встречаются в ископаемых осадочных толщах разных климатических областей. Отложения застойных водоемов обычно занимают небольшую площадь, но отложения болот, а также подпочвенные и почвенные образования покрывают большие пространства суши.

Выделение этих фаций имеет большое практическое значение, так как они указывают на заведомо континентальные условия осадконакопления (причем, возможно, весьма длительно существовавшие, если мощность данных отложений велика). В тех случаях, когда эти отложения выдержаны на

Фиг. 89. Ископаемая подпочва в пермских красноцветных отложениях Приуралья; вверху подпочва переходит в почву

площади, они могут служить хорошими маркирующими горизонтами для немых континентальных толщ — угленосных, красноцветных и др. Весьма вероятно, что выделение аналогичных (хотя несомненно специфичных) континентальных образований в лишенных фауны древних толщах может помочь корреляции последних. Кроме того, выделение в угленосных толщах образований болотных почв и подпочв, подстилающих угольные пласты, может служить поисковым признаком на уголь.

Горизонты ископаемых почв и подпочв обычно занимают определенное место в циклах седиментации. Они завершают регрессивный ряд фаций и, таким образом, приурочены к средней части нормально построенного цикла. Циклы с большим содержанием почв и подпочв (в виде одного слоя большой мощности или в виде нескольких слоев) в любых климатических зонах отмечают завершение регрессивного развития обстановок осадконакопления и присущи средним частям циклов высших порядков.

5. Отложения временных потоков конусов выноса и сухих дельт (пролювия)

Временные потоки присущи весьма различным фациальным обстановкам: 1) равнинным пустынным областям с аридным, засушливым климатом и периодическими сезонами дождей; 2) горным областям, где ливни создают особый тип мутевых потоков—силей (или селей); 3) равнинным областям с умеренным климатом в тех местах, где развит овражно-балочный рельеф; 4) флювиогляциальным потокам, питаемым периодически тающим ледником.

Существует укоренившееся представление о том, что отложениям временных потоков присущ характерный текстурный тип — диагональная слоистость, представляющая собой попеременное чередование косо- и горизонтальнослоистых серий слойков, причем первые более грубозернисты. Этот тип (фиг. 23, *А*) был установлен для отложений временных потоков пустынных областей, окруженных близко расположенными горами. Для этой обстановки он, по-видимому, действительно типичен. Слоистость же временных потоков, возникающих в других обстановках, будет иной и зачастую более близкой к текстуре нормального аллювия данной области, чем к описанной выше «классической» диагональной слоистости.

Так, временные потоки пустынных равнинных областей могут быть представлены рядом крупных косослоистых серий и без чередования с горизонтальнослоистыми.

Для отложений временных потоков характерны следующие черты: плохая сортировка материала, однонаправленность слойков, параллельность границ серий слойков и их прямая форма (для крупных потоков), прямолинейная форма слойков, их параллельность друг другу и крутые углы их наклона (до 40—45)°, причем угол наклона довольно постоянен.

Грубозернистый материал присущ тем потокам, которые несут продукты размыва горных областей. Временные потоки равнинных, пустынных и полупустынных областей, переносящие эоловый или иной материал, не образуют грубозернистого или плохо отсортированного осадка (например, многие современные реки Казахстана или Прикаспийской низменности имеют временный характер, но несут достаточно тонкозернистый осадок).

В красноцветных континентальных толщах были встречены разнозернистые песчаники и гравелиты небольшой мощности (1—2 *м*) с остатками растений и костей позвоночных животных. В поперечном разрезе они имеют форму линз шириной в несколько метров, причем нижний их контакт несет характерные черты размыва. Слоистость этих песчаников и гравелитов неясно выраженная, косая, крупная, в поперечном срезе — волнистая, изогнутая, мульдообразная. Эти песчаники залегают среди тонкослоистых отложений и, очевидно, своим происхождением обязаны небольшим кратковременным, но бурным потокам. В других случаях тонкие линзы песчаников (5—10 *см*) залегают среди алевритовых отложений застойных водоемов, почв и подпочв. Слоистость в них не видна, но нижний контакт имеет следы размыва. Несмотря на отсутствие типичной слоистости, эти признаки позволяют отнести такие песчаники также к отложениям кратковременных, но достаточно бурных потоков.

Фиг. 90. Ископаемая почва с большим количеством известковых конкреций, секущих слоистость (в красноцветах джезказганской свиты — карбон)

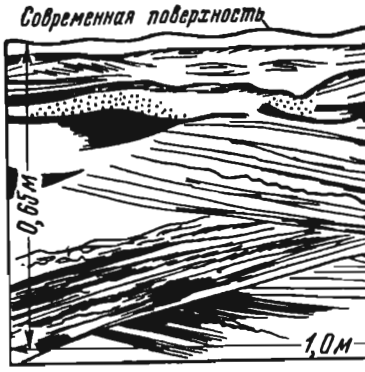
Текстура отложений временных потоков, вероятно, зависит еще и от величины потока и длительности его действия. Кратковременные небольшие бурные потоки, возникающие на суше, могут вовсе не создавать косослоистых серий, и их генезис в этом случае определяется по совокупности других признаков и по соотношению с вмещающими отложениями, происхождение которых установлено более точно.

Временные потоки горных областей, особенно типа селей, образуют неслоистые, очень плохо отсортированные осадки, в которых, наряду с тонким глинистым материалом, содержатся крупные обломки пород, гальки, валуны и даже глыбы. Отложения таких временных потоков иногда имеют грубую неправильную горизонтальную или слабо наклонную слоистость. Структура отложений селевых временных потоков бывает различной: от грубой валунной до песчано-глинистой. Глины залегают прослоями и линзами в грубообломочном материале и, в свою очередь, включают в себя линзы последнего. В ископаемом виде отложения собственно селевых потоков, очевидно, довольно редки, так как они оседают в основном не в русле переносящего их потока, а в виде конусов выноса и сухих дельт (см. ниже), уже при выходе потока из гор, покрывая большие площади плащом пролювиальных отложений. Текстурно они сходны с моренами и грязевыми потоками вулканического происхождения, от которых отличаются по структуре, составу и соотношениям с вмещающими отложениями.

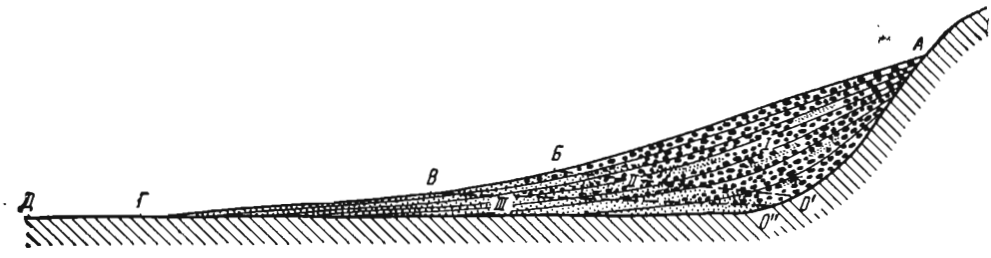
Отложения временных потоков равнинных областей формируются в оврагах и балках, в руслах временных ручьев. Они редко переходят в ископаемое состояние. По текстуре они сходны с текстурами верхней части руслового аллювия — прирусловой отмели. Слоистость их косая, крупная, срезан-

ная или перекрестная, прямолинейная, иногда беспорядочно разнонаправленная (фиг. 91). Мощность серий 10—40 *см*, слойки в сериях параллельны, материал неравномернозернистый. Мощность слойков средняя, чаще в пределах 0,5—2 *см*, а углы наклона изменчивы — от долей градуса до 30° и более. Отчетливость слоистости различна в зависимости от того, имеется ли в песчаном материале глинистая примесь, подчеркивающая его текстуру.

Для конусов выноса, образуемых временными аллювиальными потоками у подножия горных склонов при выходе их на равнину (которые чаще формируются при сухом, жарком климате, но могут возникнуть и при влажном), характерна наклонная слоистость с углами падения слоев до нескольких градусов. Внутренняя текстура слоев, по-видимому, может быть неслоистой (неслойчатой) в неотсортированных отложениях или слойчатой при чередовании компонентов осадка, имеющего разный гранулометрический состав. Сходные с конусами выноса наземные сухие дельты формируются селями или постоянными реками при выходе их из гор на равнину. Они возникают при засушливом климате и особых тектонических условиях. В зависимости от резкости рельефа отложения сухих дельт в целом могут быть и более и менее грубозернистыми. Слоистость этих отложений наклонная, но в некоторых крупных сухих дельтах она, по-видимому, может быть сходной со слоистостью морских дельт. Однако отложения наземных дельт, очевидно, более грубозернисты и сложены менее отсортированным материалом. Их характер по мере удаления от вершины дельты быстро изменяется: грубые разности горного косо наслоенного аллювия переходят в тонкозернистые, почти горизонтальнослоистые или полого наклонные отложения периферийной части сухой дельты (фиг. 92).



Фиг. 91. Косая разнонаправленная слоистость современных песчаных отложений, образованная временными потоками в крупном овраге. Слоистость подчеркивается глинистыми слойками (черное)

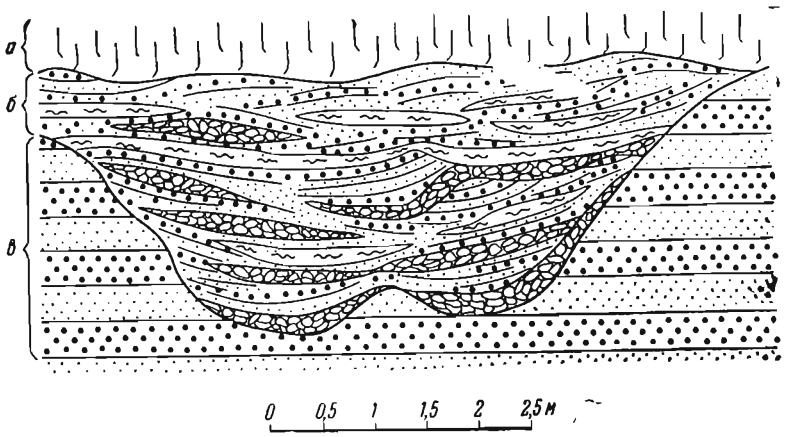


Фиг. 92. Вертикальный радиальный разрез наземной дельты, образованной у склона коренных пород (по К. В. Курдюкову, 1957).

АБ — верхняя серия слоев (галечники и валунники с редкими прослоями глин и песков); *БВ* — промежуточная серия слоев (пески и глины с прослоями галечников); *ВГ* — нижняя серия слоев глины и глинистые пески); *ГД* — базальная серия слоев (иловатые глины, часто засоленные и загипсованные, изредка с прослоями более грубозернистых отложений). Слоистая текстура толщи показана схематично. Углы наклона слоев искажены: отношение горизонтального масштаба к вертикальному = 1 : 25

Если в ископаемых отложениях, явно континентальных (например, по флоре и фауне), встречается слоистость, характерная для дельт, то, очевидно, отложения с таким типом слоистости накапливались в сухих дельтах или в конусах выноса. С подобными случаями, по-видимому, можно столкнуться при изучении отложений моласс, межгорных котловин и некоторых других.

В древнейшие геологические эпохи, когда наземная растительность еще не была развита, отложения временных потоков и сухих дельт были, вероятно, распространены значительно шире, чем в настоящее время.



Фиг. 93. Овражный делювий (по А. С. Корженевской и О. Н. Бахваловой, 1940).
а — суглинок; *б* — овражный делювий; *в* — пески мезозоя

Текстура делювия — продуктов выветривания, перемещаемых по склону дождевыми и талыми водами, а также сползающих под влиянием силы тяжести, обычно неслоистая, но местами в них намечается неясная слоистость в виде слабовогнутых выклинивающихся слоев и линз; чаще это бывает неправильная слоистость заполнения (фиг. 93) или формирующаяся на склонах наклонная слоистость (с углами наклона слойков иногда до десятков градусов), которая в ископаемом виде может быть принята за косую[1].

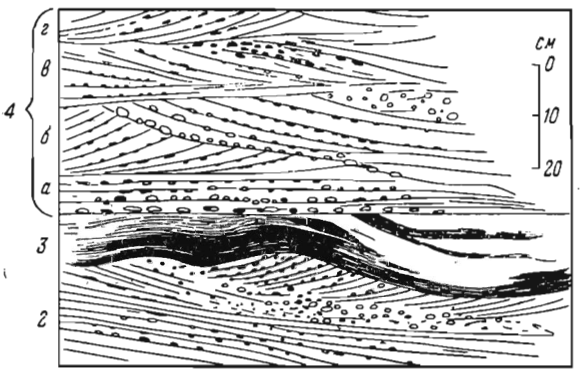
Делювиальные отложения обычно плохо отсортированы, но местами в них отмечается ритмичность наслоения, причем песчаным слоям присуща хорошо выраженная слойчатость или слоеватость. Углы падения (20—30°) указывают на крутизну склонов первоначальной возвышенности. В пустынных районах крутизна склонов больше, чем в гумидном климате. Характерно, что при чередовании более тонкозернистых и более грубозернистых прослоев последние имеют лучшую сортировку. Включения и гальки располагаются параллельно слоистости и склону. Часты линзообразные формы наслоения.

6. Отложения ледникового комплекса

Комплекс ледниковых отложений обычно хорошо распознается в более молодых четвертичных образованиях, но даже и в этом случае не всегда ясны условия формирования тех или иных его членов (например, озов, камов). В ископаемых же толщах пород разного возраста выделение ледниковых отложений зачастую является спорным, тем более, что фауна в них обычно отсутствует. При изучении ледниковых отложений большинство исследователей не уделяет достаточного внимания определению особенностей присущей им слоистости, а между тем именно текстурные признаки могут сыграть весьма важную роль при выяснении условий образования этих отложений.

[1] Отличие наклонной слоистости от косой заключается в том, что наклонные слойки параллельны основанию серии (т. е. склону).

Ледниковый комплекс весьма разнообразен: в него входят флювиогляциальные осадки, озы, камы, друмлины, а также разного рода моренные накопления. В этом комплексе наиболее ярко выраженная слоистость присуща флювиогляциальным отложениям, которые формируются талыми водами, вытекающими из-под ледника. Эти воды растекаются, образуя мелкие блуждающие протоки, иногда сливающиеся в более крупные русла, а затем входят в речную систему данной области. Поэтому флювиогляциальные отложения имеют некоторое сходство с речными, а по мере удаления от ледника все более приобретают черты нормального речного аллювия. Понятно, что при изучении ископаемых отложений разных геологических периодов весьма существенно выявить те текстурные черты, которые позволяют отличить флювиогляциальные отложения от отложений других фаций, особенно от речных.



Фиг. 94. Разнонаправленная перекрестная косая слоистость флювиогляциальных песчано-гравийных отложений (2—4 слои).

Темный слой в средней части (*3*) — алеврита с неотчетливой волнистой слоистостью. Вверху он резко срезается по прямолинейному контакту, выше которого опять залегают грубозернистые отложения слоя 4 (*а, б, в, г* — косослоистые серии). Ниже слоя 2 были отмечены еще две крупные косослоистые серии (мощностью 50—60 *см*), сложенные песком от средне- до мелкозернистого, слойки прямолинейные, ровные, подчеркиваются послойным расположением мелках галек

Специальные исследования автора показали, что текстура флювиогляциальных отложений представляет собой сложный комплекс чередования различных типов слоистости: косой (преимущественно крупной), горизонтальной, косо-волнистой и асимметричной волнистой (обычно мелких подтипов, образуемых рябью течения). Каждый из перечисленных текстурных типов имеет специфические особенности, отличающие его от аналогичных типов, но образовавшихся в иных фациальных обстановках:

1. Крупные (даже более 0,5 *м*) косослоистые серии быстро выклиниваются (на расстоянии 10—20 *м*). В крупных косослоистых сериях мощность слойков может быть очень мала — менее 1 *мм*.

2. Слоистость может быть различной по направленности слойков: однонаправленной и разнонаправленной (фиг. 94), причем иногда по замерам можно построить веерообразную розу-диаграмму, сходную с той, которая характерна для дельтовых и эоловых отложений; в этом случае генезис может быть уточнен по другим признакам.

3. Строение слойков обычно бывает однородное или двучленное, но иногда отмечается их обратная сортировка. Слойки в песках (даже мелкозернистых) часто подчеркиваются гравийными зернами и мелкой галькой, отложенной параллельно наслоению.

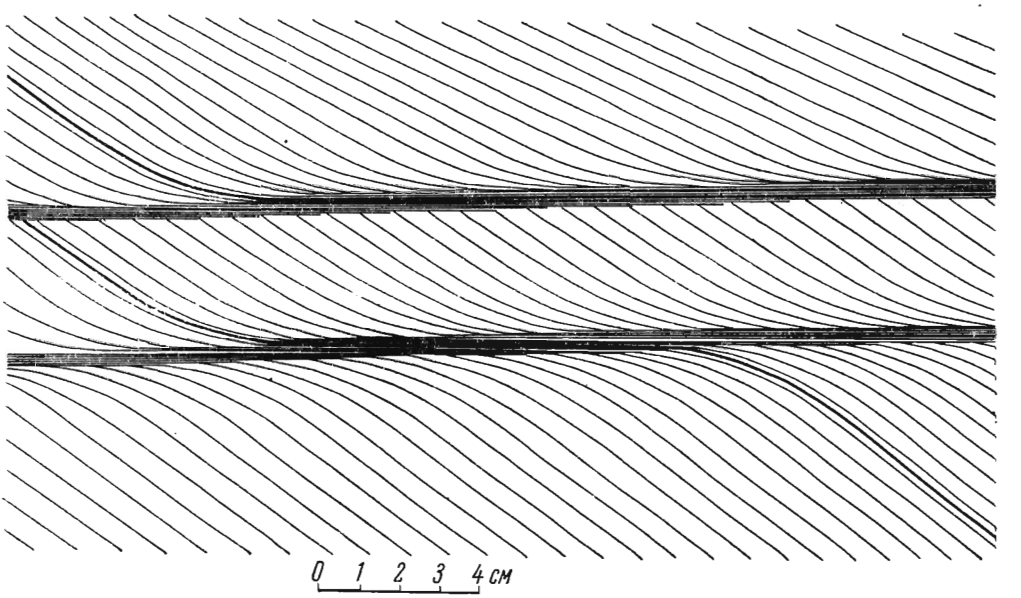
4. Преобладающий угол наклона слойков 20—25°, но может быть и больше и меньше. Отмечено, что по мере удаления от конечных морен углы наклона косых слойков уменьшаются, а округленность и сферичность песчаных зерен увеличивается (однако это требует проверки).

5. Крупная косая слоистость часто сложена тонкими параллельными слойками, в большей своей части прямолинейными и лишь слегка выполаживающимися у самого основания серии, но встречаются и плавно вогнутые слойки (фиг. 94).

6. Присутствует диагональная слоистость, представляющая собой чере-

дование серий более грубозернистых, косослоистых и более тонкозернистых, обладающих горизонтальной или очень пологой наклонной слоистостью. Последняя, по-видимому, формировалась при прекращении бурного таяния льда и выпадении осадка из спокойных, очень медленно текущих вод плоского потока, возможно — и из почти неподвижных вод типа озерных.

7. Волнистая асимметричная слоистость ряби течения в тонкозернистом осадке образует очень правильный рисунок. В результате резкого перегиба слойков и сильного уменьшения их мощности на пологом склоне ряби создается впечатление очень правильного чередования горизонтальнослоистых



Фиг. 95. Тонкая асимметричная волнистая слоистость ряби течений во флювиогляциальном мелкозернистом песке.

Мощность слойков несколько увеличена. Жирной линией выделены два слойка, чтобы показать их форму и характер перехода из одного положения в другое

и косослоистых серий (фиг. 95). Это явление надо отличать от настоящей диагональной слоистости. При полном исчезновении слойков пологого склона может возникнуть ряд налегающих друг на друга мелких косослоистых серий, иногда с S-образной формой слойков; последние не следует путать с настоящей S-образной крупной косой слоистостью, присущей морским отложениям зоны течений.

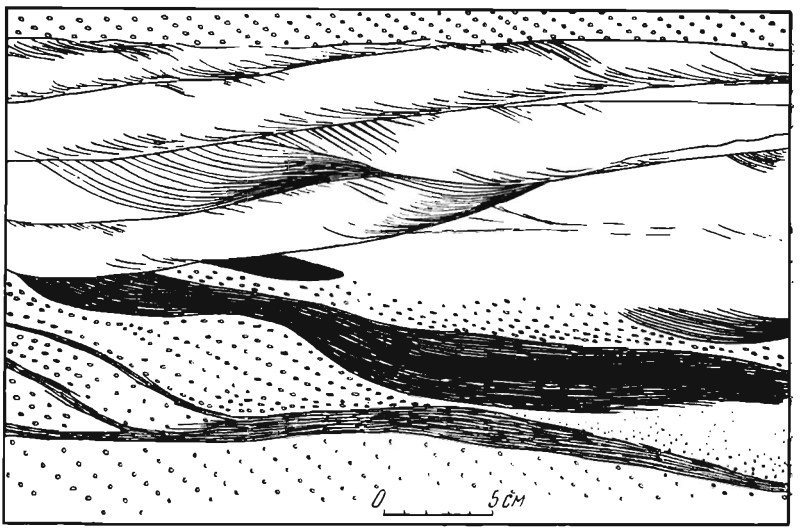
8. Индекс ряби по небольшому количеству замеров был определен в пределах 7—10, $д_п : д_к$ = около 2 (для проверки этих цифр еще необходимо провести массовые замеры). Поверхность ряби часто бывает «запечатана» глинистым осадком.

9. Одна и та же слоистость отмечается в смежных слоях, сложенных резко различным по механическому составу материалом (например, асимметричная, волнистая слоистость ряби в среднезернистых песках и алевритах; фиг. 96). Наряду с этим, в отложениях одного и того же гранулометрического состава текстуры могут изменяться (например, косая слоистость сменяется косо-волнистой). Следовательно, структурные и текстурные изменения здесь независимы, что не характерно для речных отложений, в которых изменения структуры породы обычно сопровождаются изменением ее текстуры.

10. Характерно наличие неправильных линз: грубого материала в тонком и тонкого в грубом.

11. При изучении текстуры осадочной толщи иногда отмечается ритмичное наслоение (стратификация) разных порядков, что особенно заметно при чередовании отложений резко различных по гранулометрическому составу.

12. Сортировка осадочного материала плохая (как в слойках, так и в слоях). Более грубозернистый материал не обязательно приурочен к нижней части слоевой единицы, но может быть встречен в ее середине (например, в средней части косослоистой серии). Иногда наблюдается обратная сортировка: погрубение компонентов осадка снизу вверх как в слойках, так и



Фиг. 96. Независимость изменения структуры и текстуры во флювиогляциальных отложениях.

Внизу в грубозернистом песке, без изменения его структуры, крупная косая слоистость сменяется косо-волнистой. Последний тип текстуры сохраняется и выше, несмотря на то, что структура породы изменяется (порода представлена мелкозернистым песком, близким к алевриту; слоистость в нем показана штрихами). Точки — песок грубозернистый, белое — песок мелкозернистый, черное — глина

в сериях слойков и в слоях (возможно, что для слойчатости это обусловливается периодическим выдуванием ветром более мелких частиц осадка при его осушении, а для слоистости — таянием ледника и поступлением более грубозернистого осадка).

13. Состав галек разнообразен, ориентировка их также различная.

14. В отличие от аллювиальных отложений нормального эрозионного цикла в толще флювиогляциальных отложений закономерной смены типов слоистости снизу вверх по разрезу не отмечается. Чередование типов слоистости так же, как и отложений разного гранулометрического состава, довольно беспорядочное.

Слоистость о з о в изучена недостаточно; судя по немногим имеющимся зарисовкам, основное тело оза обнаруживает в продольном разрезе слоистость косую, крупную, непараллельную, изогнутую, вогнутую или выпуклую, однонаправленную; обусловливается она изменением гранулометрического состава слойков. Слойки в сериях сходящиеся (подстилающие), угол их наклона резко различен в разных сериях. В поперечном разрезе оза видны участки с различными типами слоистости: косой (описанного выше характера) и горизонтальной. Иногда слоистость, по-видимому, наклонная, обусловленная облеканием слойками поверхности оза.

По вопросу о происхождении озов существует много различных гипотез. Описанный выше характер слоистой текстуры говорит более всего в пользу

гипотезы о происхождении озов путем отложения осадков в открытых руслах надледниковых потоков. Несомненно, что детальное изучение внутренней слоистости озов позволит решить этот спорный вопрос более уверенно, а может быть, и выделить озы заведомо разного происхождения. Сказанное об озах в еще большей степени относится к образованиям камов, о генезисе которых также нет единого мнения.

Слоистость к а м о в (судя по распространенной зарисовке) преимущественно горизонтальная, местами — косая, разнонаправленная, в верхней части — нарушенная, а у поверхности кама — облекающая. Можно думать, что осадки камов отлагались в небольших ледниковых озерах, а косая слоистость связана с отложениями мелких дельт ручьев, впадающих в озеро. Нарушения слоистости, по-видимому, отвечают стадии исчезновения ледника, когда озерный осадок превращался в холм. Очевидно, текстуры отложений камов, так же как и озов, нуждаются в дальнейших более детальных и более многочисленных наблюдениях.

Текстура оставляемых ледником различных м о р е н — обычно неслоистая и неоднородная. Однако иногда в моренах отмечается слоистость (стратификация), а в песчаных прослоях — и внутренняя слойчатость (по-видимому, обусловленная появлением прослоев флювиогляциальных или озерных осадков). Отмечается также слоеватость морен, образованная ориентированным расположением валунов (длинной осью по направлению движения).

С моренами тесно связаны д р у м л и н ы, частично сложенные слоистыми песками. Изучение их слоистости также может помочь решить вопрос об их возникновении (возможно, они проходили несколько стадий образования).

К ледниковому комплексу относятся также отложения л е д н и к о в ы х о з е р с типичной правильной горизонтальной ленточной слоистостью.

Естественно, что выделение всех этих образований в ископаемых отложениях, так же как и всего комплекса в целом, имеет большое значение для понимания закономерностей осадконакопления в различные эпохи и для суждения об изменении климата. В частности, эти особенности следует иметь в виду при изучении древнейших, докембрийских толщ.

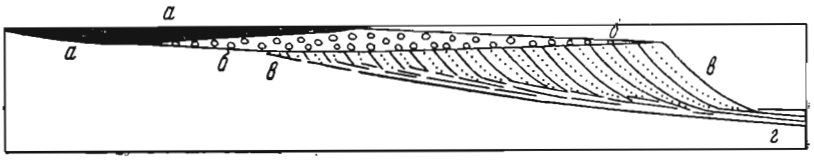
Б. СЛОИСТОСТЬ ПЕРЕХОДНЫХ И МОРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

1. Подводная часть дельты

Существует весьма распространенное мнение о делении дельтовых отложений на три части: верхние, или головные, слои — наиболее грубозернистые, горизонтальные или слабо наклонные; средние, или передовые, слои наклонные; нижние, или донные, слои — тонкозернистые, горизонтальные (фиг. 97). Это общее схематическое представление о напластовании дельтовой толщи обычно переносят на внутреннюю слоистость (слойчатость) дельтовых осадков, причем часто неправильно считают дельтовыми отложениями даже одну небольшую косослоистую серию, заключенную между двумя горизонтальнослоистыми. При этом не учитывают, что в приводимых схематических рисунках «классического» трехчленного деления дельты сильно искажен масштаб: вертикальный во много раз крупнее горизонтального. Если привести их в соотношение 1 : 1, то средние слои получат наклон не более единиц градусов. Затем необходимо помнить о масштабе явления: встречаемая в ископаемых отложениях косослоистая серия мощностью 1—2 *м* не может представлять собой отложения морской дельты, так как мощность последних измеряется десятками и даже сотнями метров, а протяженность изменяется от нескольких километров до десятков и даже сотен километров.

Надо также учитывать, что именно мы имеем в виду: дельтовый комплекс в целом, включающий как надводную, так и подводную части, или только последнюю. Дельтовый комплекс в целом представляет собой сложное чередование отложений многих фаций. Надводная часть дельты включает отложения низовьев речных долин, озер, болот и другие; каждое из этих отложений обладает своей, присущей именно им, слойчатой текстурой.

Подводная часть дельты представляет собой собственно отложения речных выносов в бассейн. Именно для этих отложений ниже дана характеристика присущей им слоистости, которая помогает выделять дельтовые отложения в породах разного возраста.



Фиг. 97. Схематическое изображение текстуры дельтовых отложений большой мощности и протяженности (отражающее лишь общий характер напластования).

Соотношение вертикального и горизонтального масштабов сильно искажено. В природе углы наклона косых слоев измеряются единицами градусов и меньше. Не следует смешивать со слойчатостью внутри одной косослоистой серии.
а — континентальные отложения; *б* — верхние слои дельты; *в* — передовые слои дельты; *г* — донные слои

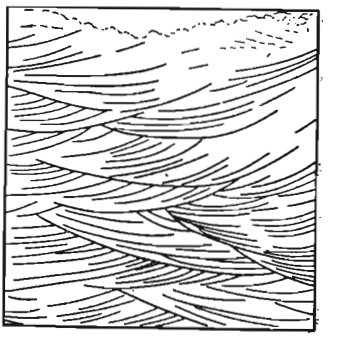
Отложения подводной части дельты формируются в очень сложных гидродинамических условиях, возникающих в море (или другом водном бассейне) близ устьевой части реки. На взморье по инерции продолжается течение речного потока, который растекается, разбиваясь при этом на ряд струй. Кроме того, речное течение периодически то усиливается (например, во время половодья), то ослабевает. Часто при новом усилении его интенсивности отдельные струи резко изменяют направление. На это накладывается сложная гидродинамика моря, в которое впадает река. По мере удаления от ее устья скорость речного течения все более падает и все большее значение приобретают прибрежно-морские волнения и течения. Слоистость осадка формируется под воздействием всех этих сложных движений водной среды. Поэтому в крупном водоеме не может возникнуть то правильное последовательно параллельное наслоение, которое обычно изображают на схемах и которое было получено экспериментально. В лабораторных условиях наклонные слои дельты, параллельные склону дна, образуются небольшим потоком воды, втекающим в спокойный неподвижный маленький водоем, поэтому гидродинамические условия здесь сильно отличаются от природных. В природе правильное наслоение возникает лишь в некоторых небольших озерных дельтах.

Сложные движения водной среды в приустьевой части реки в конечном итоге формируют в дельтовом осадке (чаще — песчаном) косую слоистость, обычно крупную, резко перекрестную, с направлением падения косых слойков в разные стороны. Изменение азимутов их наклона может происходить приблизительно в пределах 180°. Таким образом, формируется сильно смещенная веерообразно-направленная косая слоистость (фиг. 98, 99, 100).

Диаграмма, построенная по замерам азимутов падения косых слойков, имеет форму веера. Этот «веер» иногда бывает как бы «поджат» посередине (см. фиг. 44 и фиг. 99,*Б*); последнее появляется тогда, когда движения морской воды к берегу (приливы, прибой) как бы прижимают к берегу продолжение речного течения и направляют его по обе стороны от устья. Эту особенность дельтовых отложений надо иметь в виду при определении место-

положения области сноса по построенным розам-диаграммам. В этом случае диаграмма дельтовых отложений отличается от веерообразной же диаграммы, построенной для эоловых отложений, у которой, наоборот, чаще вытянута средняя часть, отвечающая основному направлению ветра (см. фиг. 44).

Форма косых слойков в отложениях подводной части дельты прямолинейная или вогнутая. Слойки сходящиеся, реже — параллельные. В ряде случаев было отмечено усложнение формы косых слойков: у основания серии они волнисто изгибаются, очевидно, в результате наложения ряби волнений на косой склон медленно нарастающего донного вала. Форма серийных границ в разрезе вогнутая, реже — прямая.

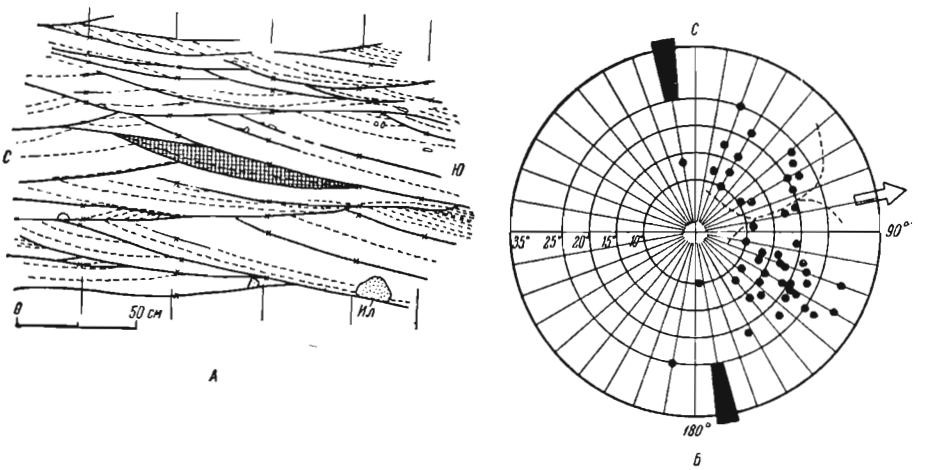


Фиг. 98. Характерная косая слоистость дельтовых третичных отложений (по Р. Шроку, 1950)

Границы слойков и серий не всегда отчетливы. По гранулометрическому составу косослоистые серии несколько более однородны, чем в русловых отложениях. Строение слойков либо однородное, либо в них намечается прямая ритмическая сортировка, причем она выражена слабее, чем в речных отложениях.

Углы наклона слойков и границ их серий разнообразны, они изменяются в пределах от 30° до 0. Иногда отмечается характерное изменение (увеличение) углов наклона косых слойков внутри одной серии и образование пучковидной слоистости (фиг. 101).

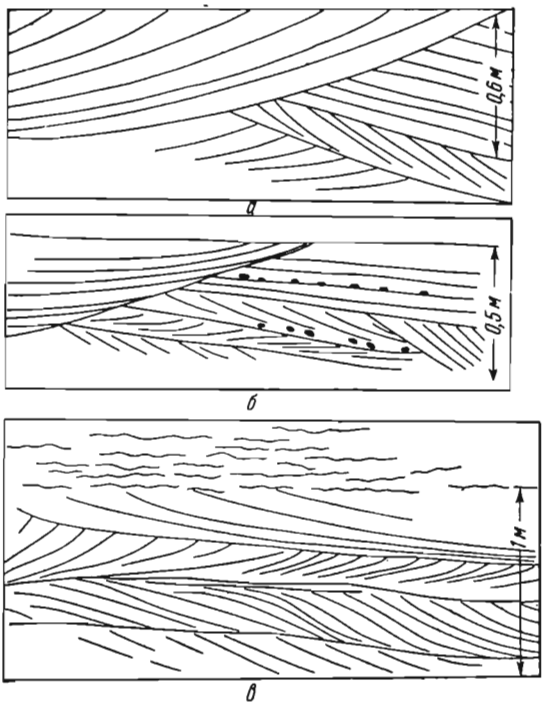
Наряду с крупными косослоистыми сериями мощностью в несколько десятков сантиметров встречаются и мелкие (менее 10 *см*; фиг. 100, *а*). При наличии сильных течений косая слоистость может быть очень крупной, но все же при этом мощность косослоистых серий не превышает нескольких метров (в отличие от эоловых отложений, мощность серий которых может достигать 10 *м* и более).



Фиг. 99. Косая слоистость в третичных дельтовых отложениях Японии (по Канэко Сиро, 1958).

А — зарисовка обнажения с разбивкой его по сетке для замеров. Сплошные линии — границы серий, пунктир — косые слойки. Заштрихована одна косослоистая серия. Крестиками показаны точки замеров; *Б* — полярная диаграмма замеров углов наклона косой слоистости. Видно падение косых слойков в пределах восточных румбов. По классификации, принятой в настоящем руководстве, слоистость веерообразно-направленная

Косая слоистость выявляется некоторым изменением гранулометрического состава слойков и серий. Кроме того, границы слойков и серий часто чем-либо подчеркиваются (например, в угленосных толщах — растительным детритом, в медистых песчаниках — медистыми минералами и т. д.). Для всех дельтовых отложений характерно включение разнообразных галек, также подчеркивающих косую слоистость (фиг. 100, *б*). Часто это бывают слабо окатанные обломки подстилающих слоев или железистые конкреции, вымытые из нижележащих отложений и переотложенные. При этом, в отличие от речных отложений, гальки могут быть встречены в довольно однородном и тонкозернистом материале (так же, как и в отложениях зоны донных морских течений).



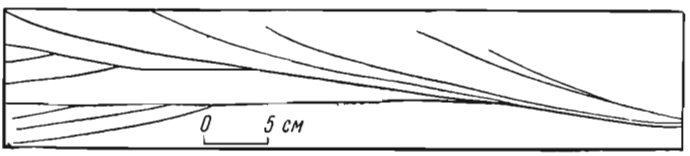
Фиг. 100. Характер косой слоистости в отложениях четвертичной дельты на побережье Балтийского моря.

Видна резкая перекрестность серий (*а* и *б*), иногда — прослои ряби (*в*)

В дельтовой области, в зоне смешивания пресных и соленых морских вод, происходит коагуляция многих коллоидов, и лишь наиболее устойчивые из них продвигаются дальше в море. Оседающие коллоидные частицы, чередуясь с песчаными, также подчеркивают внутреннюю слоистость дельтового осадка.

Отложения подводной дельты (особенно ближе к береговой линии моря) часто ложатся на подстилающие с резким контактом и даже с размывом, но обычно линия размыва бывает более ровная, чем в основании аллювия (фиг. 102,*а*).

Косая слоистость отложений речных выносов отличается от косой слоистости аллювия разнонаправленностью слойков и клиновидностью серий, а от косой слоистости морских отложений — беспорядочным изменением направления слойков в смежных сериях, строением слойков, а в некоторых случаях — подчеркиванием границ слойков растительным детритом.

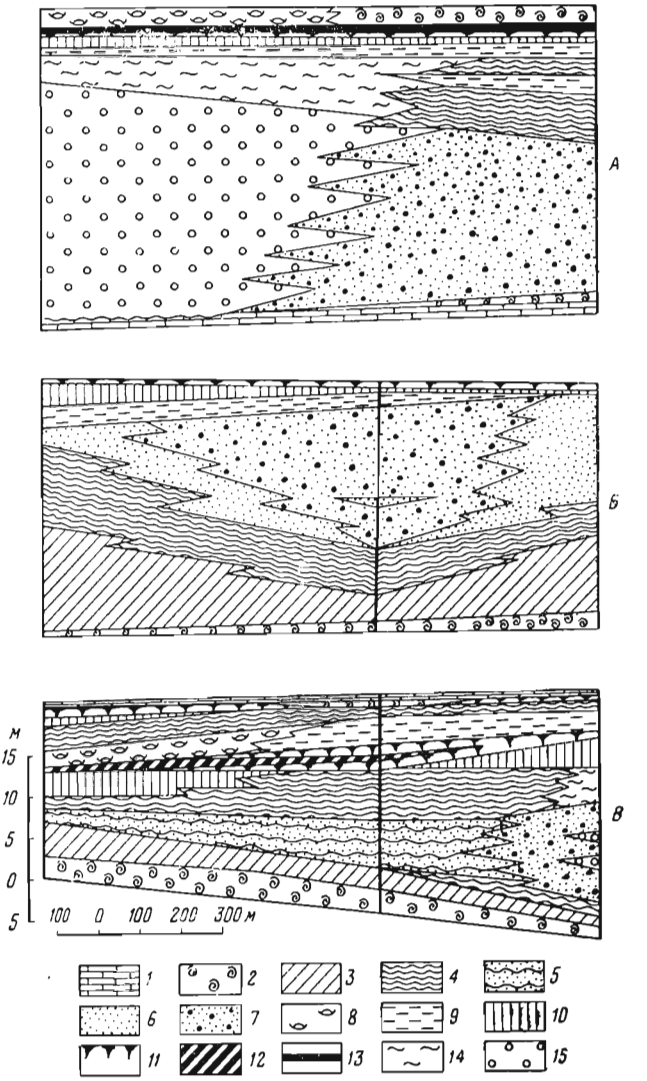


Фиг. 101. Пучковидный характер дельтовой слоистости

В отличие от аллювиальных отложений наиболее грубозернистый материал нередко приурочен не к основанию, а к средней части дельтовой толщи (где косослоистые серии сложены наиболее грубозернистым материалом); однако такая его приуроченность (фиг. 102, *В*), по-видимому, характерна

не для всех дельт, а лишь для тех, которые формируются в определенных палеогеографических и тектонических условиях.

Для отложений подводной части дельты весьма типично то, что наряду с косой слоистостью, являющейся текстурой собственно речных выносов в водоем, в них обычно встречаются прослои с волнистой и косо-волнистой слоистостью ряби, характерной для прибрежно-морских отложений (фиг. 100, *в*). Очевидно, эти прослои возникали тогда, когда речной поток ослабевал или его струи меняли направление, и в данном месте преобладающим гидродинамическим фактором становились движения вод самого бассейна. Иногда же в отложениях подводной части дельты появляются отдельные косослоистые серии с чертами, типичными для речного аллювия, они образуются при продвижении дельты в море и усилении влияния суши. Наличие прослоев иного генезиса, так же как и усиление сходства текстуры речных выносов с аллювиальными или же, наоборот, с морскими, указывает на относительное место, которое занимал изучаемый разрез,— находился ли он ближе или дальше от древней береговой линии. Естественно, что чем ближе к берегу, тем сильнее влияние последнего и тем больше не только текстура, но и структура дельтового осадка приобретает черты, сближающие его с аллювием.



Фиг. 102. Ископаемые дельтовые отложения и их фациальный переход в смежные. Разрезы из угленосной толщи Донецкого бассейна (по Л. Н. Ботвинкиной, 1954 г.).

А — разрез, проходящий поперек древней береговой линии. Виден переход русловых отложений, лежащих с размывом, в дельтовые, нижний контакт которых резкий, но ровный; *Б* — разрез другой линзы дельтовых отложений, вскрыты в направлении вдоль береговой линии; *В* — разрез половины третьей дельтовой линзы (на рисунке справа) в направлении вдоль береговой линии.

1 — известняки; *2* — глинистые морские отложения; *3* — прибрежно-морские алевритовые отложения; *4* — алевритовые отложения лагун с текстурами ряби; *5* — песчано-алевритовые отложения прибрежного мелководья с текстурами ряби; *6* — алеврито-песчаные отложения баров, кос и отмелей; *7* — песчаные отложения подводной части дельты; *8* — глинистые отложения лагун с солоноватоводной фауной; *9* — отложения озер и отшнурованных от моря лагун; *10* — ископаемая подпочва; *11* — ископаемая почва; *12* и *13* — отложения торфяных болот; (*12* — углистый аргиллит, *13* — угольные пласты); *14* — пойменные отложения, преимущественно песчано-алевритовые; *15* — песчаные русловые речные отложения. Вертикальные линии — буровые скважины

Анализ гранулометрического состава осадков и диаграмм, построенных по анализам отложений из разных частей дельты, показывает, что диаграмма собственно речных выносов имеет характерную симметричную форму. С приближением к берегу форма диаграммы становится сходной с диаграммами, характерными для русловых отложений. По мере удаления дельтовых отложений от берега форма диаграммы начинает приближаться к диаграмме, построенной для типичных морских отложений (см. фиг. 49).

Итак мы видим, что при фациальном анализе дельтовых отложений необходимо учитывать не только слойчатость собственно отложений подводной части дельты, но и их стратификацию в целом, а также соотношение их с граничащими отложениями иных фаций. Характер соотношения с подстилающими и покрывающими отложениями, так же как и приуроченность прослоев иного генезиса к той или иной части дельты, указывает на формирование последней при трансгрессивном или регрессивном развитии фаций, т. е. на ее место в общем ходе осадконакопления.

На особенности стратификации дельтовой толщи оказывает влияние не только соотношение моря и суши, но и палеогеографическая обстановка седиментации: климат, колебания уровня моря, особенности области сноса и другие факторы, а также тектонический режим региона (например, стратификация отложения подводных дельт в угленосных толщах карбона Донбасса отличается от стратификации таких же дельт в пермских красноцветах Приуралья). Что же касается слойчатости, то она, наоборот, в общем сходна для дельтовых отложений, формировавшихся в разных обстановках, что и позволяет определять данные отложения в ископаемых толщах как дельтовые; специфические различия дают возможность уточнять особенности обстановки формирования этих дельт.

Выявление отложений подводных частей дельт и отграничение их от других осадков имеет большое практическое значение, так как к дельтовым областям приурочены многие полезные ископаемые (угли, медные руды и др.), исчезающие при переходе дельтовых фаций в фации иного генезиса.

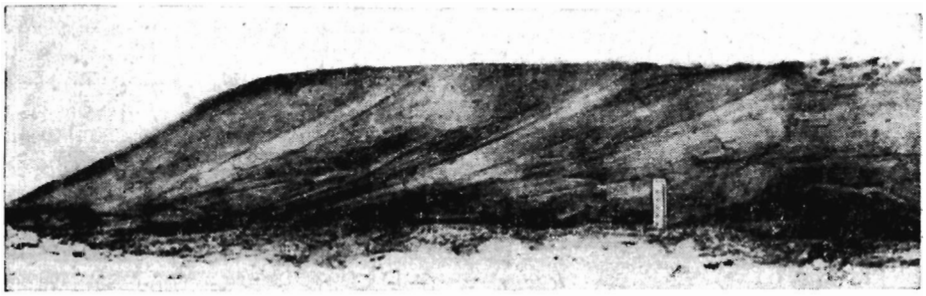
2. Аккумулятивные прибрежные формы: береговые валы, бары, косы, пересыпи

Береговые валы, бары, косы и пересыпи представляют собой аккумулятивные прибрежные образования, сложенные рыхлым материалом, преимущественно песчаным или гравийным, реже галечниковым или ракушняковым, иногда содержащим незначительную примесь более тонкозернистого материала. Эти образования обычно отделяют от открытого моря какой-либо акваторий — бухту, лагуну, залив; однако происхождение их неодинаковое, а поэтому внутренняя текстура их осадков также несколько различна.

Береговые валы и бары образуются в результате подачи рыхлого материала к берегу волнами моря. Следовательно, их косая слоистость может быть либо однонаправленной (с падением к берегу), либо направленной в противоположные стороны: к берегу и от берега, в сторону моря (отмечено, что в последнем случае углы наклона слойков более крутые). При этом обычно одно из направлений преобладает (см. фиг. 44). Косы же наращиваются у какого-либо выступа берега береговым течением там, где его сила ослабевает (перед бухтой, мысом, островом). Следовательно, падение косых слойков будет направлено под углом или даже почти параллельно берегу, хотя могут быть частные довольно значительные отклонения. Пересыпью называют либо косу, причлененную к берегу с двух сторон, либо бар. Все эти формы весьма подвижны и многократно мигрируют в пространстве, то наращиваясь, то уменьшаясь, то приближаясь к берегу, то разрушаясь во время сильных штормов. Поэтому в ископаемом состоянии мы обычно не видим их форму, а обнаруживаем лишь пласт или даже горизонт, являющийся как бы следом их многократного перемещения, в котором сохраняются лишь остат-

ки существовавших некогда баров (или других форм). Специального детального и полного изучения слоистости всех этих образований не проводилось, сведения о ней далеко не полные и поэтому пока еще нельзя перечислить все признаки, присущие этим отложениям. Судя по имеющимся данным, их основные черты следующие.

Для баров характерна косая слоистость, по размеру стоящая на границе крупной и мелкой, обусловленная различием гранулометрического состава слойков и серий, часто неотчетливая. Серии обычно смещенные,



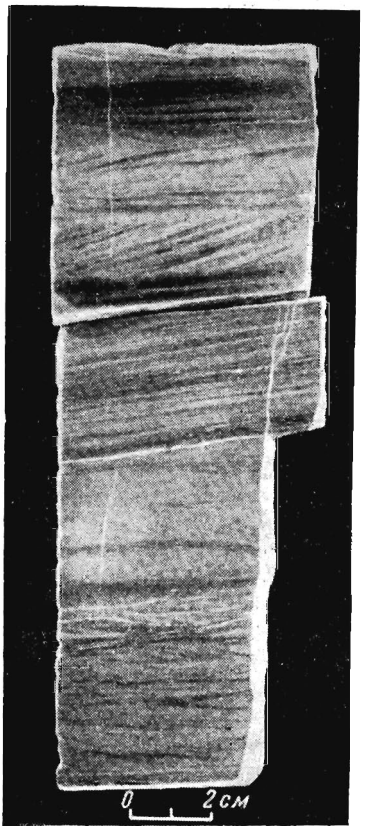
Фиг. 103. Косая слоистость прибрежной косы (по Томпсону, 1937). Видно постепенное увеличение угла наклона косых слойков в серии

форма серийных швов различная — прямая или изогнутая. Падение слойков однонаправленное или же направлено в прямо противоположные стороны. Поэтому диаграммы-розы, построенные для этих отложений, показывают или одно направление, или два прямо противоположных (см. фиг. 44); в последнем случае одно направление будет все же преобладающим, указывающим на направление передвижения бара (от моря к суше). Косые слойки — выполаживающиеся, вогнутые или (реже) прямые, иногда слегка волнистые у основания. Строение их не изучено. Углы наклона слойков изменчивы, чаще колеблются в пределах 20—25°, причем так же, как и для отложений кос (фиг. 103), характерно нарастание углов наклона и образование пучковидной слоистости. Растительные остатки редки, так как материал поступает на бар в основном со стороны моря; зато фауна может быть очень обильной. Сортировка осадка неоднородная.

Отмечено, что расположение и форма баров бывают различными в зависимости от степени солености воды. Опытами установлено, что в пресной воде бар шире, ниже и длиннее, чем в соленой, а наносы его более равномерные. В соленой воде бары высокие и узкие, с крутыми склонами. Отсюда можно предположить, что более пологие углы наклона косых слойков указывают на образование бара при пониженной солености воды. Средняя часть баровых отложений часто бывает сложена наиболее грубозернистым материалом.

Очень характерно, что в баровых отложениях косая слоистость почти всегда чередуется с прослоями иной текстуры: волнисто- и косо-волнистослоистыми, а также с неправильно горизонтальнослоистыми (фиг. 104). В последних прослоях иногда отмечается сортированное строение слойков. По-видимому, те ископаемые отложения, которые считаются баровыми, по существу представляют собой сложный комплекс чередования собственно баровых осадков с лагунными и прибрежно-морскими.

Отложения береговых валов часто представлены единичными крупными косослоистыми сериями, поверхность косых слойков которых иногда усложнена рябью. Слоистость обусловлена чередованием песка разного гранулометрического состава. Иногда снизу на косой склон вала намывается илистый материал подстилающего слоя (очевидно, при откатывании волны от берега). В перпендикулярном срезе берегового вала его слоистость неправильно горизонтальная (фиг. 105).



Фиг. 104. Слоистость баров или пересыпей в мелкозернистом песчанике.

Видно чередование слоистости разных типов: мелкой косой, горизонтальной, мелкой волнистой и косоволнистой. Слоистость подчеркивается примесью алеврито-глинистого материала и растительным детритом. Образец из угленосной толщи Донецкого бассейна

Косы и пересыпи, а также береговые валы, которые наращиваются не путем перемещения донных валов, а выпадением осадка из перекрывающей их воды, имеют иную слоистость — облекающую, параллельную поверхности данной формы (фиг. 106). Поэтому слоистость этих образований внизу (когда они формировались еще целиком под водой) и вверху (когда они лишь временами покрывались водой) может быть различной: внизу — косая, вверху же облекающая, которая в средней части разреза пересыпи будет почти горизонтальной, а по бокам — наклонной (фиг. 107) и направленной в разные стороны (см. фиг. 44). Продольный разрез всех этих форм обнаруживает чаще всего неправильную слоистость, горизонтальную или полого наклонную, с отклонениями, обусловленными изгибами этих форм в плане (в результате чего в одной плоскости наблюдаются разные сечения одной и той же формы; см. фиг. 30).

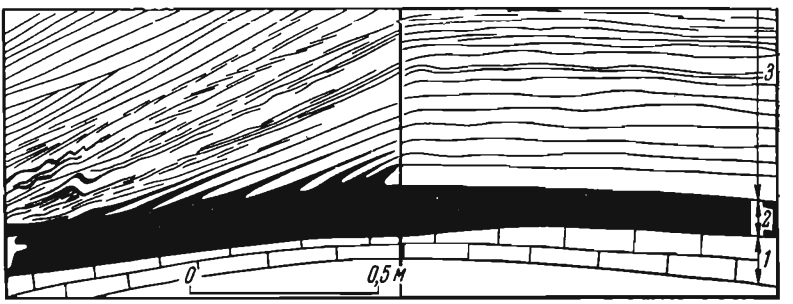
Слоистая текстура верхней части кос и пересыпей слабо выявляется различием гранулометрического, а иногда и минералогического состава; отдельные слойки бывают обогащены полевыми шпатами, тяжелыми или какими-либо другими минералами, окрашены окислами железа. Слоистость представлена перемежающимися горизонтальнослоистыми и клиновидными полого-косослоистыми сериями (углы наклона — несколько градусов). Иногда слоистость бывает попеременно-разнонаправленной, местами нарушенной ложбинами местных мелких размывов. Эта текстура напоминает слоистость пляжевых отложений (см. ниже), что вполне понятно, так как вышедшая из-под уровня моря, но временами заливаемая им плоская поверхность отмелей, пересыпей и кос — по существу своему тоже представляет собой пляж.

Поверхность пересыпей и кос бывает покрыта дюнными песками, образовавшимися в результате перевевания ветром слагающего их песчаного материала. Следовательно, в ископаемом состоянии в этом комплексе отложений можно встретить прослои с типичной эоловой слоистостью.

В общем, по-видимому, можно считать, что текстура отложений баров представляет собой сложный комплекс разных видов слоистости, которая характеризуется прерывистостью, неотчетливостью и неправильностью. В этом комплексе встречаются линзы и быстро выклинивающиеся прослои иного гранулометрического состава и включения почти неокатанных обломков вмещающих пород. Для отложений береговых валов более характерна однонаправленная косая слоистость правильного рисунка. Для верхних частей аккумулятивных форм и особенно для пересыпей типична облекающая слоистость, горизонтальная в средней их части, а по бокам — наклоненная параллельно склону. Однако при этом надо иметь в виду, что для этих форм названия недостаточно четко разграничены, и разные исследователи называют одну и ту же форму и баром, и валом, и пересыпью. Неясность терминологии и недостаточность сведений о литологических признаках этих отло-

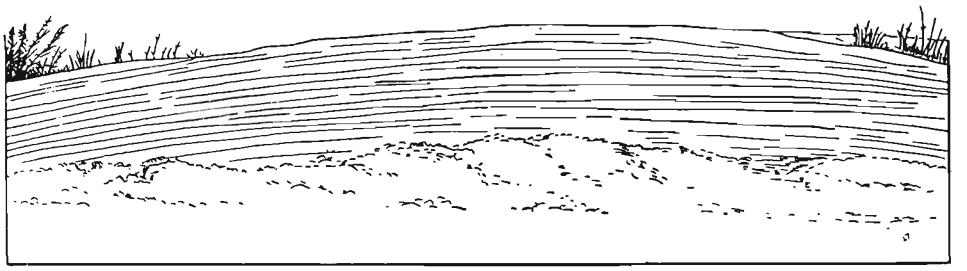
жений, в частности об их слоистости, пока не позволяют их разграничивать при фациальном анализе. Кроме того, эти мигрирующие формы часто переходят одна в другую как на площади, так и во времени. Поэтому мы и объединяем их в одну фацию аккумулятивных прибрежных образований, которые в ископаемых отложениях образуют своеобразные пласты со сложной текстурой.

Изучение деталей текстур современных отложений кос, пересыпей, береговых валов и баров, а также зависимости этих текстур от механизма их образования позволит определять их более точно и в ископаемых отложениях (может быть, разбить их на группы, которые, судя по текстурам, пока только намечаются). Отложения этих аккумулятивных форм на площади часто переходят в дельтовые или же причленяются к континентальным. Граничат они с одной стороны с отложениями лагун и заливов, а с другой — с типичными прибрежно-морскими отложениями. Разграничение всех этих отложений в ископаемых толщах существенно для палеогеографических построений.

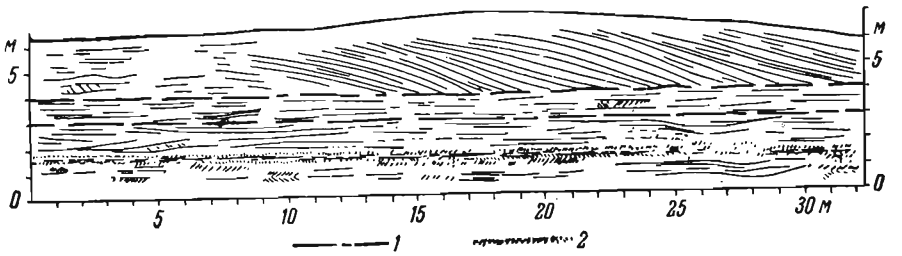


Фиг. 105. Слоистость песчаного берегового вала (четвертичные отложения). Местами, особенно внизу, косые слойки усложнены рябью.

1 — известняк; *2* — глина темная; *3* — мелкозернистый хорошо отсортированный песок. Зарисовка в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях



Фиг. 106. Слоистость берегового вала в поперечном разрезе. Правый берег устья р. Гауи (По Ульсту, 1957)



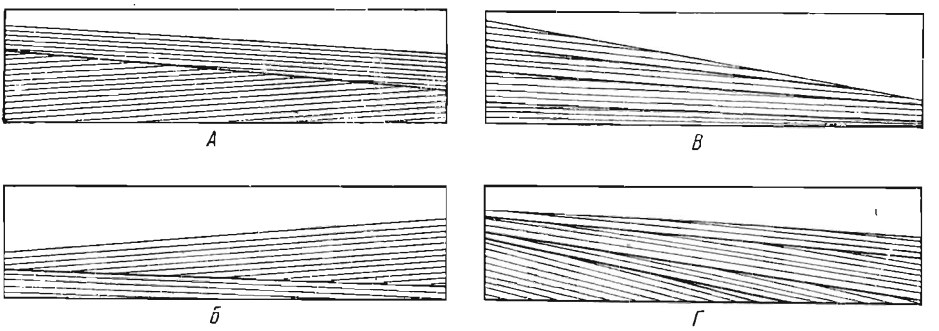
Фиг. 107. Слоистость подводной части литориновой пересыпи (внизу) и вала (по Ульсту, 1957).

1 — растительный детрит; *2* — скопления створок раковин

3. Отложения побережья

Пляжи[1], *отмели*

Текстура песчаных пляжевых отложений изучена довольно хорошо. Для них (особенно для отложений переднего пляжа) характерна косая слоистость с очень пологими углами наклона, редко превышающими 15° (на переднем пляже — до 5°, на заднем пляже — 10—15°). Размер косослоистых серий различен, встречаются крупные и мелкие (реже). Границы серий смещенные, форма их чаще прямая; иногда они падают в разные стороны, но



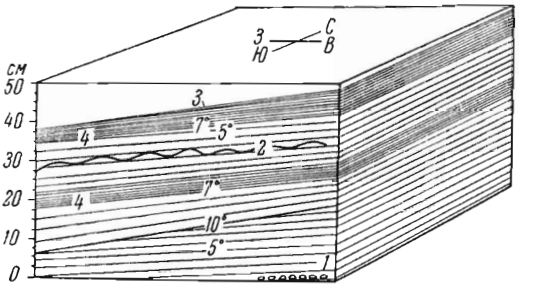
Фиг. 108. Типы косой слоистости бйчей (по Томпсону, 1937). Для каждого рисунка море справа. *А* — *Г* — см. объяснение в тексте

всегда под небольшим углом. Характерно, что направление падения слойков в смежных сериях может изменяться на противоположное (фиг. 108, *А*, *Б*): среди серий слойков, наклоненных в сторону моря, встречаются серии, слойки которых наклонены в сторону суши, что ссобенно характерно для заднего пляжа (следовательно, делать выводы о вероятном положении суши и моря по наклону слойков в пляжевых отложениях нужно очень осторожно). Слойки в сериях параллельные или клиновидно сходящиеся. Отмечается изменение углов наклона как внутри одной серии, так и от серии к серии (фиг. 108, *В*, *Г*), образуется пучковидная слоистость. Форма слойков обычно прямолинейная. Мощность слойков — от долей миллиметра до 2—3 *см*, чаще равна нескольким миллиметрам. Слойки имеют однородное или двучленное строение. Распределение их в серии равномерное, но иногда может быть и пачечное. Для пляжевых отложений характерна однородность и хорошая сортировка осадка: до 90% в пределах двух смежных фракций (мелкозернистый и среднезернистый пёсок). В самой нижней части пляжа, в зоне, переходной к прибрежной зоне волнений, сортировка осадка ухудшается, иногда в нем содержится примесь гальки и ракушки, а поверхность пляжа покрывается рябью.

Слоистость подчеркивается примесью темноцветных минералов: роговой обманки, магнетита и др. При увеличении количества последних образуется чередование более толстых (1—2 *см*) светлых и более тонких (0,1—0,2 *см*) темных слойков. Еще большее скопление тяжелых минералов приводит к образованию промышленных концентраций (пляжевые россыпи титана, магнетита и др.). При отсутствии темных слойков слоистость выявляется незначительным изменением размера зерен и в этом случае видна неотчетливо. Описанная косая слоистость видна в разрезе пляжевых отложений, поперечном к береговой линии. В разрезе же вдоль береговой линии она чаще кажется горизонтальной, параллельной (фиг. 109). Иногда она кажется переходящий в наклонную за счет изгиба контура пляжа.

[1] Под пляжем (или бйчем) понимается зона побережья от отметки наиболее низкой воды до отметки наиболее высокого действия волн. Передний пляж покрывается водой систематически, а задний — лишь при наиболее сильных штормах.

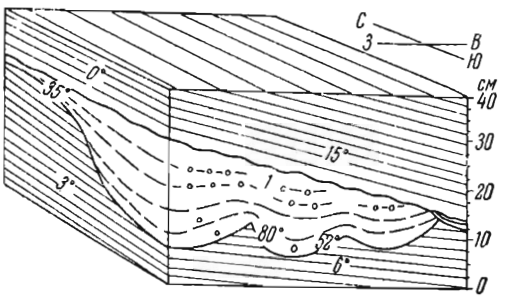
Слоистость пляжей, очевидно, представляет собой не типичную косую слоистость, формируемую волочением донных валов, а скорее наклонную, образуемую выпадением взвешенного осадка при потере скорости приливной волны, сбегающей обратно к морю. Каждый слоек — это отложение весьма кратковременное, но так как более сильные волны уносят и могут полностью уничтожить значительную часть осадка, образовавшегося ранее, в ископаемое состояние переходит лишь небольшая часть пляжевых отложений.



Фиг. 109. Косая слоистость отложений верхнего переднего пляжа. Калифорния. Океан слева (по Мак-Ки, 1953).

1 — гравий; *2* — слойки с рябью; *3* — поверхность пляжа; *4* — черный песок

Текстура отложений задних пляжей имеет некоторые специфические отличия: углы падения слойков в них несколько круче, и они чаще бывают направлены в сторону суши; появляется примесь гальки; часты желоба размыва и следы мелких русел протоков, причем параллельных побережью (фиг. 110). Границы серий могут иметь неправильную форму. В отложениях заднего пляжа нередко встречаются включения комков слоистого песка, переотложенного из близлежащих слоев (в ископаемом состоянии они могут образовать участки и линзы внутриформационных конгломератов), а также скопления крупных раковин и древесного угля. Здесь же встречаются и прослои глин. Слоистость подчеркивают также скопления раковин. Состав пляжевых осадков и их сортировка зависят в большей или меньшей степени от окружающих пляж коренных пород.



Фиг. 110. Слоистость в отложениях заднего пляжа лагуны. Калифорния, бухта Кристалл, океан слева (по Мак Ки, 1953).

1 — гравий

Для пляжевых отложений, в отличие от баровых, не характерно присутствие среди косослоистых отложений прослоев с другой текстурой.

Правильный рисунок слоистости осадков пляжей, особенно расположенных на побережье бухт, лагун и заливов, часто нарушается «воздушными карманами». Когда вода заливает поверхность пляжа, в песке остается воздух («воздушный карман»), который под давлением воды стремится выйти и прорывается вверх, нарушая слоистую текстуру осадка[1] (см. фиг. 58). Эти нарушения обычно невелики (не более 20 *см*) и всегда направлены вертикально вверх (что отличает их от оползневых, ось которых обычно наклонена). Наиболее сильной деформации подвергаются слойки близ верхней части нарушения. Иногда пустота, образовавшаяся после прорыва пузырька воздуха, сверху заполняется песком. Такие деформированные участки вновь перекрываются ненарушенными слойками. Нарушения подобного типа могут быть встречены одновременно с трещинами усыхания и знаками ряби.

[1] Это явление подтверждено лабораторными опытами.

Для пляжей открытых морских побережий текстуры нарушения слоистости воздушными карманами менее характерны.

Все сказанное выше относится к песчаным пляжам. В отложениях галечных и песчано-галечных пляжей слоистость еще совершенно не изучена, но, очевидно, она может быть и иной, в частности, по-видимому, для нее будут характерны бóльшие углы наклона слойков. На приливно-отливных илистых побережьях (ваттах) образуются специфические текстуры, которые будут описаны ниже.

Пляжевые отложения могут перекрываться эоловыми (особеннно при отступании моря и регрессивной смене фаций). В пространстве пляжевые отложения часто граничат с лагунными и поэтому в геологических разрезах они также могут быть встречены совместно. При трансгрессии моря пляжевые отложения перекрываются лагунными или прибрежно-морскими. Следовательно, отложения пляжей могут перейти в ископаемое состояние и при регрессии, и при трансгрессии, причем в обоих случаях они будут находиться на границе морских и континентальных отложений. Однако надо иметь в виду, что осадки морских отмелей и низких песчаных островов, периодически заливаемых водой, также могут обладать слоистостью, типичной для пляжей, но эти осадки со всех сторон граничат с морскими отложениями и поэтому в ископаемом состоянии также будут залегать между ними, а не граничить с континентальными.

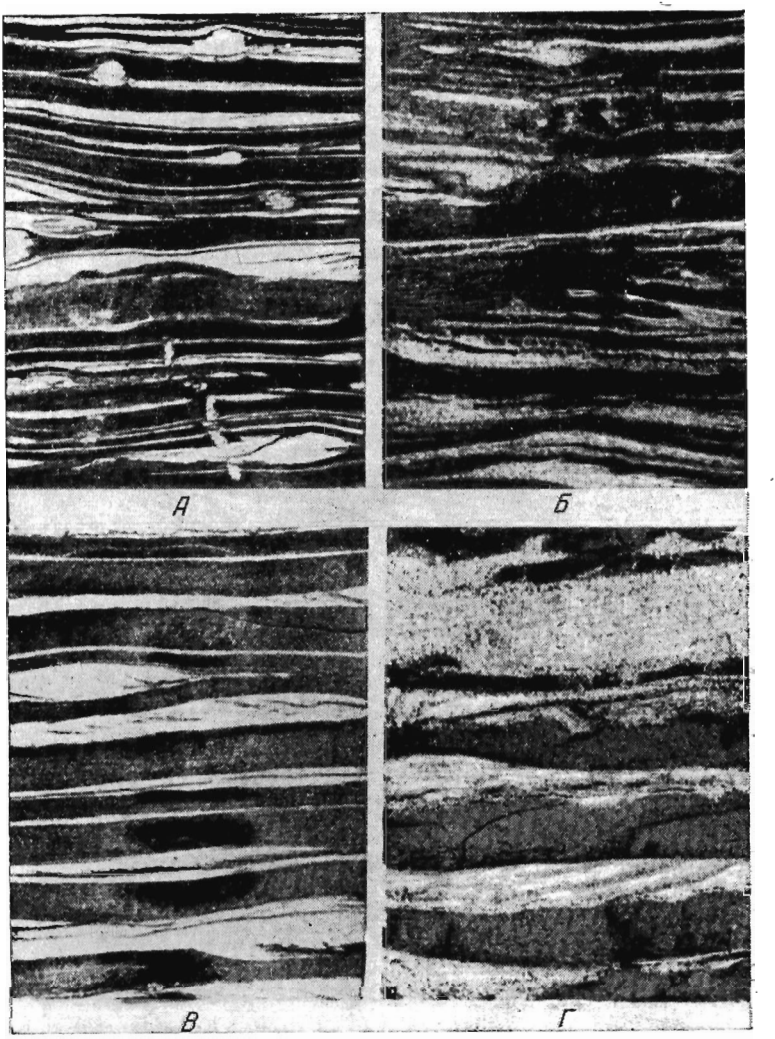
С отложениями пляжей связаны россыпи, имеющие промышленное значение. Поэтому изучение текстур пляжевых отложений и выделение последних в осадочных толщах имеет большое значение как для выявления закономерностей распределения полезных ископаемых, так и для направления поисковых работ.

Ватты

Ватт — низменный илистый морской берег, обнажающийся во время отлива и покрываемый водой при приливе, причем береговая линия иногда перемещается на 10—20 *км* и ватты покрываются слоем воды до нескольких метров. Пространства, занимаемые ваттами, достигают десятков и даже сотен километров. Осадочный материал поступает на них как непосредственно со дна моря, так и с активно размываемых берегов. Поэтому состав ваттовых отложений в зависимости от областей питания может быть несколько различным.

Отложения современных ваттовых побережий хорошо изучены во многих местах рядом исследователей, поэтому представление о присущих им текстурах достаточно полное. Осадок приносится на ватты приливной водой и оседает в результате уменьшения скорости течения. Обычно приливное течение, более сильное, отлагает более грузобернистый материал, а отливное — более тонкие осадки. Это создает характерное для ватт довольно равномерное чередование материала разного состава (фиг. 111) (обычно песчано-алевритового и алеврито-глинистого). Песок и глина участвуют в слоистой текстуре в разных соотношениях. Установлено, что вблизи верхней линии прилива обычно преобладает глина, вблизи нижней — песок, а посредине оба эти компонента присутствуют в более или менее одинаковых количествах. Однако иногда бывает наоборот: пески преобладают у верхней линии прилива. Очевидно, соотношение компонентов осадка зависит от суммы действующих факторов, но можно считать, что более резкое различие гранулометрического состава смежных слойков будет у нижней линии отлива.

В ряде случаев новый приливный слоек ложится с некоторым небольшим размывом на подстилающий осадок. Иногда же более сильный размыв уничтожает ряд уже отложенных слойков и, таким образом, здесь, как и вообще на пляжах, в ископаемое состояние переходят далеко не все отложения ваттов.



Фиг. 111. Сопоставление отложений современных ваттов (справа) и толщ переслаивания алевролитов в угленосных отложениях (слева) (по Поттеру и Глассу, 1958).

А, В — каменноугольные отложения США; *Б, Г* — осадки на ваттовом побережье Нидерландов (по Ван-Страатену, 1951)

Слабая сила течения и волновые движения воды формируют на поверхности осадка рябь, а внутри осадка — волнистую, косо-волнистую и полого-волнистую слоистость, часто неправильной формы, прерывистую и невыдержанную. По масштабу слоистость обычно мелкая (и даже очень мелкая), мощность серий колеблется от долей сантиметра до 10—20 *см*, но чаще не более 10 *см*. Мощность слойков от долей миллиметра до 1—2 *см*, чаще — несколько миллиметров. Иногда при более сильных приливах (в частности, усиленных ветром) образуются единичные слойки значительно толще обычных (до нескольких сантиметров). Слоистость мульдообразная, перекрестная, вогнутая, часто пологая. Индексы ряби — 5—7(?). Слойки вогнутые, реже — вогнуто-выпуклые, параллельные или сходящиеся. Строение их однородное, распределение внутри серии — различное (равномерное и неравномерное). Сортировка материала в слойках довольно хорошая. Слоистость выявляется примесью по плоскостям наслоения осадка иного состава

(гранулометрического и минералогического), причем глинистые частицы подчеркивают слоистость песчаных осадков, а песчано-алевритовые — слоистость глинистых осадков.

Для ваттовых отложений характерна сложная слоистость, при которой каждый прослой более грубого или более тонкого состава представляет собой, по существу, серию тонких слойков. Границы серий, составляющих прослои разного состава, обычно полого-волнисты, иногда почти горизонтальны. Внутри более тонкозернистых прослоев наблюдается такая же полого-волнистая слоистость, а внутри более грубозернистых прослоев она может быть косо-волнистой, волнистой или неправильно горизонтальной. Среди этого сложного комплекса разных видов и разновидностей преимущественно волнистой слоистости встречаются прослои, обладающие косой, наклонной и облекающей слоистостью, образующейся в желобах стока (прилях). В результате перемещения последних отдельные наклонные серии налегают друг на друга и перекрещиваются (фиг. 112).

Фиг. 112. Сложная слоистость, образующаяся в результате налегания слоистости в отложениях желобов стока (поперечное сечение) при их перемещении по ваттовому побережью

В отложениях современных ваттов встречаются прослои, обогащенные ракушкой, прослои торфянистого детрита, размельченные остатки морской травы и многочисленные ходы илоедов, червей и моллюсков, а также прослои с мелкими катунами ила или глины. В желобах стока иногда на дне образуются скопления ракуши или морской травы. В ископаемых ваттах также встречаются растительные остатки и фауна. Волнистая слоистость ваттовых отложений часто нарушается роющими и ползающими животными и илоедами. Однако, несмотря на их обилие, они все же не уничтожают слоистую текстуру осадка, очевидно, вследствие его быстрого накопления и частого переотложения. В ископаемых отложениях ваттов следы животных в виде норок и ходов также пересекают слоистый осадок. Кроме того, в ваттах часто встречаются нарушения слоистости оползаниями разного масштаба и обрушения по краям желобов стока. В результате соскальзывания довольно больших глыб уже несколько уплотненных осадков в породе могут быть обнаружены участки с волнистой слоистостью того же вида, но расположенной наклонно или даже вертикально. Это особенно следует иметь в виду при работе с керном, чтобы не принять такое расположение слойков в ископаемых отложениях за указание на их тектоническую деформацию. Изменяется наклон слойков также и при оползаниях, особенно более крупных.

Ватты несколько различаются как по составу осадков (песчаные, илистые), так и по их положению относительно береговой линии. Выделяются области штормовых приливов, высокой воды, нормальных приливов в илистых ваттах, на открытых и закрытых побережьях, на островах и т. д. Осадки каждой из этих областей имеют некоторые особенности.

В области штормовых приливов отмечается слоистая текстура осадков, такая же, как и в типичных ваттах, но мощность слойков здесь больше (0,5—1 *см*), а границы их — нерезкие и часто прерывистые. Иногда образуется наклонная слоистость, встречаются нарушения слоистости корнями растений и остатки последних. Иногда же осадок обогащается раковинами или даже содержит их прослои небольшой мощности (обычно не более 10 *см*), причем в них объединяются остатки разнообразных животных из всех зон ваттов. Очевидно, в ископаемом виде этим прослоям соответствуют невы-

держанные прослои и линзы ракушнякового известняка. В области линии высокой воды образуется чередование тонких глинистых слойков (мощностью 1—3 *мм*) с очень тонкими слойками песков или алевритов (около 1 *мм* и меньше). Текстура осадков в области нормальных приливов в илистых ваттах описана выше как наиболее типичная.

В ваттах открытого побережья слоистость отличается от типичной: мощность слоевых элементов увеличивается, в осадке преобладает песчаный материал, а слоистость подчеркивается изменением размера зерен осадка. Имеются глинистые прослои и тонкие линзы, возникающие в результате осаждения тонкой взвеси из воды, задерживающейся после ее спада во впадинах. Эти прослои могут быть разрушены (водой или при высыхании) частично или даже полностью и переотложены в виде пластинок или плоских глинистых галек. Открытые ватты содержат меньшее количество следов жизнедеятельности животных, чем защищенные ватты.

Сопоставление текстур осадков современных ваттов с текстурами некоторых ископаемых пород (в частности, в угленосных толщах) обнаруживает их весьма большое сходство (см. фиг. 111) с той разницей, что ископаемые отложения имеют более тонкие слойки и серии слойков и более резкие их границы (очевидно, вследствие уплотнения осадка при переходе в породу).

Валики ряби на поверхности приливно-отливных отмелей имеют довольно устойчивую ориентировку, параллельную берегу, и изгибаются в соответствии с изгибом береговой линии (это, очевидно, надо учитывать при палеогеографических построениях). Крутые склоны ряби в песчаном осадке обычно направлены от моря к суше (рябь прилива). В отложениях ватт отмечались «крупные ряби», но это, очевидно, скорее дюны, образованные ветром. Пески приливных отмелей обычно мельче, чем пески окружающих их пляжей, эстуариев и кос. При усилении изрезанности береговой линии, при появлении бухт, заливов и лагун действие приливов ослабевает, и приливно-отливное побережье переходит в побережье иного характера, в частности в пляжевое.

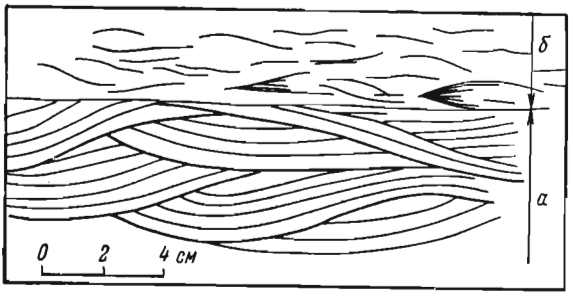
В осадочных толщах ваттовые отложения могут переслаиваться с прибрежно-морскими. При регрессивном развитии фаций они могут перекрываться континентальными, в том числе отложениями приморских болот и торфяников.

4. Прибрежное мелководье — зона волнений и слабых течений

Текстуры современных осадков, формируемых на взморье ниже уровня воды, изучены гораздо слабее, чем отложения побережья. Но все же имеющийся фактический материал и знание гидродинамических особенностей вод этой зоны позволяет дать характеристику текстур достаточно уверенно (осадки, формируемые донными течениями, будут охарактеризованы отдельно).

В прибрежных отложениях мелководья сохраняются многие черты текстур приливно-отливной зоны: чередование слойков разного гранулометрического состава, волнистая слоистость (как результат ряби волнений и слабых течений), наличие морской фауны, небольшое содержание растительного детрита и др. Характерной слоистостью является волнистая — симметричная и несимметричная, часто косо-волнистая — мелкая или (реже) крупная (в зависимости от величины волн). Мощность серий большей частью равна нескольким сантиметрам, но иногда достигает 10—20 *см*, редко больше, при этом в каждом слое мощность серий довольно постоянна. Иногда встречается очень мелкая слоистость.

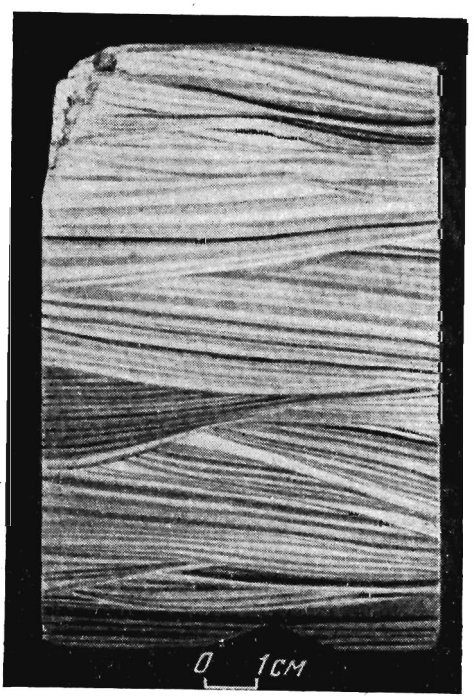
Для волнистой слоистости прибрежно-морских отложений характерна мульдообразная форма серий, вогнутость их границ, их смещенность и перекрестность слойков в смежных сериях (фиг. 113, 114). Слойки вогнутые



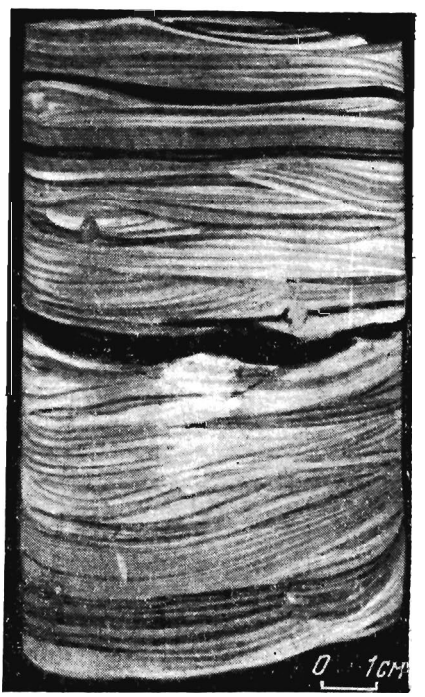
Фиг. 113. Деталь слоистости в прибрежно-морских песках (четвертичные отложения, берег Азовского моря).

а — песок тонкозернистый, с правильной волнистой мульдообразной слоистостью; *б* — песок тонкозернистый, глинистый, с неправильной прерывистой более мелкой пологоволнистой слоистостью, переходящей в неправильно-горизонтальную

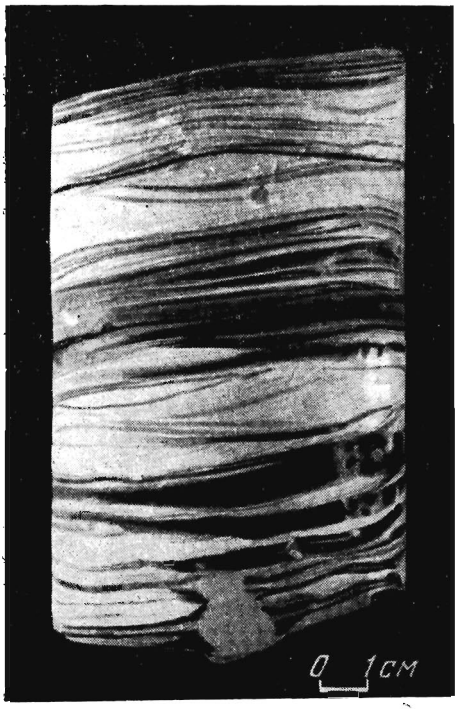
или же вогнуто-выпуклые, внутри серии они обычно параллельны друг другу или сходятся, подстилая один другого. Индексы ряби различные: от 2—5 до 10—20 и более. Строение слойков однородное, распределение в серии довольно равномерное. Окатанность зерен плохая. Мощности слойков невелики: 1—2 *мм* и менее. Слоистость выявляется сменой материала или же глинистым налетом, присыпкой слюды, реже — скоплением растительного или раковинного детрита на поверхности слойков. Кроме волнистой и косо-волнистой слоистости, встречаются прослои пологоволнистослоистые и горизонтальнослоистые (в том числе — неправильно горизонтальные). Для этой зоны также специфичны сложные типы многостепенной слоистости (см. табл. IX): полого-волнистая с мульдообразной (фиг. 115), полого-волнистая с косо-волнистой (фиг. 116) и линзовидно-вол-



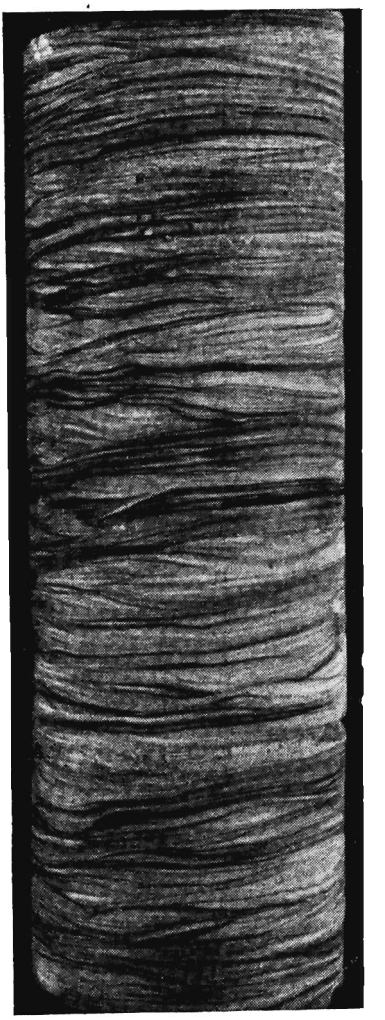
Фиг. 114. Волнистая перекрестная мульдообразная слоистость в крупнозернистом алевролите, обусловленная тонкими слойками мелкоалевритового и глинистого материала. В керне видны только части серий. Зона волнений прибрежной части моря. Средний карбон Донецкого бассейна



Фиг. 115. Сложная волнистая слоистость (полого-волнистая с мульдообразной) в отложениях зоны волнений. Угленосная толща Донецкого бассейна



Фиг. 116. Сложная волнистая слоистость (полого-волнистая с косо-волнистой) в отложениях зоны волнений. Угленосная толща Донецкого бассейна



Фиг. 117. Полого-волнистая слоистость, чередующаяся с косо-волнистой в отложениях лагунного мелководья.

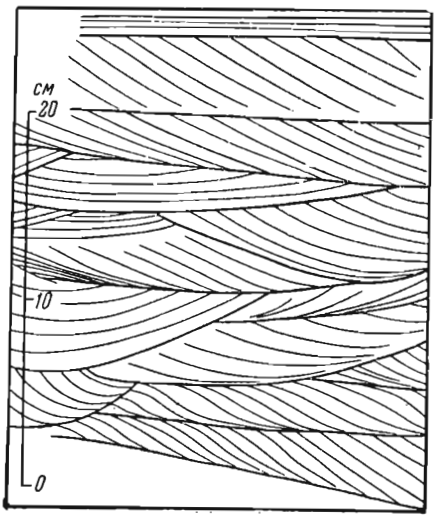
Видна неотчетливость границ серий, невыдержанность более тонкозернистых прослоев, общий неправильный, как бы «растрепанный» рисунок слоистости. Угленосная толща Донецкого бассейна

нистая. Эти сложные типы присущи толщам переслаивания более светлых, песчано-алевритовых прослоев с более темными, алеврито-глинистыми. Границы прослоев обычно полого-волнисты, причем при сближенном их положении образуется линзовидная текстура. Эти прослои, в свою очередь, имеют внутреннюю слойчатую текстуру: тонкозернистые — пологоволнистую, более крупнозернистые — волнистую или косо-волнистую, представленную одной или несколькими налегающими друг на друга мелкими сериями. В этой сложной слоистости прослои соответствуют сериям слойков, причем более грубозернистые часто представлены группами серий. Мощность чередующихся прослоев различна: в одном случае 1—2 *мм*, в другом 1—2 *см*, в третьем 10—20 *см* и более (очевидно, она зависит от разной интенсивности волновых движений, формировавших текстуру осадка). В более однородных по структуре песчаных или алевритовых осадках слоистость тоже более однородная, чаще — волнистая, мульдообразная (см. фиг. 114).

Для прибрежно-морских отложений в целом, формирующихся в зоне волнений и слабых течений, характерен весь комплекс перечисленных типов слоистости, которые встречаются совместно, часто чередуются в разрезе и переходят один в другой на площади.

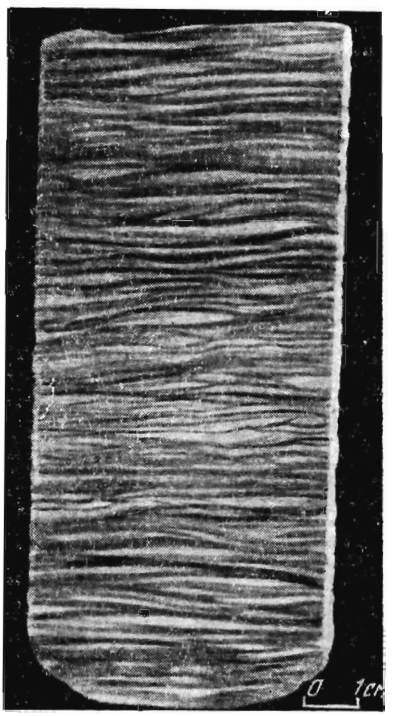
Сортировка осадка в слойках и четкость самих слойков в прибрежных осадках открытого морского мелководья лучше, чем в прибрежной части

заливов и лагун. Это объясняется тем, что в акваториях, более или менее изолированных от морского бассейна, слабее ощущается сортирующее влияние движений морской воды, но зато сильнее проявляются волнения и взмучивания осадка под воздействием ветра. Поэтому в лагунных отложениях слоистость в толщах переслаивания алевролитов обычно прерывистая, имеет как бы «растрепанный» рисунок (фиг. 117) и вообще менее пра-



Фиг. 118. Мелкая косая и косо-волнистая слоистость в прибрежно-морских четвертичных отложениях около р. Маныч.

Единичные серии имеют S-образную форму слойков. Точная копия с обнажения с последующим уменьшением



Фиг. 119. Правильная полого-волнистая слоистость; в результате смещения волн образуются линзовидные прослои.

Морские отложения зоны волнений, но в части более удаленной от берега. Свита C_2^6 Донецкого бассейна

Фиг. 120. Прибрежно-морские отложения.

Основная часть образца — слоистость полого-волнистая, с мелкой косо-волнистой, нарушенная ходами и норками донных животных. Верхняя часть образца — слоистость тонкая, правильная, горизонтальная. Фото П. П. Тимофеева

вильна и менее отчетлива по сравнению со слоистостью морских отложений. Разные направления срезов иногда обнаруживают несколько различный рисунок слоистости: волнистая асимметричная мульдообразная слоистость в одном срезе в другом выглядит косо-волнистой, а иногда и смещенной изогнутой косой (фиг. 118).

Характерно, что волнистая симметричная слоистость не встречается на больших глубинах (превышающих 200 *м*) и, таким образом, ее наличие является довольно хорошим показателем относительной глубины бассейна. Крупная волнистая слоистость свидетельствует об осадконакоплении в некотором удалении от берега и о достаточной глубине бассейна, при которой могли возникать крупные волны. По направлению к берегу размер волнисто-слоистых серий в осадке уменьшается и они становятся положе, так как на мелководье величина волн уменьшается. Однако в сторону моря, с увеличением глубины, размер волнистой слоистости осадка также становится меньше (фиг. 119), а волны положе в связи с затуханием крупных волн на глубине и резким уменьшением амплитуды их колебания.

В отложениях зоны волнений встречается фауна, причем особенно характерны формы с толстостенными раковинами и зарывающиеся, приспособившиеся к большой подвижности водной среды. Иногда встречаются скопления переотложенных раковин, подчеркивающих слоистость. Эти раковины могут быть встречены в слойках, сложенных довольно грубозернистым песком и даже гравием.

Рисунок слоистости часто нарушается взмучиванием, мелкими оползаниями, а также ходами и норками донных животных (фиг. 116, 120). Обычно большее их количество отмечается в более тонкозернистых породах и особенно — при переслаивании пород разного состава. Иногда слоистость нарушается растрескиванием (трещины усыхания бывают видны на поверхности слойков), что свидетельствует о крайней мелководности отложений и о их временном осушении. Возможно, их появление иногда отмечает переход прибрежного мелководья в приливно-отливную зону побережья.

Описанная волнистослоистая текстура была встречена не только в прибрежно-морских кластогенных породах, но и в известняках; это указывает на независимость текстуры от состава осадка, формирующегося в одной и той же зоне, и подтверждает возможность использовать слоистость как один из показателей обстановки седиментации.

В геологических разрезах отложения зоны волнений прибрежного мелководья могут содержать прослои с косой слоистостью, типичной для донных морских течений (см. фиг. 118) или же для береговых валов и баров, а также горизонтальнослоистые отложения лагун. Иногда в этой толще встречаются правильные горизонтальнослоистые прослои пачечного строения (фиг. 120).

Прибрежная мелководная зона волнений и слабых течений расположена между сушей и открытым морем, поэтому ее отложения в разрезах могут граничить с континентальными и с морскими, причем последовательность наслоения будет определяться регрессивным или трансгрессивным характером смены фаций.

5. Области спокойной прибрежной седиментации (лагуны, мелкие заливы)

Лагуны представляют собой отшнурованные участки моря с ненормальной соленостью: опресненные, если в них впадают реки, в гумидном климате, и осолоненные, если притока пресных вод нет, а климат аридный. Кроме того, могут быть лагуны рифовые, зарастающие и др. Состав осадков различных лагун резко различается, но общим для всех них является наличие спокойных условий седиментации, почти не нарушаемых течением и даже волнениями. Основные факторы, перераспределяющие донный осадок в лагу-

нах,— это рябь на мелководье, возникающая от действия ветра, и течения в протоках, соединяющих лагуну с морем.

Для зоны волновой ряби, особенно развитой в прибрежной части лагун, характерны волнистослоистые текстуры осадка, сходные с текстурами, описанными в предыдущем разделе. Здесь преобладает мелкая волнистая (чаще асимметричная) и косо-волнистая слоистость, обычно пологая, неправильная, прерывистая, разной степени отчетливости и зачастую обладающая как бы «растрепанным» рисунком (см. фиг. 117). Среди этих типов слоистости отмечаются прослои с горизонтальнослоистой и мелкой линзовидной текстурой. Слоистость нарушается частыми текстурами взмучивания и оползания, а также ходами донных животных. Для лагунных пляжей типичны нарушения слоистости воздушными карманами. Слоистая текстура выявляется чередованием более крупнозернистого и более тонкозернистого осадка. Встречаются растительные остатки и редкая фауна.

В осадках протоков, соединяющих лагуну с морем, очевидно, образуется косослоистая текстура, но она еще не описана, и пока не известно, есть ли признаки, позволяющие отличить ее от текстур, образуемых донными течениями в открытом море.

Наиболее типичной для собственно лагунных отложений следует считать горизонтальнослоистую текстуру тонких илов (терригенных или хемогенных). В опресненных лагунах слоистость подчеркивается послойным распределением органического вещества; иногда слоистость не выражена, и отмечается только слоеватость, обусловленная параллельной ориентировкой глинистых частиц и проявляющаяся в плитчатом расколе породы. Часто текстура подчеркивается послойным расположением конкреций, растительных остатков или фауны. Солоноватоводная фауна встречается в осадках опресненных лагун в значительном количестве. При появлении в глинистом осадке алевритового материала слоистость часто становится полого-волнистой или линзовидной.

В осадках осолоняющихся лагун (в аридном климате) слоистость горизонтальная, она часто зависит от сезонных изменений и химической дифференциации, определяющей последовательность выпадения солей. В них также могут присутствовать прослои, обогащенные органическим веществом и обладающие очень тонкой, листоватой слоистостью. Кластогенным лагунным отложениям аридных областей, по-видимому, присуще образование мелких ритмов (см. раздел V).

В рифовых лагунах, возникающих внутри аттолов или между рифом и берегом, образуются слоистые известковистые осадки.

Слоистость лагунных отложений мало отличается от слоистости морских. Различие их выявляется худшей сортировкой осадка, его вещественным составом (в том числе — минералогическим составом глин и конкреций) и, конечно, фауной. Отложения рифовых лагун парагенетически связаны в разрезе с рифовыми биогермами. С другой стороны, сезонная слоистость лагунных отложений может быть похожа и на озерную (последней, по-видимому, в большей степени присущи равномерность, отчетливость, выдержанность и пачечное строение серий). Наконец, весь комплекс кластогенных отложений опресняющихся лагун текстурно очень похож на пойменный, а в отдельных образцах их почти невозможно различить. В геологических разрезах они различаются по парагенетическим связям и непосредственным переходам в подстилающие их более отчетливо выявляемые фации: пойменные вниз по разрезу переходят в речные русловые отложения с характерной для них текстурой, лагунные же в регрессивном ряду фаций залегают на нормальных прибрежно-морских, а в трансгрессивном ряду — на континентальных: озерных, болотных или осадках побережья. При описании геологических разрезов к лагунным отложениям иногда также неправильно относят отложения лиманов (т. е. затопленных низовьев речных долин).

Отложения зарастающих лагун имеют некоторое сходство с осадками

мангровых побережий (слоистость последних не изучена: очевидно, они или неслоистые, или неправильно горизонтальнослоистые, имеют многочисленные нарушения корневой системой растений и большую примесь органического материала).

Среди ископаемых отложений встречаются породы, которые, возможно, образовались в специфических лагунах прошлого, исчезнувших в настоящее время (например, феррисиалитовые лагуны, выделенные Д. В. Наливкиным, 1955).

Лагуны непосредственно примыкают к берегу, а их осадки — к континентальным отложениям суши. Поэтому в данном случае не следует принимать во внимание существующее общее представление о том, что тонкозернистый горизонтальнослоистый осадок образуется дальше от берега, чем косослоистый песчаный. Тонкозернистые и тонко-горизонтальнослоистые осадки лагун и затишных участков заливов могут примыкать почти непосредственно к береговой линии и сменяться дальше в глубь моря более грубыми песчаными косослоистыми отложениями баров и кос, волнисто-слоистыми осадками зоны волнений и др.

Так как лагуны располагаются на границе моря и суши, то в геологических разрезах лагунные отложения в большинстве случаев принадлежат средней части седиментационного цикла, либо завершая регрессивный ряд, либо начиная трансгрессивный ряд фаций.

Изучение слоистости лагунных отложений имеет целью не столько уточнение их генезиса (который часто определяется достаточно точно по фауне и вещественному составу осадков), сколько выявление особенностей лагунной седиментации и направленности ее изменения. С лагунными отложениями связаны многие полезные ископаемые: соли, угли, железные руды, бокситы и др.

Поэтому выделение лагунных отложений имеет большое значение при геологических работах.

6. Области спокойной седиментации открытого моря

Зоны спокойного накопления осадка, не возмущаемого придонными движениями воды, имеются в различных частях морского дна. Это, прежде всего, глубоководные и удаленные от берега области дна, лежащие вне зоны течений. Кроме того, такие области могут быть и на относительно небольшой глубине, достаточной для того, чтобы на осадке не сказывалось действие волн. Они могут представлять собой впадины морского дна, хотя бы и близкие к берегу. Наконец, могут быть участки как бы «затененные» от действия волн и течений каким-либо выступом побережья (но в последнем случае их скорее следует относить к области лагун, заливов и бухт, а не к области открытого моря).

Во всех этих областях образуются горизонтальнослоистые или же неслоистые осадки. Слоистость в них выявляется обычно различием осадочного материала — его гранулометрического или минералогического состава, чередованием песчано-алевритового и глинистого материала в кластогенных осадках или же соотношением кластогенного материала с органогенным и хемогенным, примесью остатков фауны, вулканического пепла, распределением конкреций, иногда — сменой цвета осадка, зависящей от тонких примесей. Бывает так, что слои с однородной (неслойчатой) текстурой чередуются со слоями, обладающими тонкой внутренней слойчатостью[1].

Вследствие медленной седиментации в этой обстановке мощности слоевых единиц разного ранга могут быть очень близкими; мощности слойков обычно колеблются от долей миллиметра до нескольких миллиметров, редко более.

[1] В данном случае употребление термина «слойчатость» подчеркивает то, что речь идет именно о внутренней текстуре породы в отличие от наслоения толщи.

Мощности слоев различны: от единиц миллиметров (когда их трудно отличить от слойков) до десятков сантиметров и более. Тонкие слойки часто образуют пачки или серии, которые проявляются в породе в виде чередования полос преимущественно того или иного состава, уже несколько большей мощности, измеряемой единицами сантиметров. Эти тонкослойчатые пачки могут чередоваться с прослоями неслоистой текстуры, а иногда с прослоями, обладающими мелкой косой слоистостью ряби течения.

В этих отложениях наиболее трудно провести границу между слойчатостью и тонкой слоистостью породы, так как слойки, пачки слойков и слои

Фиг. 121. Правильная горизонтальная слоистость в морских песках.
Слойки образуют пачки разных порядков. Карбон Подмосковного бассейна

горизонтальны и имеют малую мощность. Единственным критерием их различия является многократная ритмическая повторяемость сходных слойков в отличие от смены, хотя бы и тонких, но различных слоев, а также внутренняя тонкослойчатая текстура последних. В некоторых толщах (например, в карбонатных) слои (так же как и слойки) могут представлять собой ритмы небольшой мощности, но при этом они обычно имеют внутреннюю тонкослойчатую текстуру, что и дает основание считать их именно слоями, а не слойками.

Для горизонтальной слойчатости донных морских отложений чаще характерны: равномерность, иногда пачечное строение слойков (в более глубоководных частях моря), образующих пачки нескольких порядков (фиг. 121), правильность и выдержанность слоевых единиц, однородное, реже двучленное строение слойков. В глубоководных отложениях отмечалась ритмическая сортировка, причем ритмы имеют несимметричное строение (но в более прибрежных отложениях могут быть и симметрично построенные ритмы). Сортировка материала в слойках обычно хорошая. Растительные остатки не типичны, хотя и не исключены, особенно в более прибрежных частях; наличие фауны — характерно, но встречается она не всегда.

В областях спокойной морской седиментации образуются не только кластогенные осадки, но и мощные толщи карбонатных отложений биогенного или хемогенного происхождения, и другие биогенные и хемогенные отложения (горючие сланцы, доломиты и др.). В биогенных осадках этой зоны возникают сложные виды текстур, связанных с развитием живых организмов: неправильно полосовидная и неправильно линзовидная. Нако-

нец, здесь формируются осадки, образование которых определяется подводной вулканической деятельностью (мощные кремнистые толщи и др.).

Для этих отложений весьма характерны разные типы диагенетической слоистости и слойчатости, усложняющие рисунок первичного горизонтального наслоения. Диагенетическую слоистость и другие вторичные текстуры надо отличать от типов первичной, седиментационной слоистости.

Для относительно глубоководных морских осадков характерна сезонная тонкая слойчастость, причем каждая пара слойков образуется в течение одного года. Это было подтверждено наблюдениями Зейбольда (Seibold, 1958) в Адриатическом море путем сопоставления подсчета количества слойков в колонках донного грунта с другими данными. Выявилось, что сильно нарушенными оказались слойки, соответствующие по подсчетам 1667 г., когда в Далмации было сильное землетрясение; оставили свои следы в виде нарушений слойков и другие землетрясения.

Установлена также связь мощностей слойков (темных, главным образом кластических — зимних и светлых, преимущественно карбонатных, органогенных — летних) с интенсивностью солнечного излучения, а также соответствие изменения этих мощностей изменению толщины годовых колец пиний (увеличение мощности темных слойков за счет светлых соответствует более тонким годовым кольцам пиний). В дождливые годы образуются более тонкие светлые слойки, а в сухие — более толстые. После крупных извержений отложения бывают представлены главным образом темными слойками. Извержения вулканов дают примесь пеплового материала в осадке слойков данного года.

В областях морей и океанов, примыкающих к крупным пустыням (таким, например, как Сахара), ветер выносит в море (особенно во время песчаных бурь) массу эолового песка и пыли, оседающих на очень большой площади (например, в Атлантическом океане — до половины его ширины). В результате этого на дне морей и океанов возникает чередование морских илистых осадков с осадками, принесенными ветром. Структура последних будет указывать на их эоловый генезис, в то время как текстура будет отражать морские условия седиментации.

Если в нормальных однородных морских осадках встречаются угловатые обломки разных размеров, резко отличающиеся по составу от вмещающей их толщи, то это могут быть отложения, перенесенные айсбергами и береговыми льдами при таянии льда; в более низких широтах переносимые ими обломки опускались на морское дно без всякой сортировки. Это особенно надо иметь в виду при отсутствии фауны, когда о генезисе пород мы судим по ее структуре и текстуре.

Иногда в илистом осадке, без всякого его нарушения, появляется тонкий слой более грубозернистой структуры; это свидетельствует о том, что, хотя седиментация продолжалась в тех же спокойных условиях, верхние части воды, очевидно, были временно захвачены какими-то течениями.

В настоящее время накапливается все больше данных, свидетельствующих о том, что стратификация донных глубоководных осадков зависит также и от рельефа самого морского дна.

Ранее существовало довольно распространенное мнение о том, что присутствие в породах знаков ряби, следов ползающих и других донных животных, а также прослоев валунно-галечного материала является несомненным доказательством мелководности этих отложений. Наблюдения океанологов, в частности экспедиции нашего корабля «Витязь», показали, что на больших глубинах (от 500—1000 *м* до глубин более 5000 *м*) на дне океана встречаются крупные валуны и гальки, следы сверлящих и ползающих животных[1], а также знаки асимметричной ряби (фиг. 122), свидетельствующие о

[1] Ряд фотоснимков дна на больших глубинах приведен в «Атласе текстур и структур...» (1962).

наличии донных течений, которые могут существовать на любых глубинах (в глубоководных отложениях отсутствует лишь симметричная рябь волнений). Особенно все это характерно для дна океана со сложным подводным рельефом; это надо иметь в виду при палеогеографических построениях. Совершенно очевидно, что определение глубины отложения осадка в различные геологические эпохи — вопрос значительно более сложный, чем это кажется, и ответ на него требует сравнительного анализа всех признаков: литологических, геохимических, палеонтологических (например, выявление остатков фауны, приспособившейся к большому давлению и отсутствию света), структурно-тектонических и др.

Фиг. 122. Асимметричная рябь течения (амплитуда 15–18 *см*) в глубоководных отложениях дна Тихого океана на глубине 1380 *м* (фото Н. Л. Зенкевича, экспедиция судна «Витязь»)
(из «Атласа текстур и структур»..., 1962)

В открытом море, не обязательно на очень больших глубинах, но при отсутствии донных течений и сильных волнений, в осадке также возникает тонкая горизонтальная слойчатость, образуемая выпадением его из взвеси в спокойных условиях. Так, например, в Каспийском море такая слойчатость устанавливается на глубинах около 100 *м*. При этом преобладание выносов той или иной реки придает слоям данного грунта различную окраску.

Появление ракушечных прослоев свидетельствует о колебаниях уровня моря: при уменьшении глубины бассейна создаются условия, благоприятные для жизни морской фауны, так как повышается соленость воды, увеличиваются пространства мелководий, хорошо прогреваемых солнцем, и улучшается аэрация. Это подтверждается совпадением образования прослоев ракушечника с увеличением мощностей годовых слоев осадков. В областях, где имеются выносы крупных рек, стратификация донного морского грунта становится более сложной и различной для разных участков моря.

Анализ слойчатости и слоистости донных морских осадков показал, что слоистость отложений тех участков морского дна, которые не подвергаются действию волн и течений, сходна со слоистостью осадков глубоководных частей моря, независимо от их расстояния от берега и от глубины моря. Однако в некоторых случаях отмечено различие состава осадков и слойчатости в отложениях одной и той же зоны моря в зависимости от того, регрессирует ли море или трансгрессирует (Ботвинкина, 1956б).

Причины образования слоистости морских отложений в широком ее понимании в областях спокойной седиментации весьма различны; это — сезонная смена осадков, расцвет живых организмов, вулканическая деятельность, пыльные бури на суше, попеременное поступление осадка из разных источников питания, периодическое обмеление дна, резкая смена условий седиментации в самом водоеме, тектонические движения. Эти и ряд других причин создают и слоистость и слойчатость, горизонтальную по форме, но различную по содержанию. Поэтому для фациального анализа этих отложений важна не столько форма слоистости, сколько то, чем представлены слойки и слои, их строение, группировка, характер чередования и последовательность наслоения.

Ископаемые морские отложения с тонкой горизонтальной слоистостью могут содержать прослои с различными видами волнистой слоистости (если они не являются глубоководными, то в том числе и с симметричной волнистой), а также прослои с крупной косой слоистостью, отмечающей появление донных, достаточно сильных течений, или же с мелкой косой и косо-волнистой слоистостью ряби слабых течений, причем эти прослои могут образовываться при седиментации и на больших глубинах, и в большом удалении от берега. С другой стороны, тонкозернистые горизонтальнослоистые ссадки могут формироваться в областях, достаточно близких к береговой линии, особенно в углублениях морского или океанического дна.

7. Области донных морских течений

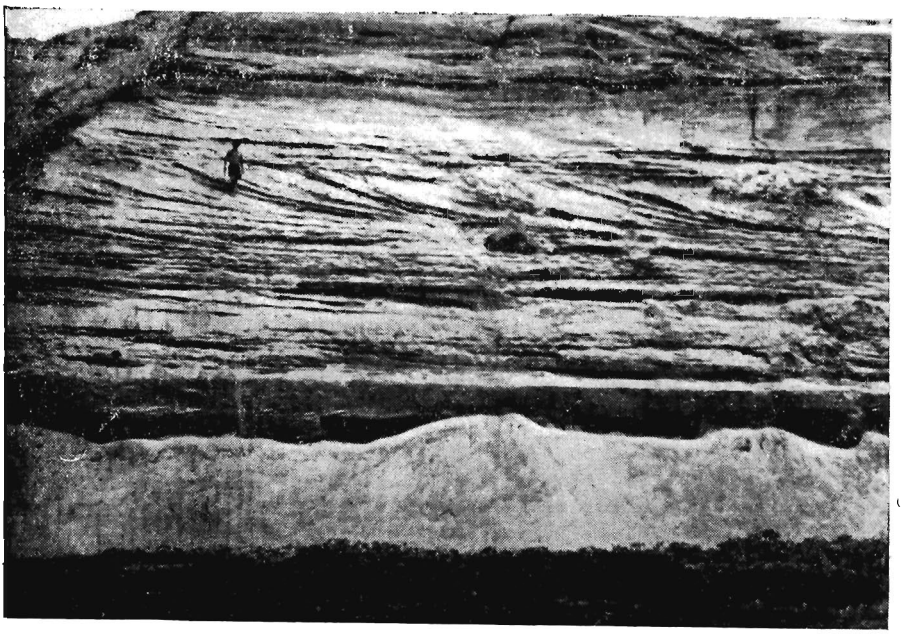
В областях донных морских течений образуется косая слоистость, отличающаяся своими деталями от косой слоистости, формируемой течением речного потока и в других обстановках. Причины появления некоторых ее признаков пока не совсем ясны. Однако перечисленные ниже признаки установлены на многочисленных примерах из несомненно морских отложений разного состава, возраста и местоположения. Поэтому их можно считать вполне достоверными для отложений зоны донных морских течений.

Для этой зоны характерна слоистость косая, как крупная, так и мелкая, реже — очень крупная (с мощностью серий обычно не более 2—3 *м*). Характерно также, что среди ряда серий относительно небольшой мощности (например, 20—30 *см*) может появиться одна серия значительно большей мощности (2—3 *м*), причем и гранулометрический состав осадка, и мощность слойков в этой крупной серии остаются такими же, как и в сериях меньшей мощности (фиг. 123). Границы косослоистых серий чаще смещенные, пологоклиновидной формы; иногда они могут быть параллельными, но почти никогда не бывают перекрестными (перекрестное соотношение серий в морских отложениях обычно возникает в результате налегания крупных серий волнистой слоистости, а не косой).

Анализы показали, что нет ощутимой разницы в механическом и минералогическом составе верхней и нижней частей косослоистой серии. Форма границ серий чаще прямая, реже — изогнутая. По направленности слойков в смежных сериях слоистость либо однонаправленная, либо попеременно-разнонаправленная (фиг. 124), но не бывает ни беспорядочно-разнонаправленной, ни веерообразной. Это объясняется тем, что морское течение обычно или имеет устойчиво выдержанное направление, или же периодически его изменяет, но не «мечется в разные стороны» и не растекается веерообразно. Поэтому розы-диаграммы, построенные для этих отложений по замерам азимутов косых слойков, по форме будут либо сходны с речными (их диаграмма будет лишь несколько более узкой и вытянутой), либо показывать два противоположных направления примерно в равных соотношениях (в отличие от диаграмм пляжевых и баровых отложений, у которых одно из направлений обычно преобладает, см. фиг. 44). Попеременно-разнонаправленная слоистость, по-видимому, более характерна для осадков на относительно

более мелководных и прибрежных участках морского дна. Для отложений мощных течений открытого моря, действующих на больших глубинах, вероятно, будет более характерна однонаправленная слоистость.

Форма слойков в отложениях зоны донных морских течений может быть различной, сходной с формой слойков в других генетических типах осадков, но им присущ и специфический характер вогнутости: слойки бывают либо



Фиг. 123. Очень крупная косая слоистость в морских мезозойских песках.

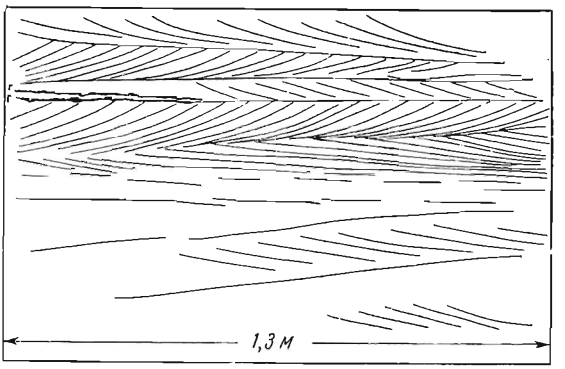
Слоистость подчеркивается на границе пачек косых слойков. Слойки сильно выполаживаются к основанию серии. Выше и ниже крупной косослоистой серии видны косослоистые серии меньшей мощности

параллельны на большем своем протяжении и немного вогнуты лишь у самого основания серии, либо в других случаях, наоборот, выполаживающаяся часть слойка бывает сильно растянутой (см. фиг. 123). Кроме того, для крупной косой слоистости морских течений, в отличие от других ее фациально-генетических типов, характерна S-образная форма косых слойков (фиг. 125), сходящихся вверху и внизу серии (в других фациях она встречается только в мелкой волнистой асимметричной слоистости ряби течения). Возможно, что это связано с относительно меньшими скоростями движения воды, при которых даже у крупных донных валов сохраняются верхние части косых слойков. В ряде случаев нижние части косых слойков в результате наложения ряби усложняются и становятся слегка волнистыми (см. фиг. 16).

Мощности косых слойков невелики, обычно не более 1—3 *см* (возрастают в более грубозернистых породах), строение слойков — однородное или двучленное. Границы слойков выдержанные, но часто очень неотчетливые (благодаря однородности породы), поэтому и рисунок слоистости не всегда хорошо виден. Слоистость выявляется небольшим изменением гранулометрического состава, часто — утонением слагающего слоек материала у его верхней границы, глинистым налетом на поверхности наслоения, чешуйками слюдистых минералов, а иногда (в прибрежной зоне) — примесью небольшого количества мелко перетертого растительного детрита. Иногда слоистость подчеркивается темноцветными минералами. Она может также выявляться по расположению мелкой гальки, которая, в отличие от речных отло-

жений, в ряде случаев появляется без общего погрубения вмещающей породы в однородном песчаном осадке. Более тонкие и легкие частицы осадка, а также пластинчатые минералы (глинистые, слюдистые) часто концентрируются у основания косослоистых серий, подчеркивая их границу.

Внутри косослоистой серии слойки обычно распределены равномерно или же группируются в пачки. На поверхности обнажения границы пачек обычно подчеркиваются плоскостями отдельности и ожелезнением (см. фиг. 123), вследствие чего создается ложное впечатление о значительно большей мощности слойков. Внимательное рассмотрение породы внутри этих пачек обычно обнаруживает значительно более тонкую слойчатость. Углы наклона косых слойков довольно пологие и колеблются от 10 до 30°, чаще в пределах 20—25°.

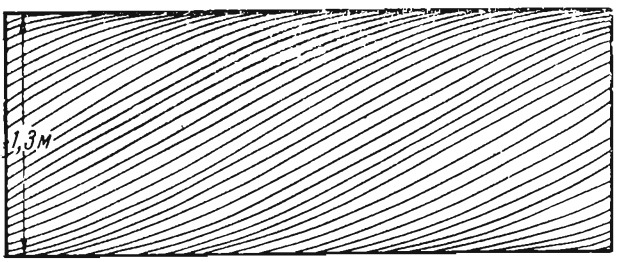


Фиг. 124. Попеременно-разнонаправленная (перистая) косая слоистость в морских песках.

г — прослои глауконита в основании косослоистой серии

В некоторых случаях периодически появляющиеся донные течения (или течения переменных скоростей) приводят к образованию в морском осадке диагональной слоистости, представленной чередованием косо- и горизонтальнослоистых серий, при почти одинаковом размере зерен осадочного материала.

В отложениях донных течений могут присутствовать остатки переотложенной фауны, которые иногда подчеркивают слоистость, но это наблюдается далеко не всегда. При медленном нарастании и остановках песчаного донного вала на нем поселяются донные животные. Косая слоистость тогда нарушается их ходами с норками (фиг. 126), которые засыпаются песком при новом нарастании вала. Но вообще нарушения косой слоистости в осадках этой зоны сравнительно редки.



Фиг. 125. Схематическая зарисовка косослоистой серии морских песков.

Слойки имеют S-образную форму и выполаживаются вверху внизу серии

Косая слоистость донных течений описана не только в кластогенных, но и в других породах, в частности в известняках (обломочных, копрогенных, оолитовых и др.; фиг. 127).

Слабые донные течения могут образовывать в мелкопесчаном или алевритовом осадке на дне крупных бассейнов мелкую косую однонаправленную слоистость очень нежного, тонкого и правильного рисунка (фиг. 128), но в общем с теми же характерными признаками, которые указаны выше.

В косослоистых отложениях зоны донных морских течений не отмечается закономерного изменения по разрезу ни гранулометрического состава осадков (обычно в общем однородных), ни мощности серий, ни смены одного типа слоистости другим (что характерно, например, для речных отложений и даже, отчасти, для дельтовых).

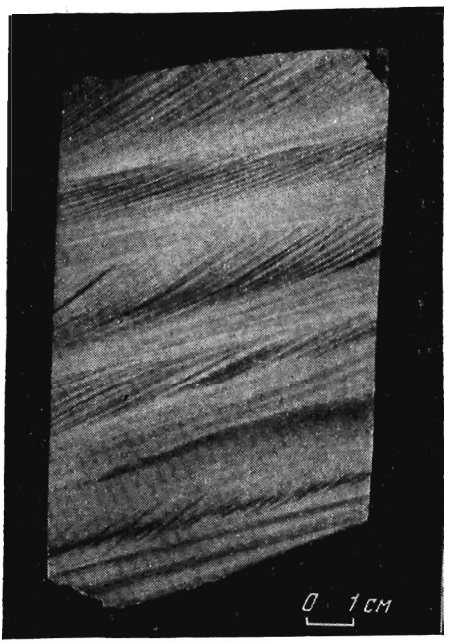
Косая слоистость осадков зоны морских течений может встречаться в чередовании с волнистой мульдообразной (в прибрежной зоне моря) с пологоволнистой и с прослоями неслоистой текстуры. В других случаях косослоистые осадки донных течений могут чередоваться с горизонтальнослоистыми, отвечающими периодам спокойной морской седиментации (см. выше), или образовывать прослои среди горизонтальнослоистых отложений.

В ряде случаев, при появлении в морских отложениях косой слоистости опи-

Фиг. 127. Косая слоистость в копрогенном известняке, образованная попеременно-разнонаправленными течениями (по И. В. Хворовой, 1953)

Фиг. 126. Косая слоистость в морских песках, нарушенная донными животными, поселявшимися на склоне донного вала.

Вверху — слоистость горизонтальная, также нарушенная (сравните с фиг. 61, *Г* и *Д*)



Фиг. 128. Мелкая косая однонаправленная слоистость в отложениях зоны слабых течений.

В алевролите виден правильный тонкий рисунок слоистости, подчеркнутый глинистой примесью. Ерунаковская свита Кузбасса

санного типа, геологи делают вывод об их принадлежности к прибрежной зоне моря или о приближении области седиментации к береговой линии. Такая трактовка ошибочна: донные морские течения, формирующие косую слоистость, имеются на разных глубинах и в различном удалении от берега. Косая слоистость, особенно крупная и очень крупная, может быть встречена в отложениях открытого моря, если только в этом месте проходило донное течение достаточной силы. Поэтому определение прибрежного характера

отложений требует как детального рассмотрения косой слоистости, так и анализа всех других признаков. Одного факта наличия косой слоистости далеко не достаточно для окончательных выводов о прибрежном формировании морских отложений.

8. Области отложений мутевых течений

Специфика мутевых течений состоит в том, что количество несомой ими взвеси очено велико. Поэтому такие течения имеют большую плотность и перемещаются по законам течения вязкой жидкости. Это создает условия для переноса во взвеси весьма крупных частиц, которые начинают выпадать с уменьшением скорости течения, сортируясь по размеру и весу.

Главной причиной возникновения таких течений является оползание осадка, отложившегося на континентальном склоне при быстрой седиментации, особенно в сейсмически неустойчивых областях. Оползание может быть вызвано цунамическими волнами, сильными штормами и даже сильными паводками, приносящими необычное обилие осадков. Мутевые течения не образуются за счет богатых взвесью речных вод, впадающих в море, так как пресная речная вода менее плотная, чем морская, поэтому она не спускается по дну, а как бы растекается по поверхности моря (даже вода таких богатых мутью рек, как, например, Сыр-Дарья). Наиболее частой причиной возникновения мутевых течений являются землетрясения.

Оползающий осадок взмучивается и в виде грязевого потока устремляется вниз по склону, достигая больших глубин. У основания склона грязевой поток теряет скорость и начинает течь медленнее. Если на его пути имеется обратный уклон дна, то поток может подняться по этому уклону, еще более теряя свою скорость. Общее расстояние, на которое продвигается мутевое течение, может измеряться сотнями километров. По мере падения скорости начинается осаждение сначала наиболее грубых частиц. При разжижении глинистой суспензии наступает момент, когда зерна находящегося в ней песка освобождаются и оседают на дно.

Текстуры, образуемые действием мутевых течений, сильно отличаются от текстур, сформированных обычными донными течениями (последние действуют преимущественно все же на меньших глубинах, чем мутевые).

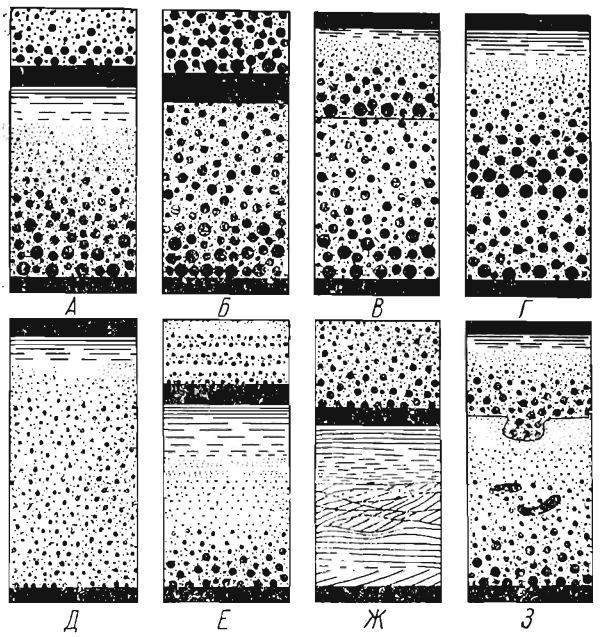
Характерной чертой отложений мутевых течений является их горизонтальная слоистость в сочетании с довольно значительной грубозернистостью осадка (особенно в нижней части слоя). В этот осадок могут быть включены довольно крупные и плохо окатанные обломки. Вторая их характерная черта — это постоянная сортировка (graded bedding) осадочного материала в каждом слое от более грубого внизу до более тонкого вверху.

Размер компонентов осадка в нижних частях слоев таков, что для их перемещения потребовалось бы течение, способное волочить осадок по дну и перемещать донные валы (т. е. создавать в осадке косую слоистость). Однако горизонтальная слоистость осадка указывает на его выпадение из взвеси. Нижний контакт таких отложений обычно резкий, иногда — плоский, иногда — с карманами. Грубозернистый материал ложится на рыхлую кровлю подстилающего тонкозернистого осадка, но на поверхности последнего отсутствуют следы волочения, царапины и прочие знаки, указывающие на передвижение волочением. Это еще раз подтверждает то, что грубые части осадка также передвигались во взвеси.

В самих сортированных отложениях почти нет следов бентосной фауны, что говорит о скорости их накопления; лишь иногда в этих отложениях заметны ходы червей. Зато встречаются переотложенные остатки фауны, причем смешанного состава, не только глубоководной, но и мелководной, принесенной вместе с кластическим материалом.

Мощность слоевых единиц сортированных отложений разными исследователями указывается различная: от миллиметров до метров, причем для

каждого района более или менее выдержанная (по-видимому, в одних случаях описывалась слойчатость, а в других — слоистость осадков). Строение слоев бывает различным, но всегда заметна тенденция к постепенному уменьшению грубости зерен снизу вверх, причем среди более тонкозернистого материала встречаются отдельные зерна более крупных размеров. Такую сортировку по вертикали Кюнен (Kuenen, 1952) объяснял тем, что каждая разжижавшаяся часть суспензии (вследствие частичной потери взвеси или смешивания с чистой водой) должна была отставать. Поэтому, когда основная часть потока максимальной плотности уже пронеслась, движение его продолжается в течение довольно длительного времени, причем концентрация суспензии становится все меньшей, а скорость движения падает. Следовательно, в каждой точке дна происходит осаждение из потока со все снижающейся способностью удерживать осадок во взвешенном состоянии. Наконец, после отложения небольшого количества ила пропадает полупрозрачная муть. Новый мутевой поток, принося новую порцию мути, создает следующий сортированный слой и т. д. Различные варианты строения ритмически сортированных слоев приведены на фиг. 129.



Фиг. 129. Различные типы сортированной слоистости (по Кюнену, 1953). Черное — глубоководные тонкозернистые осадки («лютит»).

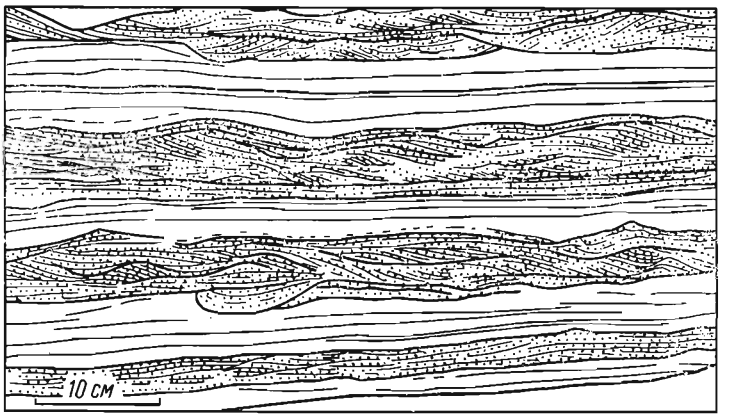
А — идеальный случай. Размер зерен осадка и мощность слоев постепенно уменьшаются кверху. Состав осадка изменяется от грубозернистого до тонкого ила (черное), присутствие которого указывает на перерыв между двумя потоками; *Б* — тонкозернистая верхушка сортированного слоя (ниже лютита) отсутствует. Очевидно, уклон дна был таков, что «хвост» потока смог унести весь тонкозернистый материал; *В* — тонкозернистый верх под следующим сортированным слоем вообще отсутствует (возможно, он был размыт и унесен следующим потоком); *Г* — повторяющаяся сортировка в одном слое, которая могла возникнуть, если сильно нагруженный второй поток нырнул под замедленную, разжиженную хвостовую часть первого потока; *Д* — нижняя часть сортированного слоя не дифференцирована, возможно, грубая фракция уже была отсортирована до попадания ее в мутевой поток; *Е* — сортированный слой в средней части имеет тонкую горизонтальную слойчатость вследствие волочения или же вследствие появления турбулентных движений при разжижении потока; *Ж* — в слое появляется слоистость течения: внизу — косая, выше, в более тонкозернистом осадке — слоистость ряби течения (случай нетипичный, возможно, связанный с менее глубоководными условиями седиментации и менее нагруженным потоком); *З* — в нижнем слое — неокатанные обломки глинистого сланца и галька, в основании верхнего слоя — знаки нагрузки (отложения накапливались ближе к месту оползания)

В верхней части сортированного слоя часто имеется тонкая горизонтальная слойчатость; иногда встречаются прослои с мелкой косой или косо-волнистой слоистостью ряби течения (всегда однонаправленной), а также знаки ряби. Эта текстура образуется при волочении осадка по дну в потоке уже меньшей плотности.

Иногда горизонтальнослоистые прослои могут чередоваться с прослоями косослоистыми (фиг. 130). Среди горизонтальнослоистых сортированных отложений могут быть встречены, кроме косослоистых, прослои глубоководных тонкозернистых (глинистых) осадков, отложение которых соответствует

времени перерыва между двумя мутевыми потоками. Кроме того, этим отложениям присущи прослои с оползневыми текстурами и изогнутой слойчатостью, а также знаки нагрузки, образующиеся в результате пластичной деформации подстилающего слоя (фиг. 131). Характерно, что среди этих отложений никогда не встречаются прослои с симметричной волнистой слойчатостью и со знаками ряби волнений. Сходные сортированные осадки были получены Кюненом из мутевых потоков в лабораторных условиях.

Отложения мутевых течений покрывают весьма большие площади, причем отдельные слои сортированных граувакк прослеживаются на значительные расстояния. Увеличение объема потока вызывает лишь небольшое возрастание мощности отложений, но зато влечет значительное расширение



Фиг. 130. Прослои со слоистостью ряби течения в илистых песках между сланцами, отложенными мутевыми потоками, текшими в общем слева направо. Третичные отложения (по Кюнену, 1953)

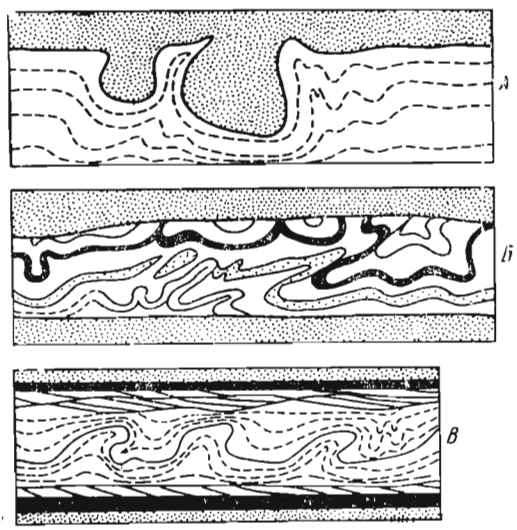
площади их распространения. На этой площади, ближе к началу мутевого потока (т. е. к источнику сноса), накапливаются отложения в основном грубозернистые, плохо сортированные, с менее правильной слоистостью, причем мощность их слоев довольно большая, а прослои тонкозернистых глубоководных осадков отсутствуют. Изменение грубости зерна в горизонтальном направлении позволяет судить о том, откуда поступал кластический материал; на это же указывает наклон косой слоистости, наклон крутых склонов валиков ряби и их ориентировка (поперек к направлению потока). В сортированных слоях, содержащих гальку, последние располагаются длинными осями вдоль течения. Нарушение этих закономерностей при встрече двух потоков различных направлений отмечается редко и то лишь при малом склоне дна или же в центральных частях бассейна.

Отложения мутевых потоков могут служить косвенным указанием на крутизну склонов, по которым они стекали. Кюнен считает, что признаками более крутых склонов в сортированных отложениях являются бóльшая грубозернистость последних, отсутствие тонкозернистых верхушек слоев, линзовидное залегание (и вообще более неправильная слоистость), переслаивание с грубыми неотсортированными осадками, а также оползневые текстуры. Иногда мутевые потоки образуют подводные русла, следующие уклону морского дна. При небольших уклонах или при отложении на горизонтальном дне бассейна отмечается: бóльшая правильность слоистости; отсутствие настоящих оползневых текстур; сортировка в каждом слое снизу вверх до очень тонкозернистого осадка; небольшая мощность слоев более мелко-

зернистой структуры и сортированного строения; ненарушенность поверхности наслоения тонкого осадка в верхней части слоя; наличие тонкозернистых, собственно глубоководных отложений между сортированными слоями.

Теперь уже нельзя считать достаточным доказательством мелководности отложений наличие остатков мелководной фауны (если она переотложена), присутствие знаков ряби течения и относительно грубую зернистость осадка, так как все эти признаки могут быть присущи отложениям мутевых течений, формирующих осадок на больших глубинах.

Доказательством того, что мутевые течения не принимали участия в седиментации, могут быть следующие признаки: отсутствие сортировки, направление косых слойков в разные стороны, широкое развитие знаков ряби, следы волновой ряби, знаки усыхания в некоторых слоях, частое переслаивание отложений с заведомо прибрежными или континентальными.



Фиг. 131. Схематическое изображение деформаций слоистости, встречаемых в отложениях мутевых течений (по Кюнену, 1953).

А — знаки нагрузки; *Б* — оползневые текстуры, вызванные перемещением слойков после их отложения; *В* — изогнутая слоистость

Сортированные отложения, образованные потоками, несущими большое количество взвеси, могут накапливаться не только в глубине морей. Однако текстуры отложений, образующихся, например, в пресных озерах при поступлении в них речной воды, насыщенной мутью, будут несколько отличны от описанных выше.

Сортированные осадки, очевидно, распространены на больших глубинах в большей степени, чем это предполагалось ранее. Возможно, что некоторые ископаемые отложения, считавшиеся ранее мелководными, следует отнести к мутевым, глубоководным. Но в настоящее время гипотеза об отложении осадков мутевыми течениями приобрела так много сторонников, что этот механизм седиментации часто приписывают весьма различным отложениям, если только они имеют ритмическую сортировку. Однако последняя, как мы видели, свойственна и многим типам отложений, совершенно не связанным с мутевыми течениями. Для того чтобы сформировалось сортированное строение слоевых единиц, необходимо лишь сочетание двух факторов: оседание из взвеси и периодическая подача материала. Некоторые примеры ритмически повторяющихся слоев с внутренней сортировкой осадка были приведены выше. Ритмическая сортировка кластогенного компонента отмечается также в слоях карбонатных осадков, не образованных мутевыми потоками, и во многих других случаях. Что же касается горизонтальной слойчатости, то для нее вообще типично появление слойков с прямой сортировкой внутри (если только взвесь содержит осадок разной зернистости).

В ритмически сортированных отложениях далеко не всегда легко различить тонкую сортированную слойчатость (которой свойственно ритмическое повторение слойков и которая присуща многим фациям) и сортированное строение ритмов, соответствующих слоям (или даже пластам), обладающим внутренней слойчатостью (к ним, по-видимому, относятся и ритмы, образуемые мутевыми течениями). Разграничение слойчатости и слоистости, очевид-

но, выявит один из признаков для отделения отложений собственно мощных мутевых течений от отложений с сортированной слоистостью, но сформировавшихся иным путем.

В. ОСОБЕННОСТИ СЛОИСТОСТИ В ОТЛОЖЕНИЯХ РАЗЛИЧНЫХ ФАЦИЙ. ФАЦИАЛЬНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СЛОИСТЫХ ТЕКСТУР

Анализ всего фактического материала по слоистости приводит к следующим основным выводам.

1. Отложения каждой фации характеризуются не одним каким-либо типом слоистости, а определенным комплексом слоистых текстур. В этом комплексе одни типы являются основными, ведущими, определяющими фацию. Другие, даже часто встречающиеся, могут быть не характерны из-за своей полифациальности. Третьи — встречаются редко и не характерны. Наконец, некоторые типы слоистости могут появляться редко, но их присутствие очень существенно для фациальной диагностики. Иногда для фации бывает характерным постоянное отсутствие какого-либо текстурного типа (см. табл. XV).

Каждый горизонтальный ряд табл. XV показывает, в каких фациях может быть встречен данный тип слоистости. Это важно знать еще при полевых работах. Геолог, описывая обнажение, горную выработку или керн, определяет тип и подтип слоистости по форме и величине слойков и серий, и уже сразу может примерно представить себе, в каких генетических типах отложений может быть встречена такая слоистость. Вертикальные ряды табл. XV выявляют весь комплекс типов текстур, присущих данной фации, и их относительное значение (краткое описание их по фациям дано выше).

2. Один и тот же морфологический тип слоистости в разных фациальных обстановках различается по видовым или каким-либо другим признакам, по которым и может быть установлена его принадлежность только к определенному генетическому типу.

Эти признаки сходства и различия текстур, на которых мы все время останавливались выше, сведены в табл. XVI, XVII и XVIII. Таблицы эти даны для основных трех типов слоистости: косой, волнистой (включая косоволнистую и полого-волнистую) и горизонтальной. В этих таблицах, кроме текстур, указаны также и некоторые структурные признаки (гранулометрический состав, сортировка, примеси, подчеркивающие слоистость). Признаки слоистости для каждого типа даны в определенном порядке: сначала приведены те, которые определяют подтип, вид и разновидности, затем — характеристика особенностей слойков, включений и сложных типов слоистости. Используя эти таблицы, можно произвести предварительную расшифровку морфологических признаков, отмеченных для слоистости, встреченной в породе.

Не следует пугаться большого количества признаков, перечисленных в таблицах: при практическом применении они легко запоминаются и определяются. Ограничиться малым числом признаков нельзя, потому что слоистость — явление сложное и почти нет признаков, характеризующих только один генетический тип. Каждый из признаков может быть присущ слоистости отложений нескольких фаций. При этом каждый последующий признак встречается не во всех тех фациях, в которых был встречен предыдущий признак, а только в некоторых из них. Таким образом, последовательно идя от признака к признаку, мы получаем данные для исключения то одной фации, то другой и, наоборот, все большее количество «за» для одной из фаций. В конечном итоге именно перекрещивание многих признаков и позволяет прийти к более или менее однозначному выводу о возможной фациальной принадлежности отложений.

Полученные выводы необходимо сопоставить с описаниями текстур соответствующих фаций, приведенными в данном руководстве.

Проводя генетические определения, нельзя забывать о том, что в табл. XVI — XVIII даны обобщенные и наиболее характерные признаки слоистости данной фации. Однако в природе иногда могут быть некоторые отклонения, зависящие от различных частных и местных причин. Кроме того, есть некоторые различия в деталях текстур одной и той же фации, которые зависят от ее принадлежности к той или иной фациальной обстановке (на них частично мы указывали выше). Некоторые различия могут быть обусловлены даже возрастом отложений. Понять значение всех этих отклонений и выделить основные характерные черты слоистости можно путем анализа всех ее признаков. Механический подход к изучаемому явлению — вот то основное, чего следует избегать.

При определении генетических типов слоистости надо еще иметь в виду, что сочетание текстур и их смена в разрезе не случайны, а определяются фациальной обстановкой; поэтому их последовательность и соотношение друг с другом также являются диагностическими признаками фаций.

3. Некоторые типы и виды слоистости могут быть характерны лишь для одной какой-либо группы фаций или даже только для одной фации, тогда как другие типы и виды слоистости полифациальны и могут присутствовать в самых различных обстановках.

Наилучшими фациальными показателями являются разные виды косой слоистости и волнистая симметричная слоистость. Переходные типы (косоволнистая и полого-волнистая), а также мелкая волнистая асимметричная слоистость ряби течений очень полифациальны и поэтому менее пригодны для диагностики фаций (возможно, отчасти, потому, что их детали пока еще недостаточно изучены). Все эти типы слоистости отражают внутреннее состояние среды отложения осадка.

Горизонтальная слоистость, формируемая при отсутствии донного перемещения осадка, испытывает наиболее сильное влияние внешних условий (например, сезонных изменений), однозначно накладывающихся даже на отложения разных фаций. Поэтому ее изучение может быть использовано не столько в целях фациального анализа, сколько для решения многих других вопросов — корреляции, климатических изменений, определения абсолютного времени формирования отложений и др.

4. Для получения правильных генетических выводов необходимо выявить не один признак, а сочетание ряда признаков слоистой текстуры, которые необходимо увязать с другими литологическими и геологическими признаками: структурой и составом породы, с характером имеющихся включений, условиями залегания и стратификацией всей толщи и др. Генетическая расшифровка слоистости не заменяет, но весьма существенно дополняет остальные признаки, значение которых общеизвестно.

5. Приведенные таблицы даны не для всех существующих в природе фаций, а лишь для тех, которые наиболее распространены и чаще всего встречаются в ископаемых отложениях. Кроме того, для некоторых фаций пока еще нет достаточного количества фактических наблюдений, которые позволили бы включить их в таблицы, а данные о ряде фаций еще требуют уточнений и дополнений. В дальнейшем изучении нуждаются текстуры органогенных, хемогенных и вулканогенных отложений, а также диагенетические и другие вторичные текстуры.

Поэтому табл. XV — XVIII можно считать классификационными лишь с определенной долей условности. Большое значение слоистости в качестве генетического признака пород в настоящее время несомненно. Поэтому сейчас все шире развертывается изучение слоистых текстур. При все большем накоплении уже не случайного, а целеустремленно собранного по единой методике фактического материала, естественно, может быть предложено более дробное подразделение ряда выделенных генетических типов слоистости (например, среди морских фаций), уточнение некоторых из них (например, для баров и пересыпей), возможно, и выделение новых генетических

типов, еще не описанных (например, среди отложений вулканических областей). Этого не надо бояться. Наоборот, каждое несоответствие предлагаемым таблицам надо особенно тщательно описать и проанализировать, а ни в коем случае не стараться втиснуть наблюдаемое явление в ту или иную графу уже существующих схем. Конечно, при этом надо соблюдать чувство меры и не возводить в ранг нового типа любое отклонение (какие-то незначительные отклонения всегда могут быть при природном многообразии). Выделение нового типа слоистости надо обосновать, доказать и дать его признаки. Обо всех этих вопросах думать надо в поле, не откладывая все соображения о возможной генетической принадлежности пород на камеральный период. Только после накопления единообразного и всеобъемлющего материала, равноценного для всех фаций, можно будет говорить о создании полной генетической классификации слоистых и других текстур осадочных пород.

Примеры генетического определения[1] слоистых текстур по их морфологическим признакам

1. Порода — песчаник мелкозернистый, очень хорошо отсортированный.

Слоистость косая, крупная, смещенная, веерообразно-разнонаправленная. Границы серий прямые. Слойки прямые, параллельные, тонкие, однородные, неотчетливые; углы наклона слойков в пределах около 30—32°, в серии слойки распределены равномерно. В одном месте было замечено клиновидное схождение слойков вверху серии. Растительных остатков и фауны нет, прослоев со слоистостью других типов нет. Песчаник подстилается прибрежно-морскими отложениями.

Мы видим, что все перечисленные признаки отвечают эоловым отложениям прибрежно-морских дюн. Но большинство указанных морфологических признаков слоистости характерно и для отложений подводной части дельты, которые также могут присутствовать в прибрежно-морском комплексе.

Однако для дельтовых отложений не типична столь хорошая сортировка осадка, в них обычно имеется примесь более грубозернистого материала и гальки, а также прослои с текстурами другого типа, в частности — со слоистостью ряби. Толщина слойков у дельтовых отложений обычно больше, а угол наклона слойков изменяется более резко; кроме того, в них не встречается клиновидного схождения слойков вверху серии. Все это позволяет нам считать описанные текстуры не дельтовыми, а эоловыми.

2. Порода — алевролит крупнозернистый с примесью мелкозернистого.

Слоистость волнистая, мелкая, сильно срезанная (перекрестная), вогнутая, симметричная. Слойки параллельные, однородные, тонкие (толщина 1—2 *мм*), распределены в серии равномерно. Длина волн 5—6 *см*, высота их около 0,5 *см*, преобладающий индекс ряби — 10. Слоистость отчетливая, границы серий подчеркнуты черным глинистым налетом. Размер серий в слое очень выдержан.

Встречаются прослои полого-волнистослоистые, в которых преобладает алевролит мелкозернистый. Местами заметны нарушения слоистости донными животными. Прослоев с крупной косой слоистостью нет.

В данном примере один из признаков, а именно — симметричный характер мелкой волнистой слоистости указывает на формирование осадка в зоне волнений на дне моря при относительно небольших глубинах. При этом отчетливость, равномерность и однородность слойков свидетельствуют о том, что это была не самая прибрежная и не слишком мелководная часть

[1] См. таблицы XVI—XVIII.

бассейна. Осадкам этой зоны свойственны и все остальные отмеченные текстурные признаки.

Таким образом, в данном случае можно довольно легко и достаточно точно сделать вывод о фациальной принадлежности осадка.

3. Порода — песчаник мелкозернистый, сортировка хорошая.

Слоистость горизонтальная, равномерная, простая, правильная (слойки не образуют серий и поэтому подтип по размеру не определяется).

Слойки однородные, средней толщины (около 1 *см*), отчетливые, выдержанные. Слоистость подчеркивается присутствием пластинок слюды на плоскостях наслоения. Прослоев с иной текстурой нет.

Правильный, ничем не нарушенный рисунок этой слоистости и ее выдержанный характер указывают на седиментацию в весьма спокойной обстановке на относительно большой глубине вне действия волн и течений. Такие условия могут быть либо на дне моря, либо в центральной части крупных и глубоких озер. Но для осадков последних весьма типична прямая ритмическая сортировка внутри слойков; для морских же отложений более характерно однородное (или двучленное) строение слойков. Поэтому несколько больше оснований считать, что это отложения морские; однако перечисленные признаки, как мы видим, все же не позволяют уверенно отнести описываемую породу к одной из двух указанных фаций.

Для однозначного решения требуются дополнительные данные: о характере всей толщи в целом, а также о соотношении этих отложений со смежными, расположенными выше и ниже по разрезу или связанными с ними латеральными переходами.

Мы умышленно привели примеры, когда изучение слоистых текстур не сразу выявляет генезис породы.

В других случаях текстура бывает настолько характерной, что признаки слоистости позволяют сразу же однозначно решить вопрос о генезисе породы. Так, например, все признаки слоистости, приведенные в первом примере на стр. 41, указывают на несомненное речное происхождение песчаника. Чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить это описание с таблицей XVI.

ТАБЛИЦЫ ФАЦИАЛЬНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СЛОИСТЫХ ТЕКСТУР (XV—XVIII)

Таблица XV

Связь комплексов различных типов слоистости с отложениями разного генезиса

Типы слоистости (и неслоистые текстуры) \ Отложения				Континентальные																Морские								
				Эоловые			Речные		Ледниковые			Водогенные и застойных вод	Временные потоки	Отложения склонов			Прибрежные				Более глубоководные			Переходные
				Барханы пустынь	Дюны прибрежные	Дюны речные	Лёсс	Русло	Пойма	Флювиогляциал	Озы	Камы	Озера, внутриледниковые	Болота	Пустынные	Овражные	Делювий	Конуса выноса	Сухие дельты	Подводные дельты	Бары, пересыпи	Пляжи, бичи	Вдоль берега	Мелководье	Донные течения	Мутевые течения	Склоновые седименты	Лагуны
Слоистые текстуры	Простые типы	Косая	Очень крупная	●	●			◐							◐					●					◐			
			Крупная	●	●			◉		●	●	●			◉	●				●	●	●			◉			
			Мелкая			●		◉	◉	◐					○	◐				●	●	◐			◉			
			Очень мелкая			◐			◐																			
		Косоволнистая						◐	◉	◉						○				◉	●		⊙	◉				◉
		Волнистая	Несимметричная Крупная																					◐				
			Несимметричная Мелкая	◐	◐			◐	◉	◉										●	◉		◉	◉		◐		
			Симметричная Крупная		◉																			◐		—		
			Симметричная Мелкая																	◐	◐		◐	◉		—		
		Полого-волнистая			◐				◉				◐										◉	◉			◐	◉
		Горизонтальная		—	—	◐	◐	◐	◉		◐	◉	◉	●	◉	○					●			●	◐	◉	◉	◉
	Слоистость обусловленная рельефом дна	Наклонная															●	●	●									
		Заполнения и облекания				●											◕	●					◐				○	
	Сложные типы слоистости	Диагональная							◐						◉										○			
		Пучковидная														◐				◕!	◕!	◕!						
		Елочной	◉!																									
		Сложная волнистая						◉															◐	◉				
		Сложная полосчатая												◐														
Неслоистые текстуры	Текстуры нарушенной слоистости	Заворот верха слойков					◉!																					
		Мерзлотные клинья							◉!																			
		Воздушные карманы																				◐!						◉!
		Взмучивания (и оплывания)																						◉				◉
		Оползание, смятие		◐													◐						⊙	◉		◉		
		Нарушение илоедами																					◉	◉	◐			◉
		Растрескивание						◉																				◐
	Некоторые неслоистые текстуры	Однородная				◉																				⊙		
		Комковатая												◉														

Условные обозначения

◉ *Основной, ведущий тип слоистости, определяющий фацию.*

● *Тип часто встречающийся в данной фации, но не определяющий ее*

◐ *Тип встречающийся не часто или не характерный*

○ *Тип еще никем не отмеченный, но теоретически возможен в данной фации*

! *Особенно характерен для данной фации, хотя может быть встречен редко, в особых условиях.*

— *Характерное отсутствие данного типа.*

Признаки			Отложения	Континентальные: Эоловые: Дюн и вариантов пустынь	Эоловые: Прибрежно-морских дюн	Речные: Русловые	Речные: Пойменные	Ледниковые: Флювиогляциальные	Временных потоков пустынь	Морские: Прибрежно-морские: Позадиприбрежной части дельты	Прибрежно-морские: Баров, пересыпей	Прибрежно-морские: Пляжей, косы	Зоны донных морских течений
Структурные	Порода (гранулометрический состав)	Глина	≈			+	+	+	+	+	+		+
		Алеврит	///			+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +		+ +
		Песок мелкозерн. и среднезер.	∴	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
		Песок крупнозерн. и грубозер.	∴			+ +		+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+
		Гравий, галька, конгломерат	○			+ +		+ +	+ +	+	+	+	
	Сортировка	Плохая						+ +	+ +				
		Средняя				+ +	+ +			+ +	+ +		
		Хорошая		+ +	+ +				+	+		+ +	+ +
Текстурные: Слойки: Серии	Мощность серий	Очень крупная	>1м	+ +	+ +	+			+	+ +		+	+
		Крупная	10см-1м	+ +	+ +	+ +		+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
		Мелкая	1см-10см			+ +	+ +	+		+	+	+	+ +
		Очень мелкая	<1см				+						
	Соотношение границ серий	Параллельная	≡			+ +		+	+				+
		Смещенная	≡	+ +	+	+ +	+ +	+ +		+	+ +	+ +	+ +
		Перекрестная	≡	+ +	+ +			+		+ +			
	Форма серийных швов	Прямая	≡	+ +	+ +	+ +		+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
		Изогнутая	≈	+	+	+ +	+ +	+ +		+ +	+ +		+
	Направление слойков в смежных сериях	Однонаправленая	▨	+ +	+	+ +	+ +	+ +	+ +	+?	+ +	+	+ +
		Разнонаправлен. Веерообразно		+ +	+ +			+		+ +			
		Разнонаправлен. Попеременно	▨		+						+	+	+ +
		Разнонаправлен. Беспорядочно				+	+	+					
	Форма слойков	Прямолинейная	╱	+•	+•	+•		+•	+•	+•		+	+•
		Вогнутая	◡	+•				+•			+•		+•
			◡	+•	+•	+•	+•	+•		+•	+•		+•
			◡										+•
		S-образная	∿										+•
		Выпуклая	◠	+•	+•								
	Усложнение формы слойков	Заворот в обратную сторон.	⊃			+•							
		Волнистость у основания	≈							+•	+•		+•
	Соотношение внутри серии	Параллельные	▨	+•	+•	+•		+•	+•	+•	+•	+•	+?
		Сходящиеся	▨	+•	+•	+•	+•	+•		+•	+•		+•
			▨		+•								
			▨									+•	
			▨										+•
	Мощность слойков	Толстые	>2см			+							
		Средние	0,5-2см	+ +	+ +	+ +	+	+ +	?	+ +	?	+ +	+ +
		Тонкие	<5мм	+ +	+ +	+ +	+ +	+					+ +
	Строение слойков	Однородное		+ +	+ +		?	+ +		+ +		+	+ +
		Двучленное				+ +		+ +		+	?	+ +	+ +
		Сортированное: Прямая сортировка				+ +			?	+			
		Сортированное: Обратная сортировка		+ +	+ +			?					
		Неоднородное *)											
	Отчетливость слойков	Отчетливые				+ +	+	+ +	+ +	+		+	+
		Неотчетливые		+ +	+ +	+ +	+			+	+ +	+	+
	Наклон слойков: Угол наклона **)	Крутой	>30°	+ +	+ +			+	+ +	+			
		Средний	20-30°			+ +	?	+ +		+ +	+	+	+
		Пологий	<20°	+	+	+		+		+ +	+ +	+ +	+ +
	Наклон слойков: Изменение угла наклона в одной серии	Попеременно-нараст. и умень.	≈	?	+•								
		Нарастание угла наклона	▨							+•	+•	+•	
	Распределение слойков в серии	Равномерное	▨	+ +	+ +	+ +	?	+ +	+ +	?	?	+ +	+ +
		Пачечное	▨	+	+							+?	+
		Неравномерное	▨			+ +							
Включения и примеси	Галька	Наличие	●			+ +		+ +		+	+		
	Органические остатки	Растительные	∠		+	+ +	+ +			+ +	+?	+	
		Фауна	ᘓ							+	+	+	+
	Прочие ***)	Грубозернистый материал	•••			+•		+•					
		Слюда	⧖							+•		+•	+•
		Темноцветные минералы	▬					+•				+•	+•
		Тяжелые минералы	■			+•						+•	
		Стойкие минералы	⬭	+•									
	Образование сложных типов слоистости	Диагональная	▨				+	+	+ +				+
		Пучковидная	≪							+	+	+	
		Елочкой	≪	+									

Таблица XVI

Признаки косой слоистости в отложениях разного генезиса

Дополнительные текстурные признаки отложений с косой слоистостью.

Эоловые отложения. Строение серий однородное. Слоистость может подчеркиваться чередованием плотных и рыхлых слойков. Обычно отсутствует слюда. Прослои других типов слоистости не характерны. Слоистость «елочкой» типична для продольных дюн пустынь.

Русловые отложения. В верхней части серий — более мелкозернистый материал и растительный детрит, внизу — более грубые включения и галька. Мощность серий, так же как и размер зерен, в общем уменьшается снизу вверх; изменение текстуры связано с изменением структуры. Грубые включения связаны с общим погрубением материала. Могут встречаться прослои волнистой асимметричной слоистости ряби, косо-волнистой и горизонтальной. Характерен эрозионный размыв в основании толщи.

Пойменные отложения. Обязательно переслаивание косой слоистости с другими типами — косо-волнистой, полого-волнистой и горизонтальной. В нижних горизонтах старичных отложений может быть встречена диагональная слоистость.

Флювиогляциальные отложения. Крупные серии быстро выклиниваются. Имеются прослои волнисто- и горизонтальнослоистые, а иногда с мелкой диагональной слоистостью. Гравий и галька образуют прослои и линзы в мелкозернистом материале и часто располагаются вдоль всего слойка. Структура изменяется независимо от изменения текстуры.

Отложения временных потоков пустынь. Обязательно попеременное чередование косослоистых серий с горизонтальнослоистыми. Отчетливая связь изменения текстуры с изменением структуры. Угол наклона слойков внутри серии обычно очень постоянен.

Отложения подводной части дельты. В середине толщи могут быть серии более грубозернистого состава. Встречается галька в однородном мелкозернистом материале. Типичны прослои с волнистой слоистостью ряби. Иногда — слабый размыв в основании толщи.

Отложения баров, пересыпей, кос. Иногда могут быть почти целиком сложены остатками фауны. Характерна изменчивость текстуры, часты прослои со слоистостью других типов.

Отложения пляжей. Серии однородного состава. Границы серий могут иметь падение в разные стороны, но углы падения всегда пологие. Встречаются отдельные прослои фауны и растительных остатков, в отложениях заднего пляжа — мелкие русла. Прослои со слоистостью других типов не характерны.

Отложения зоны донных течений. В нижней части серий часто присутствуют глина и слюда. Мощность серий может резко и незакономерно изменяться независимо от гранулометрического состава (независимость структуры и текстуры). Встречаются прослои горизонтальной и волнистой слоистости (в том числе симметричной). Иногда может быть встречена диагональная слоистость.

В отложениях всех типов необходимо учитывать (кроме указанных признаков): чем проявляется и чем подчеркивается слоистость; степень отчетливости границ слойков и их серий; возможность изменения вида слоистости в поперечном сечении; нарушения слоистости; смену типов слоистости (строение всей толщи в целом) и другие признаки, значение которых для определения генетических типов отложений показано в тексте.

++ *Признак типичен*

\+ *Признак менее типичен*

+• *Признак дан без указания степени его типичности*

? *Значение признака неясно (мало фактических данных)*

*) *Неоднородное строение слойков возможно для некоторых типов*

**) *Цифры указывают наиболее типичные углы наклона слойков*

***) *Требуются уточнения и дополнения (составлено по неполным данным)*

Кроме того отмечается:
Чем проявляется и подчеркивается слоистость;
Распределение осадочного материала внутри серии;
Распределение серий в пласте и их изменение;
Связь текстуры со структурой;
Типы слоистости, которые могут быть в прослоях;
Смена или чередование типов слоистости в осадочной толще;
Дополнительные признаки (разные для разных генетических типов

Таблица XVII

Признаки волнистой слоистости в отложениях разного генезиса

Признаки			Континентальные: преимущественно прибрежно-морские	Континентальные: речные: пойменные	Континентальные: речные: старичные	Континентальные: флювиогляциальные	Морские: ваттов	Морские: прибрежной мелководной зоны волнений: морская	Морские: прибрежной мелководной зоны волнений: лагунная	Морские: баров	Морские: подводной части дельты	Морские: более глубоководные отложения
Структурные	Порода (гранулометрический состав)	Глина		+	+ +	+	+	+	+ +	+	+ +	+ +
		Алеврит		+	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
		Песок мелкозерн., среднезерн.	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
		Песок крупнозернистый				+	+	+	+	+		
		Гравий, галька, конгломерат						+				
	Сортировка	Плохая										
		Средняя		+•?	+•?	разная			разная	+•		
		Хорошая	+•				+•	+•			+•	+•
Текстурные	Тип слоистости	Косоволнистая	?	+•	+•	+•	+•	+•	+•	+•	+•	+•
		Волнистая: Несимметричная	+•	+•	+•	+•	+•	+•	+•	+•	+•	+•
		Волнистая: Симметричная	+•				+•	+•	+•	+•?	+•?	
		Пологоволнистая			+•		+•	+•	+•	?	+•	+•?
Серии	Мощность серий	Крупная	+ +	+ +			+	+				
		Мелкая	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
		Очень мелкая					+	+	+			+
	Соотношение границ серий	Параллельная				+	+ +					+ +
		Смещенная	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
		Перекрестная		+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +		+ +?	
	Форма серийных швов	Вогнутая	+•	+•	+•	+•	+•	+•	+•	+•	+•?	
		Вогнуто-выпуклая	+•	+•	+•	+•		+•	+•		+•	+•
		Выпуклая	+•									
	Направление слоистости в смежных сериях (косоволнистая слоистость)	Однонаправленная	?	+ +?	+ +?	+ +	?	+ +	+ +	?	?	+ +
		Разнонаправленная				+ +	+ +	+ +	+ +			?
Определение ряби	Симметричность (волнистой слоистости) *)	ДП : ДК										
		$l_2 : l_1$										
	Индексы ряби	Длина l (см)	10-25			10-15 до 50	5-7 см	от 1-3 до 5-7				
		Высота h (см)	0,5	?	?	1-2	~ 1 см	от 1-2 до 5	?	?	?	?
		Индекс ряби l:h	от 10-15 до 30-40			7-10	5-7	от 2-3 до 6 и до 10-30				
Слойки	Форма слойков	Вогнутая	+?	+	+	+	+	+	+	?	?	+
		Вогнуто-выпуклая	+?	+	+	+	+	+?	+			+
		Выпуклая	+?									
	Соотношение внутри серий	Параллельные	+ +				+ +	+ +	+ +	?	?	+ +
		Сходящиеся (в косоволнистой)	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+	+			+
	Мощность слойков	Толстые 2-5 см										
		Средние 0,5-2 см	+ +				+			?	?	
		Тонкие 0,1-0,5 см	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +			+ +
		Очень тонкие < 1 мм	+ +			+ +	+ +	+ +	+ +			
	Строение слойков *)	Однородное	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	?	?	+ +
		Двучленное										
		Сортированное										
		Неоднородное										
	Распределение слойков в серии	Равномерное	+ +	+ +	+ +		+ +	+ +	+ +			
		Направленно-изменяющееся	+							?	?	
		Неравномерное			+ +	+ +	+ +					+ +
	Прерывистость слоистости	Непрерывная	+	+ +	+	+ +	+	+ +	+	?	+	+
		Прерывистая	+ +	+	+ +	+	+ +		+ +		+ +	+ +
Включения	Галька			+		+	+	+	+	+	+	
	Органические остатки	Растительные	+	+ +	+ +		+	+	+ +	+	+	
		Фауна					+ +	+ +	+ +	+	+	+ +
	Прочие *)											
	Образование сложных типов	Пологоволнист. + мульдообразн.					+ +	+ +	+			
		Пологоволнист. + косоволнист.			+ +		+ +	+ +	+ +			
		Линзовидно-волнистая			+ +		+ +	+ +	+ +			
		Линзовидно-полосчатая										+

Дополнительные текстурные признаки отложений с волнистой слоистостью.

Эоловые отложения прибрежно-морских дюн. Крупная волнистая слоистость в разрезе дюн, образуемая облеканием слойков, в другом сечении дает косую. Слоистость может иногда определяться различной плотностью слойков («упаковкой» зерен). Строение серий однородное. Более грубозернистый материал скапливается на гребне валиков ряби.

Отложения прирусловой отмели. Более характерна косо-волнистая слоистость, иногда крупная; симметричная волнистая слоистость обычно отсутствует. Встречаются единичные серии крупной косой слоистости (прирусловых валов) или полого наклонной слоистости отмелей, а также прослои мелкой косой и горизонтальной слоистости. Более грубозернистый материал концентрируется в основании валиков ряби.

Пойменные отложения. Характерно частое чередование различных типов волнистой слоистости с прослоями горизонтальной и мелкой косой, а также отсутствие правильной симметричной волнистой слоистости.

Флювиогляциальные отложения. Слои с асимметричной волнистой слоистостью чередуются в разных соотношениях с прослоями иной текстуры. Симметричная волнистая слоистость отсутствует. Иногда отмечается общее погрубение материала в слое от серии к серии снизу вверх. Нет закономерной последовательности в смене типов слоистости в разрезе. Среди тонкозернистого материала встречаются линзы и прослои значительно более грубозернистые. Нет обязательного изменения текстуры в зависимости от изменения структуры. Остатков фауны и флоры обычно нет.

Отложения ваттов. Характерно чередование разных видов волнистой слоистости, а также образование сложных типов. Проявляется слоистость в чередовании песчаного и илистого материала. Мощность серий довольно равномерная. Встречаются прослои горизонтальнослоистые и линзы со слоистостью наклонной (отложения желобов стока). Характерны нарушения слоистости оползанием, взмучиванием, животными. Ориентированность гребней ряби может быть достаточно выдержанной. Встречаются остатки фауны и даже сложенные ими отдельные прослои.

Отложения прибрежной зоны волнений. Преимущественно волнистая, косо-волнистая и полого-волнистая слоистость разных видов. Встречаются прослои горизонтальнослоистые. Мощность серий довольно равномерная. Характерны нарушения слоистости оползанием, взмучиванием, донными животными. В морских отложениях этой зоны отмечаются прослои с косой слоистостью донных течений, в лагунных — прослои с косой слоистостью баров. Часто волнистая слоистость морских отложений более отчетливая, выдержанная и правильная, чем тот же тип слоистости в отложениях лагун. Фауна в лагунных отложениях — солоноватоводная, в морских отложениях бывает представлена зарывающимися организмами.

Отложения баров. Волнистая слоистость встречается только в прослоях среди косослоистых отложений.

Отложения подводной части дельты. Волнистая слоистость ряби течений и волнений встречается только в прослоях между косослоистыми сериями, которые присутствуют обязательно.

Морские отложения в более глубоководных областях. Волнистая слоистость не характерна, но иногда может образовывать прослои среди горизонтальной и косой в более или менее однородной породе. До глубин порядка 200 *м* может встречаться слоистость и симметричная и асимметричная, на больших глубинах — только последняя. Растительные остатки обычно отсутствуют.

ДП – Длина пологого склона ряби; l_2-его проекция

ДК – Длина крутого склона ряби; l_1-его проекция

**) Нет достаточного количества данных*

++ Признак типичен

+ Признак менее типичен

+• Признак дан без указания степени типичности

? Значение признака неясно (мало фактических данных)

Таблица XVIII

Признаки горизонтальной слоистости в отложениях разного генезиса

Признаки \ Отложения				Континентальные				Переходные	Морские			
				Ледовые (песчаные покровы)	Речные пойменные	Озер	болот	Лагун	Прибрежные: зоны спокойной седиментации	Более глубоководные		
										Мутевых течений	Попереч. течений	
Структурные	Порода (гранулометрический состав)	Глина			++	++	++	++	++	++	++	?
		Алеврит		?	++	++	++	++	++	++	++	++
		Песок мелкозерн., среднезерн.		++	++	++		+	++	++	++	++
		Песок крупнозернистый								+	++	++
		Гравий, галька, конгломерат									++	
	Сортировка	Плохая					+					
		Средняя			+			+?				
		Хорошая		+		+			+	+		
		Ритмичная	Прямая			+		+?		+	++	++
			Обратная	+								
Текстурные признаки слоистости	Серии	Мощность серий	Очень крупная									
			Крупная	?			?		?		++	++
			Мелкая		+	++		++		++	+	++
			Очень мелкая			++		++		++		
	Слойки	Равномерность распределения (слоёв, пачек, серий) в слое	Равномерное	++	+	++		+	++	++	+?	+?
			Направленно-изменяющееся	++		++		+		+	++	++
			Неравномерное		++	+	++	++	+	+	+?	+
		Группировка слойков	Простая	++	++	+	++	++	++	++	+?	+?
			Пачечная	++		++		+	?	++	++	++
			Серийная	+	+	+		+	+	+		
		Правильность формы	Правильная	?	+	++		+	++	++	++	++
			Неправильная		++	++	++	++	++			
		Отчетливость слойков	Отчетливая		++	++		+	++	+	++	?
			Неотчетливая	++	++		++	++		++		
		Выдержанность слойков	Выдержанные	?		++		++	++	++	++	?
			Невыдержанные		++		++	++				
		Мощность слойков	Толстые 2-5 см	+	разная	+	++	++	+	++	++	++
			Средние 0,5-2 см	++		++	++	++	++	++	++	++
			Тонкие 0,1-0,5 см	++		++	++	++	++	++	++	++
			Очень тонкие < 1 мм	+		++	++	++	++	++	?	?
		Строение слойков	Однородное	++	++	+		++	++	++		
			Двучленное		+	++		+?	+	++		
			Сортированное	+?		++		+?		+	++	++
			Неоднородное *)				++					
	Включения	Галька									+	
		Органические остатки	Растительные		++	++	++	+	+	+?		
			Фауна			+		+	++	++	+	?
		Прочие *)										

++ Признак типичен

\+ Признак менее типичен

? Значение признака неясно (нет достаточных данных)

Кроме того указываются: типы слоистости в прослоях, дополнительные признаки (разные для каждого генетического типа)

*) нет достаточного количества данных (требуется уточнение)

Дополнительные текстурные признаки отложений с горизонтальной слоистостью.

Пойменные отложения. Характерны прослои с другими типами слоистости, а также прослои почв неслоистой текстуры.

Озерные отложения. Характерна сезонная слоистость. Иногда встречаются прослои волнистослоистые и неслоистой (комковатой) текстуры. Возможна сложная серийно-ритмическая слоистость. Сортировка внутри слойков чаще несимметричная.

Болотные отложения. Преобладают прослои неслоистой текстуры. Встречаются остатки растений (в том числе — их корневой системы).

Морские отложения зоны спокойной седиментации. Характерны прослои волнистой слоистости разных типов, в том числе симметричной. В более глубоководных отложениях иногда отмечается пачечное строение разных порядков. Часто присутствует морская фауна.

Отложения мутевых течений. Характерно сочетание грубозернистого материала с горизонтальной формой слоистости и постепенное изменение материала от самого грубого до самого тонкого. Встречаются прослои с косо-волнистой (всегда однонаправленной) слоистостью ряби и с асимметричной волнистой слоистостью, но не бывает симметричной волнистой. Фауна чаще переотложенная.

Биогенные отложения*. Характерна сложная полосчатая слоистость.

Хемогенные отложения*. Характерны ритмичность и пачечное строение разных порядков.

Для всех отложений — остальные особенности текстур см. в тексте.

---

* В таблицу не включены.

Раздел V

ЗНАЧЕНИЕ СЛОИСТОСТИ ПОРОД ДЛЯ ФАЦИАЛЬНОГО АНАЛИЗА. ФАЦИАЛЬНЫЕ ОБСТАНОВКИ И ИХ ВЗАИМНЫЕ ПЕРЕХОДЫ. СТРАТИФИКАЦИОННЫЙ ФАЦИАЛЬНО-ЦИКЛИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ

1. Что дает слоистость для фациального анализа

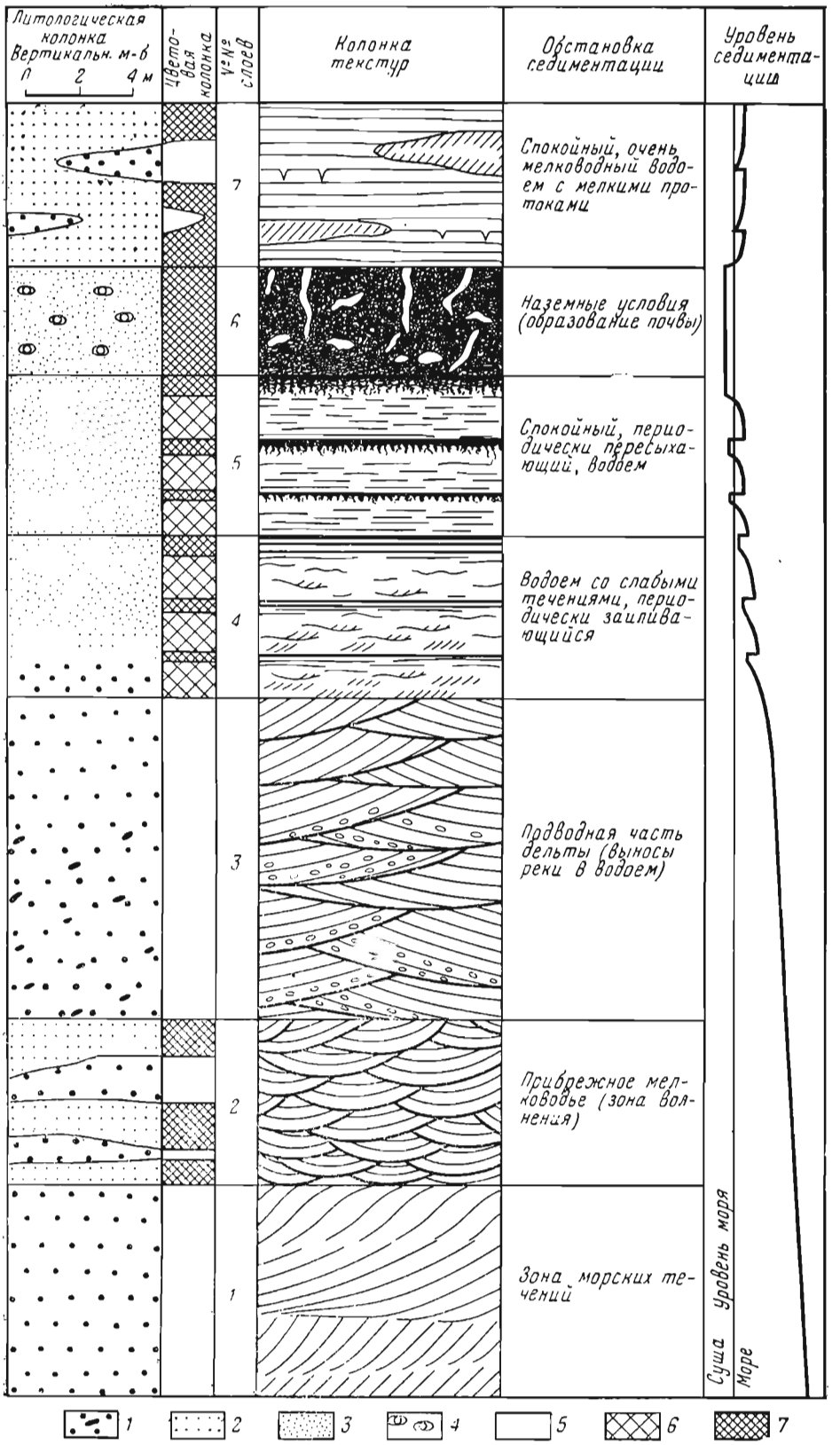
Для чего же нужны столь детальные наблюдения слоистости и действительно ли они заслуживают того, чтобы на них было затрачено время, такое дорогое в полевых условиях?

Значение слоистости и ее особенностей для изучения геологического разреза и его генетической трактовки мы рассмотрим на конкретном примере. На фиг. 132 дана колонка разреза верхнепермских отложений Оренбургского Приуралья, представленных чередованием мелкозернистых и среднезернистых песчаников (с небольшим количеством гальки) и алевролитов. Органические остатки (фауны и флоры) не были найдены в этих отложениях. Внизу разреза залегают породы серого цвета с прослоями красноцветов, а в верхней его части — красноцветы с прослоями сероцветов. Отложения просмотрены по одному обнажению, и, таким образом, их положение в пространстве среди других остается недостаточно ясным. На основании перечисленных данных нельзя сделать выводы ни об условиях образования слоев, ни о направленности процесса седиментации. Но эти немые однообразные толщи оживают, как только мы переходим к анализу текстур этих пород, схематически показанных на отдельной колонке. Прежде всего бросается в глаза большое разнообразие текстур в структурно сходных породах. Два слоя песчаника — 1 и 3 оказываются резко различными по текстурам. Хотя в обоих случаях слоистость косая, крупная, различие их видно по взаимоотношению серий, форме косых слойков, их строению и т. д. Признаки слоистости слоя 1 указывают на формирование его морским донным течением, признаки слоя 3 — на отложение его в подводной части дельты.

На литологической колонке кажутся одинаковыми слои 2 и 7, представленные алевролитами с линзами мелкозернистых песчаников. Однако особенности их текстуры указывают на их генетические различия. Слой 2 обладает отчетливой волнистой симметричной слоистостью, причем одинаковой и в песчаниках, и в алевролитах, которые, следовательно, сформировались при одних и тех же условиях. Слой 7 совершенно иной. В нем отмечена очень тонкая и ровная горизонтальная слоистость, местами со следами взмучивания и иногда с трещинами усыхания. На основании этих наблюдений можно считать, что слой 2 накапливался в прибрежной зоне волнений,

Фиг. 132. Колонка текстур одного из разрезов верхнепермских отложений Приуралья.

1 — песчаник среднезернистый с галькой; *2* — песчаник мелкозернистый; *3* — алевролиты; *4* — конкреции; *5* — сероцветные породы; *6* — красновато-серые породы; *7* — красноцветные породы. Объяснения к колонке текстур даны в тексте


Литологическая колонка
Вертикальн. м-б
0 2 4 м
Цветовая колонка
№№ слоев
Колонка текстур
Обстановка седиментации
Уровень седиментации
7
Спокойный, очень мелководный водоем с мелкими протоками
6
Наземные условия (образование почвы)
5
Спокойный, периодически пересыхающий, водоем
4
Водоем со слабыми течениями, периодически заиливающийся
3
Прдводная часть дельты (выносы реки в водоем)
2
Прибрежное мелководье (зона волнения)
1
Зона морских течений
Суша
Уровень моря
Море
1
2
3
4
5
6
7

тогда как слой 7 — в очень мелководном спокойном водоеме, временами пересыхавшем, в который периодически врывались небольшие бурные протоки, оставившие след в виде линз песчаников с косой слоистостью. Таким образом, песчаные линзы генетически отличны от вмещающих их алевролитов.

Монотонные, на первый взгляд, толщи переслаивания алевролитов в слоях 4 и 5 обнаруживают ритмическое строение. При этом на основании особенностей слоистости внутри ритмов выделяются два типа ритмов, из которых один слагает пласт 4, а другой — пласт 5. В пласте 4 в каждом ритме отмечается внизу мелкая косая и косо-волнистая слоистость, вверх переходящая в полого-волнистую и лишь к самому верху ритма сменяющаяся горизонтальной. Повторяемость ритмов, построенных таким образом, указывает на формирование осадка в водоеме со слабыми течениями, которые периодически замирали. Пласт 5 сложен ритмами, каждый из которых представлен алевролитом — внизу горизонтальнослоистым, а вверху комковатым. Этот ритмически построенный пласт, по-видимому, образовался в очень спокойном водоеме, с периодически возникавшими в нем условиями застоя и даже осушения. Следующий пласт 6 представлен алевролитами комковатой текстуры с древовидными конкрециями, секущими породу поперек к наслоению. Эти отложения по текстурным и другим признакам могут быть отнесены к образованиям специфических ископаемых почв аридных зон.

Соотношение слоев этого разреза показывает, что при их накоплении сначала существовала морская обстановка, сменившаяся прибрежно-морской и дельтовой. Отложения речных выносов дельты сменились отложениями мелкого водоема — сначала проточного, потом застойного и, наконец, наземными образованиями. В данном случае была смена фаций явно регрессивного характера: от морских через прибрежно-морские к континентальным.

Таким образом, в итоге анализа текстур данного разреза выявлено его сложное полифациальное строение, определена генетическая характеристика каждого слоя и выяснена направленность смены фаций во времени. На этом примере можно видеть также недопустимость примитивного подхода к изучению слоистости. Так, например, если только отметить, что нижняя часть разреза обладает косой слоистостью, а верхняя — горизонтальной, то этот признак, да еще в сочетании со структурным (более грубозернистый материал — внизу, более тонкозернистый вверху) может привести к выводу о том, что в нижней части разреза отложения являются более прибрежными. Между тем, в результате детального анализа текстур мы получаем вывод противоположный и устанавливаем, что истинное соотношение фаций как раз обратное.

Кривая в правой части фиг. 132 условно показывает положение области осадконакопления каждого слоя относительно уровня моря. Мы видим, что от слоя 1 к слою 3 седиментация происходила во все более и более мелководных условиях. Ритмичное осадконакопление слоя 4 происходит еще целиком ниже уровня моря, но от ритма к ритму нарастает время, в течение которого осадки накапливаются около этого уровня. В слое 5 седиментация в начале ритмов находится уже на том же уровне, на котором в слое 4 проходила седиментация концов ритмов. Конечное же осадконакопление в ритмах слоя 5 происходит уже при осушении, причем длительность последнего возрастает от ритма к ритму; этот процесс предшествует наземным условиям, наступившим на длительное время, при которых образовался слой 6. Слой 7 накапливался при новом слабом обводнении, в мелком периодически осушавшемся водоеме. Такая последовательность условий седиментации указывает на то, что данный разрез представляет собой единый цикл осадконакопления, с хорошо выраженной «растянутой» регрессивной частью (слои 1—5), нейтральной частью (слой 6) и слабо выраженной трансгрессивной частью (слой 7). При этом конец регрессивной части (слои 4, 5) и начало трансгрессивной части, примыкающие к нейтральной части цикла, имеют ритмическое строение, что

вообще характерно для средних частей циклов, формирующихся в аридных условиях.

Таким образом, от анализа фаций мы переходим к анализу особенностей циклического строения разреза, к выяснению последовательности в нем слоев и пластов, т. е. к характеристике особенностей слоистости толщ (к их стратификации). Переходя от анализа особенностей слойчатости пород к анализу фаций и далее к анализу характера наслоения всей толщи разреза, мы получаем все большее обобщение материала.

Из разобранного примера мы видим, что время, затраченное на описание деталей текстуры, окупается впоследствии теми разнообразными выводами, которые прямо или косвенно можно сделать при анализе этого материала.

2. Слоистость, фации и фациальные обстановки

В IV разделе были кратко описаны текстурные признаки, присущие отложениям определенных фаций. Однако при изучении конкретных разрезов мы обычно сталкиваемся с более сложными случаями, когда наблюдается слоистость в отложениях нескольких фаций, принадлежащих какой-либо единой фациальной обстановке или даже разным обстановкам седиментации. Таблица XV показывает, что один тип или вид слоистости обычно может быть встречен в нескольких фациях, но при этом определяется более точно с генетической точки зрения с помощью ряда дополнительных признаков, кратко сведенных в табл. XVI, XVII и XVIII.

Если рассмотреть этот вопрос с учетом более широко понимаемых обстановок седиментации в соответствии с типами литогенеза, выделяемыми Н. М. Страховым (1960), то оказывается, что многие виды слоистости могут иметь сходные черты в отложениях фаций, принадлежащих весьма различным обстановкам. В табл. 13 показано, какую из фаций данной обстановки характеризует тот или иной тип слоистости. Например, крупная косая веерообразно-направленная слоистость может быть встречена в гумидной обстановке — в прибрежно-морских дюнах; в аридной — в эоловых отложениях пустынь и сухих дельтах; в ледовом комплексе — в отложениях зандров; в прибрежно-морской обстановке — в дельтовых отложениях; в глубоководных морских отложениях такая слоистость не встречается. Подобным образом рассмотрены остальные слоистые и неслоистые текстуры и определена их принадлежность тем или иным фациям перечисленных обстановок. Мы видим, что одни текстуры могут быть встречены в ряде фаций и в разных обстановках, другие ограничены принадлежностью лишь к определенным фациям и обстановкам.

При геологических исследованиях следует учитывать общее сходство (но не тождество) некоторых типов текстур в весьма отличных друг от друга фациях. Однако это отнюдь не означает того, что слоистая текстура не может служить показателем генезиса отложений. Это говорит только о том, что, выявив несколько фаций, к которым может быть отнесен тот или иной тип слоистости (или неслоистой текстуры), необходимо искать еще дополнительные признаки (перечисленные выше при характеристике фаций), позволяющие исключить часть фаций и остановить свой выбор на наиболее вероятной. Если общая обстановка седиментации известна по каким-либо другим данным, то тогда этот выбор значительно облегчается, так как в каждой обстановке определенный тип слоистости большей частью отвечает одной или двум фациям, редко больше. В табл. 13 показаны нарушения слоистости. Так как эти нарушения могут быть присущи не одной, а нескольким фациям данной обстановки, то в таблице эти фации не перечислены, а указан лишь вид того или иного нарушения.

В природе ни одна фация не бывает резко изолирована от других. Еще более сложные соотношения фаций наблюдаются в ископаемых толщах, в которых к сложности распределения фаций на площади добавляется их

Таблица 13

Встречаемость сходных по типу текстур в разных обстановках

Текстуры		Обстановки седиментации					
		континентальная			морская		вулканических областей (для вулканокластических отложений) *
		гумидная	аридная	ледовая	прибрежная	глубоководная и удаленная от берега часть открытого моря	
Крупная косая слоистость	Однонаправленная	Реки	Временные потоки	Флювиогляциальные отложения	Донные течения, реже — бары, пляжи; редко — дельты	Донные течения	
	Веерообразно-направленная	Прибрежно-морские дюны	Эоловые отложения пустынь, сухие дельты	Зандры	Дельты	Нет	
	Беспорядочно-направленная в прямопротивоположные стороны	Нет	Нет	Нет	Бары, пляжи	Нет	
	Попеременно-разнонаправленная	Нет	Продольные дюны (?)	Нет	Донные течения	Донные течения	
Мелкая косая и косо-волнистая слоистость		Реки (русло и пойма), прибрежные части озер	Проточные водоемы	Озы (?). Флювиогляциальные отложения	Бары, косы, отмели, прибрежная зона волнений и течений; лагуны. Прослои в дельтовых отложениях	Слабые донные течения (в том числе среди мутевых)	
Сложные типы	Диагональная слоистость	Старицы	Временные потоки	Флювиогляциальные отложения (?)	Лиманы (?) Проливы (?)	Возможно при периодически возникающих течениях	
	Пучковидная слоистость	Не характерна	Не характерна	Не характерна	Дельты, бары, пляжи	Нет	

Наклонная и облекающая слоистость		Отмели рек. Делювий склонов, озерная дельта (?)	Конусы выноса, сухие дельты, делювий склонов	Морены (иногда) ?	Пляжи, отмели, косы, пересыпи; рифы	Нет	Вулканические конусы стратовулканов
Волнистая слоистость	Асимметричная	Реки (русло + пойма). Прибрежные части озер	Проточные водоемы	Флювиогляциальные отложения	Прибрежное мелководье лагун и морей, ватты; прослои в дельтах и барах	В виде прослоев среди других (?)	
	Симметричная	Нет (иногда может быть немного в озерах)	Нет (иногда сходна с крупной волнистой, облекающей слоистостью эоловых дюн)	Нет	Прибрежное мелководье до глубины около 200 *м*	Нет	
Полого-волнистая слоистость		Реки, озера. Редко застойные водоемы	Любые водоемы	?	Все фации этой области	Нет	
Горизонтальная слоистость	В более тонкозернистых отложениях (в том числе ленточная)	Озера, поймы	Такыры, спокойные водоемы, озера	Камы, ледниковые озера	Лагуны, заливы	Глубоководная зона открытого моря	Некоторые кратерные озера. Пеплопады
	Сортированная слоистость грубозернистых отложений	Горные озера	Нет	?	Нет	Мутевые потоки с континентального склона	Подводные туфы и туффиты
Неслоистые текстуры	Неясная слоистость несортированных отложений и отсутствие в них слоистости	Силевые потоки (иногда — нижняя часть аллювия)	Конусы выноса. Небольшие временные потоки	Морены	Нет (как исключение — у обрывистых берегов)	Ледово-морские отложения	Лахары, грязевые потоки

* Текстуры вулканокластических отложений мало изучены, поэтому в ряде мест этого раздела таблица пока остается не заполненной.

Таблица 13 (окончание)

Текстуры			Обстановки седиментации					
			континентальная			морская		вулканических областей (для вулканокластических отложений) *
			гумидная	аридная	ледовая	прибрежная	глубоководная и удаленная от берега часть открытого моря	
Неслоистые текстуры	Неслоистая комковатая текстура		Застойные водоемы, болота, почвы и подпочвы	Застойные водоемы, почвы и подпочвы	Нет	Нет (иногда — в лагунах)	Нет	
	Неслоистая однородная текстура		Нет	Эоловые лёссы	Нет	Не типично (иногда — впадины дна)	Центральные части открытого моря	
Нарушения слоистости (какие именно наиболее часты в данной обстановке)	Физико-механические деформации		Оползания, обваливания, заворота косых слойков в обратную сторону	Обваливания, оползания (реже)	?	Оползание, взмучивание и взламывание; текстуры воздушных карманов, усложнение волнением косых слойков	Оползания	Нарушения различными включениями
	Деформации от изменения влажности и температуры		Трещины усыхания	Трещины усыхания	Ледяные клинья, морозные трещины, внедрение при оттаивании, криотурбации	Трещины усыхания и растрескивания ила	Трещины растрескивания на дне	?
	Деформации биогенного происхождения	Животными	Ползание и зарывание животных. Вытаптывание при ходьбе	Могут быть следы животных на поверхностях наслоения	Нет	Ползание и зарывание животных (очень типично); следы плавания близ дна	Ползание и плавание у дна животных (но не типично)	Нет
		Растениями	Нарушение корнями	Иногда нарушение корнями	Нет	Иногда нарушение корнями или колебанием водорослей	Нет	Нет
Простая ритмичность слоев			Не типична (иногда — в озерно-болотных отложениях)	Водоемы с переменным режимом и соленые озера	?	Ватты. Прибрежное мелководье	Флиш. Отложения мутевых течений	Пеплопады

Таблица 14

Парагенез фаций и фациальных обстановок разных климатических зон

Отложения	Фациальные обстановки	Основные фации, присущие данной обстановке	Парагенетические связи с граничащими фациальными обстановками (обозначенными номером)	Климатические зоны
Континентальные	1. Речных долин	Русловые, пойменные, старичные	2,3 (в низовьях с 8)	Гумидная
	2. Водоемов и обводненных участков суши	Озер застойных водоемов болот	1,3 (иногда с 8)	
	3. Междуречных плоских водоразделов	Почвы (и кора выветривания), лёссы, овражные отложения	1,2	
	4. Предгорий	Временные потоки, конусы выноса, сухие дельты. Грязевые потоки и сили, делювий, осыпи. Отложения горных озер	5,2 (иногда 15)	—
	5. Пустынь и побережий засушливых областей	Эоловые отложения — барханы. Временные потоки, такыры, внутриконтинентальные соляные озера, водоемы вдоль морских побережий	3,4 (реже 7)	Аридная
	6. Ледниковый комплекс	Флювиогляциальные отложения, озы, камы, морены, друмлины	1	Ледово-гумидная
Переходные прибрежно-морские	7. Морское побережье	Прибрежно-морские дюны, пляжи и отмели, ватты	9	Гумидная
	8. Подводная часть дельты	Отложения речных выносов, зона ряби мелководья	1, 7, 9, 10	
	9. Прибрежное мелководье	Зона волнений и слабых течений. Бары, береговые валы, косы, пересыпи, отмели, лагуны, заливы, бухты, впадины дна	7, 8, 10 (иногда 2)	
Морские	10. Область донных морских течений	—	8, 9, 12	
	11. Область мутевых течений	—	От 9 до 12	
	12. Область спокойной седиментации открытого моря	—	10, 11, 13 (иногда 14)	

Таблица 14 (окончание)

Отложения	Фациальные обстановки	Основные фации, присущие данной обстановке	Парагенетические связи с граничащими фациальными обстановками (обозначенными номером)	Климатические зоны
Морские	13. Ледово-морские отложения	—	12	Гумидная
	14. Эолово-морские отложения	—	12	
Континентальные	15. Вулканический комплекс	Лавовые потоки, пеплопады, грязевые потоки — лахары. Кратерные и другие озера, горячие источники	Чаще 4	Могут быть в разных климатических зонах

сложное переплетение и смена во времени. Подавляющее большинство осадочных толщ полифациально и задача исследователя увидеть как частные фации, так и общую фациальную обстановку накопления осадков и уловить закономерности этого накопления.

В табл. 14 показаны примеры фациальных обстановок и присущих им фаций (также связанных с тем или иным типом литогенеза). Из нее видно, что при изучении слоистости, например в песчаных осадках, сформировавшихся на побережье, мы можем встретить чередование типов слоистости: пологой косой (пляжевой) и косой перекрестной (эоловой — прибрежно-морских дюн).

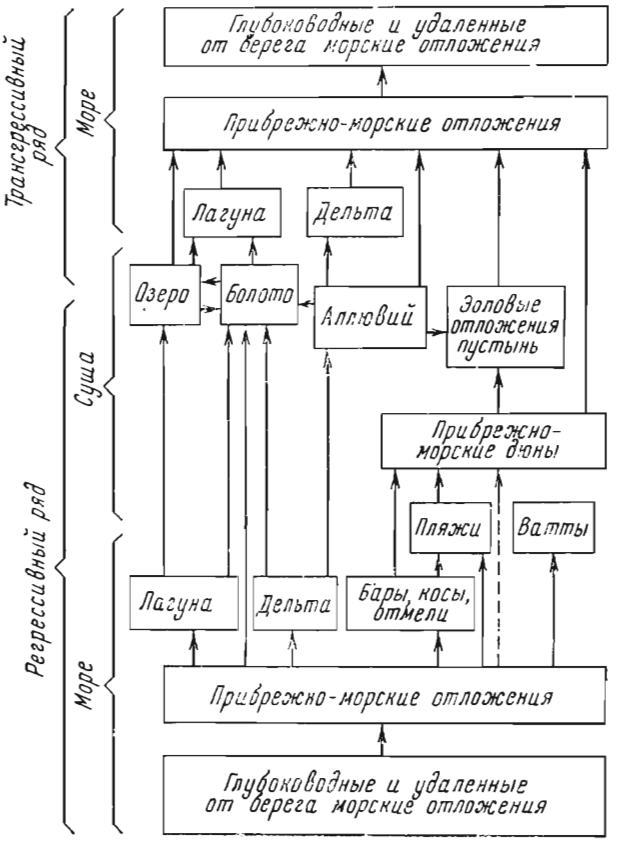
Парагенетические связи определенных обстановок и некоторое смещение последних в пространстве влечет еще большее усложнение той картины, которую мы видим в ископаемых толщах. Например, осадки морского побережья могут чередоваться с волнистослоистыми отложениями прибрежного мелководья, причем по структуре все они могут быть близкими и даже содержать морскую фауну (на побережье — переотложенную). Однако слоистость при этом будет указывать на наличие трех генетически различных отложений: эоловых, пляжевых и прибрежно-морских зон волнений.

В угленосных континентальных толщах ископаемые отложения речных долин часто переслаиваются с отложениями озер, застойных водоемов и болот. В отложениях подводной части дельты могут быть встречены отдельные косослоистые серии, типичные для речных отложений: они отвечают этапу продвигания дельты дальше в море и превращения ее подводной части на некоторое время в надводную, перерезаемую рукавами наземной речной сети. И обратно, при трансгрессии моря, среди дельтового комплекса могут встретиться косослоистые серии со слоистостью, характерной для морских течений.

Следовательно, изучая слоистость, нельзя описывать ее объединенно для всей осадочной толщи в целом, а необходимо предварительно выделить типы и виды слоистости, которым следует дать подробное определение; при этом обязательно надо отметить последовательность и соотношение этих типов друг с другом в разрезе. Отложения разных фаций не только чередуются в результате смещения последних на площади, но и последовательно сменяют друг друга в зависимости от изменения палеогеографической обстановки во времени. При этом существует в большей или меньшей степени определенная последовательность отложений в зависимости от того, какую

общую направленность имеет развитие осадконакопления — регрессивную или трансгрессивную (фиг. 133).

При регрессивном развитии фаций морские глубоководные отложения выше по разрезу сменяются прибрежно-морскими, которые далее могут либо проходить стадию переходных (дельта, лагуна, водоем с периодически меняющимся режимом и др.) и через них в континентальные, либо сразу сменяться континентальными. На любых отложениях (континентальных, переходных и даже прибрежно-морских) при определенных условиях могут развиваться коры выветривания и почвы, отмечая конец регрессивного ряда фаций. Наконец, морские отложения через прибрежно-морские (дюнные) могут смениться эоловыми отложениями пустынь.



Фиг. 133. Схема возможных взаимных переходов отложений различных фаций при регрессивном и трансгрессивном их развитии

Трансгрессивный ряд фаций далеко не всегда образует последовательность, обратную последовательности регрессивного ряда. Например, прибрежное озеро, возникшее из лагуны, при трансгрессии может вновь стать лагуной. Однако эоловые пустынные отложения, развившиеся при регрессии моря на прибрежно-морских дюнах, при трансгрессии его будут в верхней своей части частично уничтожены и переотложены уже в виде прибрежно-морских осадков.

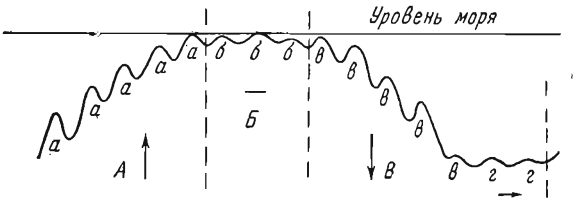
Отложения одних и тех же фаций в ряде случаев различаются по своим признакам в зависимости от того, в каком ряду — трансгрессивном или регрессивном — они находятся (Ботвинкина, 1956). Так, например, лагунные отложения, пришедшие в ходе регрессии на смену прибрежно-морским и сменившиеся болотными, будут отличаться от лагунных же отложений, если эта лагуна развивается на месте приморского болота при трансгрессии.

Поэтому анализ фаций неотделим от изучения особенностей стратификации толщ, в частности от изучения периодичности в осадконакоплении.

3. Основные закономерности циклической стратификации. Фациально-циклический анализ

Вопрос о периодичности осадконакопления и его законах является чрезвычайно сложным и до конца не разработанным, а во многих своих разделах — до сих пор спорным. В то же время периодичность осадконакопления подмечается в самых различных районах и обнаруживается в тех тол-

щах, в которых ранее ее никто не замечал. Поэтому метод фациально-циклического анализа привлекает к себе все больше внимания геологов. В данном кратком руководстве невозможно раскрыть его полностью. Однако метод этот по существу стратификационный и поэтому в данном разделе предельно коротко будут изложены основные выводы автора о закономерностях циклической седиментации в различных осадочных толщах (Ботвинкина, 1952а, б, 1953, 1954, 1956а, 1956б, 1962, 1963). Знание этих закономерностей позволяет понимать циклически построенные разделы. При этом надо иметь в виду, что здесь кратко приведены лишь взгляды автора без сопоставления их со взглядами других исследователей, также занимавшихся анализом ритмичности и цикличности осадочных толщ (Иванов, 1956, 1964; Жемчужников,



Фиг. 134. Кривая, отражающая цикличность разных порядков.

а, б, в, г — элементарные циклы первого порядка (*а* — регрессивные, *б* и *г* — нейтральные, *в* — трансгрессивные). *А* — регрессивная часть мезоцикла (цикла второго порядка); *Б* — его средняя (нейтральная) часть; *В* — трансгрессивная часть мезоцикла

1947, 1955; Жемчужников и др., 1959—1960; Тимофеев, 1955, 1956; Наливкин, 1955; Македонов, 1956, 1961; Казаринов, 1958; Попов и др., 1963, и многие другие).

Полное и всестороннее освещение данного метода, его особенностей, практического применения, а также существующих в нем различных направлений, требует изложения в работе, специально посвященной этому вопросу.

В конце раздела I мы дали определение цикла как комплекса отложений (связанных определенной направленностью их изменения), соответствующего какому-либо законченному этапу в развитии осадконакопления.

Полный элементарный цикл (или цикл первого порядка) состоит из двух основных частей — регрессивной, в которой смена фаций происходит в направлении от морских (или вообще бассейновых) условий осадконакопления к наземным, и трансгрессивной, в которой наблюдается обратная смена фаций. Иногда переход от одной части к другой может быть «растянут» во времени и тогда намечается третья, средняя часть цикла — нейтральная, в которой изменения фаций невелики и колеблются около какого-то уровня без отчетливо выраженной тенденции к изменению (фации занимают более или менее стабильное положение).

Циклы, так же как и ритмы (см. раздел I), могут быть симметричные и несимметричные, однако последние более типичны. Даже если в регрессивной и в трансгрессивной частях цикла имеются отложения одних и тех же фаций, то характер отложений при регрессии все же будет отличаться от характера отложений той же фации в условиях трансгрессии. Таким образом, даже, казалось бы, в симметричных циклах эта симметрия не бывает полной.

Седиментационные циклы следуют друг за другом в осадочной толще, подчиняясь определенной последовательности. Их смена также образует ряды; регрессивный, нейтральный и трансгрессивный (фиг. 134, *А*, *Б*, *В*). Эти ряды образуют цикл следующего, второго порядка (мезоцикл). Мезоциклы образуют цикл третьего порядка и т. д. Таким образом, мы получаем как бы цепь от элементарного цикла первого порядка с мощностью, измеряемой единицами и десятками метров, до крупных циклов *n*-го порядка, соответствующих по своему масштабу свитам и даже ярусам. Протяженность

циклов разных порядков различна. Элементарные циклы прослеживаются на площади на сотни метров, на километры и десятки километров, реже — на сотни километров, а крупные циклы высших порядков — на сотни и даже тысячи километров. В общем, чем выше порядок и чем больше мощности циклов, тем больше площадь, на которой они выдерживаются.

Начало нумерации порядков удобнее вести от меньших к более крупным (а не наоборот, как это часто делают), так как по мере охвата все большей мощности разреза и большего обобщения могут намечаться все более крупные циклы. При обратной нумерации мы должны сразу определить возможный масштаб самого крупного цикла. Но определенный как первый порядок для одного района или толщи при расширении наблюдений он может оказаться подчиненным еще более крупному циклу.

Для трансгрессивной линии развития более типичны морские фации; однако толща трансгрессивного характера вовсе не всегда должна быть представлена морскими фациями (важен не состав ее, а тенденция к изменению). Так, например, если континентальная толща, накапливавшаяся после перерыва в отложении, будет сложена циклами, в которых снизу вверх постепенно будет появляться все больше бассейновых фаций, а в верхних уже начнут появляться типичные морские фации, то у нас есть все основания считать, что эта континентальная толща имеет трансгрессивное развитие; очевидно, она принадлежит началу трансгрессивной части какого-то крупного цикла n-го порядка. Также и наоборот, типично морская толща может иметь более или менее отчетливо выраженный регрессивный характер, если в вышележащих циклах все больше и больше возрастает роль мелководных или прибрежных фаций.

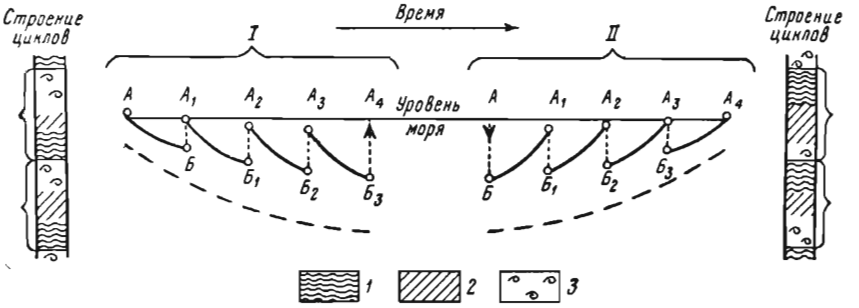
Если циклически построенный разрез представлен попеременным чередованием регрессивных и трансгрессивных рядов фаций, то возникает вопрос, что же считать началом циклов: начало регрессии или же конец регрессии и начало трансгрессии? Казалось бы, этот вопрос не имеет принципиального значения и может решаться в зависимости от желания исследователя. Однако это не совсем так.

В большинстве осадочных толщ, в которых была описана цикличность, начало регрессии отвечает «скачку» в седиментации, более резкой смене отложений. Как показали наблюдения ряда исследователей, регрессия распространяется вообще быстрее, чем трансгрессия, и сказывается в осадконакоплении на всей площади. Поэтому, начиная циклы с регрессии, мы тем самым определяем их нижнюю границу на всей площади, более точно с синхронных горизонтов. Для некоторых толщ регрессивное начало цикла удобнее из-за места в цикле ряда полезных ископаемых (например, если в угленосных толщах за начало цикла принять начало регрессии, то угольный пласт попадет в середину цикла и тем самым мы получим возможность корреляции угольных пластов путем корреляции циклов). Начало регрессии обычно более резко заметно по изменению пород и появлению более грубозернистого материала; если же в строении разреза участвуют наземные, континентальные отложения, то начало регрессии часто фиксируется в разрезе контактом размыва, еще более отчетливо отмечающим границу цикла. Все это говорит за то, что границами циклов лучше считать конец трансгрессии и начало регрессивного ряда фаций.

Однако все сказанное в большей степени типично для толщ регрессивной или нейтральной седиментации, причем именно в них обычно наиболее отчетливо выражено циклическое строение. При устойчиво трансгрессивном характере седиментации цикличность (особенно первых порядков) вообще выявляется хуже. «Скачок» в осадконакоплении может приходиться здесь уже на начало трансгрессии. С трансгрессивной линией развития чаще связаны морские фации, поэтому геологам, изучающим морские свиты, иногда бывает удобнее начинать цикл с начала трансгрессии. Таким образом, вопрос, с чего начинать циклы, может решаться в зависимости от общего ха-

рактера изучаемых толщ и от места циклов в цикле высшего порядка, хотя в большинстве случаев начало их лучше определять началом регрессии.

Если «скачок» на границе рядов очень резкий, то одна какая-либо часть цикла может выпадать, и тогда цикл становится резко асимметричным, представленным лишь одним рядом фаций. В этом случае вопрос о начале цикла отпадает: начало регрессии в одном полуцикле как бы совмещается в разрезе с началом трансгрессии смежного полуцикла, и эта граница, естественно, выявляется как несомненная граница циклов (фиг. 135).



Фиг. 135. Неполные, резко асимметричные циклы, представленные лишь одним рядом фаций.

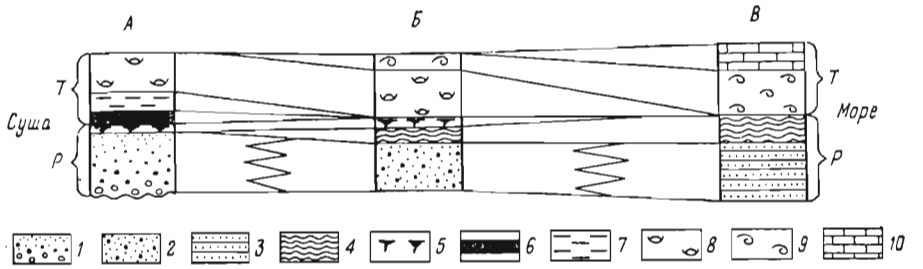
I — трансгрессивные (отсутствуют регрессивные части циклов); *II* — регрессивные (отсутствуют трансгрессивные части циклов). *А* — начало трансгрессии; *Б* — начало регрессии. Справа и слева в колонках схематически показано строение циклов соответствующего типа (*1* — прибрежные отложения, *2* — морские, *3* — глубоководные морские)

Бывает и так, что переход от одной части цикла к другой может быть растянут во времени. Для циклов первого порядка это выражается в слабом изменении близких фаций в конце регрессии и в конце трансгрессии. Для циклов высших порядков это сказывается в появлении нейтральных циклов между рядами регрессивных и трансгрессивных циклов (см. фиг. 134, *Б*, *Г*). Нейтральные циклы, формирующиеся в обстановке наибольшей регрессии, при переходе от регрессивного ряда к трансгрессивному образуют (если принять за начало цикла начало регрессии) среднюю часть мезоцикла, завершающую его регрессивную часть. Но возникает вопрос, куда же присоединить нейтральную часть цикла, формирующуюся в наиболее глубоководных условиях, особенно для циклов высших порядков (см. фиг. 134, *Г*): считать ли ее концом предыдущего цикла или началом последующего? Для циклов первого порядка — это наиболее глубоководные фации, завершающие трансгрессивный ряд. Для мезоциклов (и других циклов высших порядков) — это ряд нейтральных циклов, которые формируются при продолжающемся погружении, но несколько замедленном, благодаря чему оно компенсируется осадконакоплением. Таким образом, и в этом случае нейтральный ряд является завершением трансгрессивного ряда. Поэтому для циклов любого порядка нейтральную глубоководную часть, очевидно, следует считать концом трансгрессивной части цикла.

В однородных толщах, особенно в чисто органогенных или в хемогенных отложениях (например, в карбонатных), смена фаций, создающая цикличность разреза, не всегда видна макроскопически; иногда она может быть выявлена по смене слоев различного состава, определяемой анализами и под микроскопом (см. раздел VI).

Тенденция к закономерной смене фаций обусловлена причинами, действующими на определенной площади, поэтому естественно, что седиментационный цикл выдерживается на большей или меньшей площади, сохраняя значение стратиграфической единицы. Хотя составляющие его фации изменяются, однако общая тенденция их изменений сохраняется. Например,

на фиг. 136 цикл в пункте *А* формировался в положении, наиболее близком к береговой линии, так что на некоторое время этот район становился сушей, на которой формировались речные и болотные отложения (начало цикла отмечено эрозионным размывом, уничтожившим часть предварительно накопившихся отложений). В пункте *В*, наоборот, накапливались только морские отложения, причем наиболее глубоководные; этот район отстоял дальше всего от древней береговой линии. Пункт *Б* занимал промежуточное положение: при регрессивном развитии осадконакопление дошло только до



Фиг. 136. Изменение фациального состава цикла на площади по направлению от суши к морю.

А — аллювиально-лагунный цикл — осадки формировались частично на суше, частично в прибрежной части моря; *Б* — дельтово-морской цикл, занимающий промежуточное положение между циклами *А* и *В*; *В* — морской цикл — осадки формировались в открытом море; *Р* — регрессивные части циклов, *Т* — трансгрессивные части циклов.

Отложения: *1* — речные; *2* — подводной части дельты; *3* — зоны морских течений; *4* — прибрежно-морского мелководья; *5* — заболоченных низин; *6* — торфяного болота; *7* — озерные; *8* — лагунные; *9* — морские глинистые илы с фауной; *10* — морские карбонатные илы

уровня моря, после чего осадки подверглись заболачиванию, а затем вновь были перекрыты морем при трансгрессии. Мы видим, что: 1) разрезы имеют различный фациальный характер; 2) отдельные фации либо выклиниваются (пласты углей, известняка), либо переходят одна в другую (в нижней части цикла аллювиальные песчаники переходят в дельтовые, а последние — в морские). Тем не менее, закономерность смены фаций во времени во всех трех циклах одна и та же. Именно она позволяет прослеживать этот цикл на площади как единый стратиграфический горизонт, более постоянный и выдержанный, чем отдельные, заключенные в нем слои и пласты.

Названия циклов (а следовательно, их типизация) могут быть даны по разным показателям и признакам.

1. По фациям в начале и в конце цикла (на фиг. 136: *А* — аллювиально-лагунный, *Б* — дельтово-морской, *В* — морской).

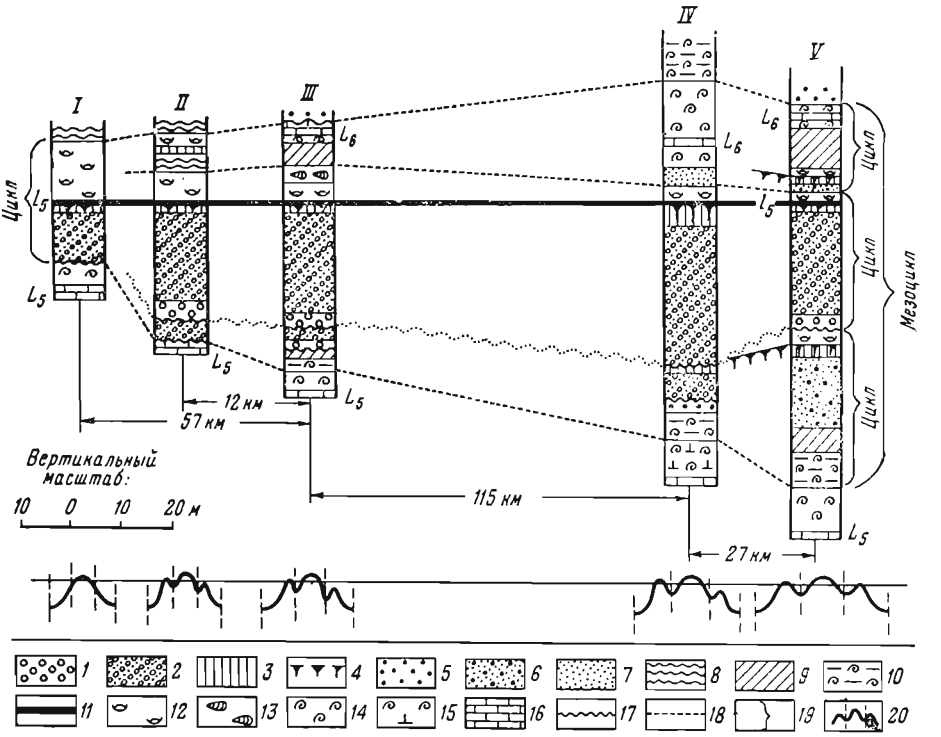
2. По направленности изменения фаций от начала цикла к его концу (т. е. в зависимости от того, в какой обстановке началось его формирование и в какой закончилось). Обычно это связано с местом в цикле следующего порядка. По этому принципу выделяются циклы: регрессивный, нейтральный и трансгрессивный (в частности, циклы *А*, *Б* и *В* на фиг. 136 везде имеют трансгрессивный характер, так как отложения, начинающие цикл, во всех трех пунктах формировались ближе к суше, чем отложения, его завершающие). Основанием для определения регрессивного, нейтрального или трансгрессивного характера цикла служит его классификация по фациям начала и конца (см. выше, пункт 1), а также соотношение мощностей регрессивной и трансгрессивной частей в цикле (преобладание той или другой). Деление по этому принципу очень существенно для выявления закономерностей строения разреза.

3. По преобладающей группе фаций (на фиг. 136: цикл *А* — континентальный, цикл *Б* — переходный, цикл *В* — морской). Эта типизация плоха своей неопределенностью, так как иногда пласт внутри цикла, не

принятый во внимание из-за его небольшой мощности, может указывать на резкое изменение обстановки седиментации.

4. По всем участвующим группам фаций (на фиг. 136: *А* — аллювиально-болотно-озерно-лагунный, *Б* — дельтово-болотно-лагунно-морской, *В* — морской). Эта классификация плоха своей громоздкостью при большом диапазоне изменения фаций в цикле и затруднительна для детального названия морских циклов.

5. По полноте набора фаций и присутствию полностью всех частей цикла (на фиг. 136: цикл *А* — неполный, частично размыта нижняя часть; *Б* и *В* — полные).



Фиг. 137. Расщепление элементарного цикла первого порядка и постепенное превращение его в мезоцикл (цикл второго порядка), состоящий из трех самостоятельных элементарных циклов. Внизу кривыми схематически показано постепенное усложнение строения данного разреза. Средний карбон Донецкого бассейна.

1 — грубозернистые отложения в основании аллювия; *2* — речные отложения; *3* — болотные образования и ископаемая подпочва; *4* — почва угольных пластов; *5* — отложения подводной части дельты; *6* — отложения баров, пересыпей, кос; *7* — отложения донных морских течений; *8* — отложения прибрежного мелководья лагун и заливов; *9* — морские отложения зоны волнений; *10* — алевритовые отложения открытого моря; *11* — отложения торфяного болота (угольный пласт); *12* — глинистые отложения лагун с солоноватоводной фауной; *13* — то же, заливов; *14* — глинистые отложения с морской фауной; *15* — известково-глинистые отложения с морской фауной; *16* — известняки; *17* — линия размыва; *18* — границы циклов на площади; *19* — объем циклов в разрезе; *20* — сложная кривая мезоцикла, состоящего из трех циклов

6. По наличию полезного ископаемого (на фиг. 136: *А* — угленосный, *Б* и *В* — безугольные).

7. По принадлежности к цикличности определенного порядка (на фиг. 136: *А*, *Б* и *В* — элементарные циклы первого порядка).

8. По мощности.

9. По выдержанности на площади и т. д.

Чаще для полной характеристики цикла необходимо давать развернутое определение по нескольким признакам. Например, на фиг. 136: цикл

А — аллювиально-лагунный, трансгрессивный, неполный (с размытой нижней частью), угленосный, хорошо выдерживающийся на площади, но характеризующийся изменениями фациального состава.

На большой площади (особенно в областях краевых прогибов) циклы могут расщепляться и превращаться в циклы следующего порядка. Например, цикл первого порядка, расщепляясь, становится мезоциклом, состоящим из нескольких элементарных циклов (фиг. 137). При этом расщепление обычно происходит за счет усложнения строения средней части цикла; это становится понятным из рассмотрения разрезов и кривых на той же фигуре, а также на фиг. 138.

Для каждого данного структурного региона черты, присущие циклам низших порядков, обычно остаются характерными и для циклов следующих порядков. Это обстоятельство особенно важно учитывать при прогнозе полезных ископаемых.

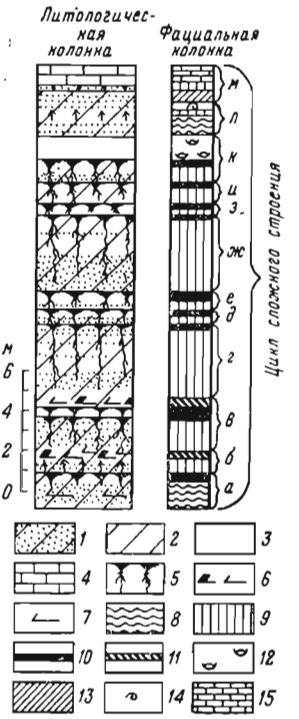
Причины периодичности седиментации различны. Непосредственной причиной могут быть: миграция береговой линии на площади; изменение глубин бассейна; изменение условий питания водоема; усиление или ослабление эрозии на суше; периодические вспышки органической жизни; изменение химизма вод и др. Эти причины, в свою очередь, обусловлены чаще всего или тектоническими движениями, или же климатическими изменениями разного масштаба.

На фоне региональной цикличности, определенной тектоническим режимом региона, часто (особенно в аридных условиях) развивается мелкая ритмичность, не выдержанная на большой площади и обусловленная местными климатическими или палеогеографическими причинами (чаще всего их совместным действием). Такая ритмичность обычно развивается в средних частях циклов и более присуща циклам нейтрального типа, образующимся при минимальном влиянии более сильно действующего тектонического фактора.

Рассмотренный материал показывает, что периодичность седиментации может быть разного рода (табл. 15).

1. Низшая периодичность в седиментации, выражающаяся в изменении вещественного или гранулометрического состава внутри слоя породы; она обусловливается пульсацией механизма седиментации при неизменных фациальных условиях. Эта периодичность создает слоистость внутри осадочной породы (слойчатость) и проявляется в ритмическом повторении слойков или их пачек.

2. Высшая периодичность в седиментации, или цикличность, выражающаяся в смене



Фиг. 138. Сложное строение седиментационного цикла.

а, б, в — ритмы нижней части цикла — «зародыши» регрессивных элементарных циклов; *г — и* — ритмы средней части цикла — «зародыши» нейтральных элементарных циклов; *к — м* — ритмы верхней части цикла — «зародыши» трансгрессивных элементарных циклов, в которых снизу вверх от цикла к циклу все более усиливается роль морской седиментации.

1 — крупнозернистые алевролиты; *2* — мелкозернистые алевролиты; *3* — аргиллиты; *4* — известняки; *5* — корневые остатки; *6* — обугленные растительные остатки (в значительном количестве); *7* — растительный детрит; *8* — отложения прибрежного мелководья лагун и заливов; *9* — отложения застойных водоемов и образования ископаемых подпочв; *10* — ископаемая почва; *11* — отложения озер с большим количеством остатков растений; *12* — тонкозернистые отложения опресненных лагун; *13* — отложения прибрежно-морского мелководья; *14* — тонкозернистые морские отложения с фауной; *15* — карбонатные морские отложения

Таблица 15

Различие типов периодичности осадконакопления

Повторяющиеся седиментационные единицы, их строение	Величина	Проявление периодичности в характере отложений	Степень изменения физико-географической обстановки осадконакопления	Связь с климатом	Связь с тектоникой	Причина периодичного осадконакопления	Образуют текстуру внутри
Слойки, ленты, пачки, простые ритмы	Небольшая: от миллиметров до десятков сантиметров, редко больше	Смена пород (чаще двух, реже трех) внутри одного и того же генетического типа	Постояниая	Могут быть встречены в любых отложениях, независимо от климата	От тектонических движений не зависят	«Пульсация» механизма седиментации	Слоев
Ритмы от простого до сложного	Различная: от сантиметров до метров	Может быть различное: 1) смена пород внутри одного и того же генетического типа; 2) смена генетических типов пород внутри одной фации; 3) смена отложений различных фаций	Общая географическая обстановка постоянна (иногда лишь изменяются ее детали). Физические и химические условия седиментации изменяются в разной степени	Типичны для аридных областей, но встречаются и в гумидных	Проявляются главным образом при затухании тектонических движений. Развиваются в средних частях циклов и более типичны для нейтральных циклов	Изменения климата, физико-химической обстановки, ландшафта	Пластов и осадочных толщ
Циклы обычно более или менее сложного строения	Значительная: от метров до десятков и даже сотен метров	Смена отложений различных фаций	Изменяется	Одинаково присущи и гумидным и аридным областям	Обусловливаются особенностями тектонической жизни данной области	Тектонический режим данной области	Осадочных толщ

отложений различных фаций в осадочных толщах; она обусловливается тектоническим режимом региона. Эта периодичность создает слоистость осадочных толщ (стратификацию) и проявляется в закономерной смене в разрезе различных пород.

3. Промежуточное положение занимает периодичность седиментации, обусловленная климатическими, физико-химическими или палеогеографическими изменениями; под влиянием этих факторов в отложениях могут возникать повторяющиеся элементы разного рода — от мелких ритмов, выраженных лишь в небольшом изменении внутри породы, до фациальных ритмов, или циклов, часто не отличимых с первого взгляда от циклов, имеющих тектоническую природу. Одним из признаков последних может быть описанное выше соподчинение циклов разного порядка.

Различать эти типы периодичности весьма существенно, так как в зависимости от их характера им присущи разные черты, используемые при практических работах, в первую очередь, при корреляции и сопоставлении разрезов, а также при выявлении закономерностей распределения того или иного полезного ископаемого.

Из всего сказанного должно быть понятно, что любую повторяемость пород нельзя считать цикличностью, надо сначала разобраться в ее природе. Также не следует во чтобы то ни стало искусственно выделять ритмы или циклы там, где осадконакопление не носило периодический характер. Но проанализировать разрез с этой точки зрения всегда следует.

4. Основные операции при фациально-циклическом изучении разреза

Порядок работы при фациально-циклическом анализе осадочных толщ в общем примерно следующий.

1. Описание пород и их первичных генетических признаков (в том числе детальное описание слоистости).

2. Составление колонок — литологической, текстурной, органических остатков и других в зависимости от особенностей толщи и характера работ, например: цветовой (при работе в пестроцветных толщах); конкрециеносности и состава конкреций (если они специально изучались); содержания тяжелой фракции или каких-либо минералов (при наличии данных минералогического анализа) и т. д.

3. На основании анализа и сопоставления всех данных определяется фациальная принадлежность каждого слоя и строится фациальная колонка разреза.

4. По смене фаций выделяются регрессивные и трансгрессивные ряды и предварительно намечаются границы циклов первого порядка, а также, если это возможно, циклов следующих порядков. Выделению циклов помогает анализ изменения тех или иных признаков пород, вычерчивание различных кривых, показывающих изменение того или иного признака по разрезу (например, распределения терригенной примеси в хемогенных породах, расцвета той или иной фауны, угленосности, обогащения каким-либо минералом и др.). Иногда циклический характер разреза может быть установлен без точного определения фаций, по закономерному изменению различных признаков пород.

5. Отдельные разрезы сопоставляются сначала на более близких расстояниях (чтобы установить степень выдержанности или изменчивости фаций и циклов в пространстве), а затем — на более значительной площади. При этом могут составляться фациальные профили, блок-диаграммы и другие графические построения по желанию исследователя.

Выявляется характер циклической стратификации: выклинивание, усложнение или расщепление циклов, их последовательная смена и характерные черты. Намечаются маркирующие циклы, обладающие теми устойчивыми признаками, которые позволяют узнавать эти циклы в разных раз-

резах. При их помощи сопоставляются и заключенные между ними «более безличные» циклы. В процессе этой работы окончательно устанавливается разбивка разреза на циклы, которые являются стратиграфическими единицами разреза. Выделяются циклы разных порядков и определяется их соотношение со стратиграфическими подразделениями.

При этом не только определение фаций приводит к выделению циклов, но и наоборот, последовательная смена фаций внутри цикла облегчает фациальную диагностику отложений, не заключающих характерных генетических признаков (на основании места, занимаемого этими отложениями в цикле между фациями более определенными).

Иногда, если это возможно, строятся фациально-палеогеографические карты для какой-либо части цикла (с конкретным распределением на площади рек, морей, озер, болот и других элементов ландшафта) или же более обобщенные — для какой-либо части разреза (на которых показываются площади с устойчивым преобладанием тех или иных фациальных обстановок).

Мы видим, что метод фациально-циклического анализа — комплексный, так как при нем учитываются данные всех частных методов и результаты анализов (минералогического, спорового, химического, структурного и др.), причем все эти данные рассматриваются в их взаимной связи на фоне общего хода осадконакопления.

При фациальном, а тем более при фациально-циклическом анализе геолог представляет себе всю жизнь данной области во время седиментации: миграцию береговой линии, ее конфигурацию, характер речной сети, направление сноса, особенности междуречных пространств, направления течений в водоеме и их интенсивность, глубины морского дна, развитие органической жизни и т. д. Он определяет, как на изучаемой площади с течением времени изменялись фациальные обстановки, как и почему они сменяли друг друга на фоне той или иной направленности развития района и уточняет зависимость этих изменений от характера его тектонической структуры.

Пользуясь фациально-циклическим методом, можно получить всестороннее представление об особенностях хода седиментации и ее изменении в пространстве и во времени, выявить определенные закономерности строения осадочных формаций и их место в геологической истории района.

Выводы, полученные при фациально-циклическом методе исследования, в основном строятся исходя из материала полевых наблюдений, и не требуют специальных сложных или трудоемких лабораторных исследований. Поэтому данный метод доступен любым геологам геологоразведочных партий и производственных организаций. Значение этого метода очень велико для расчленения осадочных толщ, их корреляции, выявления закономерностей распределения полезных ископаемых и решения других практических задач. Некоторые особенности его применения к различным конкретным осадочным толщам будут кратко показаны также в разделе VI.

Раздел VI

СПЕЦИФИКА ИЗУЧЕНИЯ СЛОИСТОСТИ И ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ С ЕЕ ПОМОЩЬЮ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

Общие замечания

Выше было показано значение изучения особенностей слоистости для фациального анализа, который все больше проникает в геологические работы самых различных направлений. Однако изучение слоистости может помочь при решении и других задач, различных в зависимости от направления работ. Такое дополнительное использование этой новой методики еще только намечается, поэтому в нем кратко освещены лишь те специфические направления, по которым, как нам кажется, следует еще изучать слоистость. Разрешение вопросов, поставленных в таком плане,— дело будущих исследований и наблюдений.

1. Съемка и картирование. Расчленение и корреляция разрезов

При съемочных работах одной из первостепенных задач является расчленение разрезов и правильное сопоставление стратиграфических горизонтов разного масштаба.

Расчленение разрезов в немых толщах, сложенных сходными породами, весьма затруднительно. Иногда могут возникнуть неясности при разграничении структурно сходных пород даже разных периодов, не говоря уже о более дробном стратиграфическом делении. Изучение особенностей слоистости может сыграть при этом решающую роль как через фациальный анализ, так и непосредственно путем установления приуроченности тех или иных текстур к определенному горизонту или выявления их закономерной смены в разрезе.

Особенное значение приобретает изучение слоистости пород при крупномасштабной съемке, когда должны быть выделены и сопоставлены даже отдельные слои и пласты. При этом иногда могут оказаться маркирующими отдельные слои с какой-либо характерной текстурой — определенным видом первичной слойчатости или нарушениями. Иногда корреляции разрезов помогает не наличие одного и того же вида слойчатости, а ее направленное изменение (например, от видов, связанных с большей динамикой движения среды, до видов, обусловленных спокойной седиментацией). Анализ слоистости и выявление генетических типов отложений позволяет более уверенно соединить в один стратиграфический горизонт разные породы (например, могут быть объединены алевролиты с морской фауной и немые песчаники, если они обладают одинаковой текстурой, сформированной прибрежным волнением (что указывает на их образование в единой при-

брежной зоне). И, наоборот, иногда нельзя объединять в один горизонт породы, сходные по структуре и составу, но резко различные по текстуре (например, волнисто-слоистые прибрежно-морские песчаники и песчаники с типичной речной слоистостью).

Особенно важно учитывать текстурные особенности пород при съемке в тех районах, где развиты континентальные или смешанные континентальные и прибрежно-морские отложения. Понимание генетического значения текстурных особенностей пород позволяет проводить корреляцию разрезов даже при сильной их изменчивости на близких расстояниях.

Например, в одном разрезе мы видим косослоистые песчаники; в другом разрезе, близко расположенном от первого, предположительно в этом же стратиграфическом горизонте, мы обнаруживаем тонкоритмичное чередование алевролитов. Анализ слоистости указывает на то, что песчаники представляют собой отложения подводной дельты, тогда как тонкоритмичное чередование алевролитов имеет черты, присущие лагунным отложениям. Мы знаем, что в дельтовой области часто образуются заливы или лагуны сложной конфигурации, отгороженные песчаными аккумулятивными образованиями. Одновременно с песками подводной дельты в этих лагунах накапливаются тонкозернистые илы, которые могут быть даже более прибрежными, чем более грубые дельтовые песчаные выносы. Такое понимание разреза позволяет при корреляции объединять эти отложения, различные по структуре, но одновременно сформировавшиеся, в один стратиграфический горизонт.

При корреляции осадочных толщ, обладающих тонкой сезонной ритмической горизонтальной слоистостью (например, ленточных глин, морских осадков и др.), возможны сопоставления методом коннексии, а также путем выявления отдельных маркирующих слойков или их серий (например, слойки с нарушенной текстурой иногда выдерживаются на расстоянии более 10 *км*, а примесь пеплового материала в одном и том же слойке может присутствовать на расстоянии в десятки и даже сотни километров и т. д.

При съемочных работах всех масштабов для расчленения и корреляции разрезов очень большое значение имеет анализ не только слоистости пород, но и закономерностей их стратификации, в частности, изучение периодичности седиментации и выделение ритмов и циклов. Корреляция разнообразных ритмически построенных толщ может проводиться по методике, предложенной для флиша, путем построения ритмограмм. Корреляция циклически построенных толщ осуществляется путем прослеживания циклов разных порядков; при этом чем меньше масштаб съемки, тем более крупные циклы следует учитывать при сопоставлении разрезов. Если мощность последних изменчива, их сопоставлению помогает понимание особенностей расщепления циклов.

Учитывая то, что в пределах одного структурного региона циклы разных порядков подчинены одним и тем же закономерностям, путем изучения строения и особенностей элементарных циклов можно лучше и легче понять эти особенности для крупных циклов высших порядков, а следовательно, и проследить их на площади.

При всех этих наблюдениях над стратификацией толщ нельзя обойтись без изучения слоистости пород, так как для определения ритмов и циклов необходимо понимание внутренней текстуры слагающих их слоев и пластов. Таким образом, как слоистость пород (слойчатость), так и слоистость толщ (стратификация) должны быть объектами внимательного детального изучения для решения вопросов расчленения и корреляции разрезов при картировании и геологической съемке.

2. Изучение слоистости при поисках и разведке различных полезных ископаемых

Осадочные руды (железные, марганцевые, медные и др.)

Многие рудные месторождения осадочного генезиса обязаны своим происхождением сортирующей деятельности моря, речных потоков, волнений в прибрежной части озер. При этом одни и те же факторы (течения, волнения) способствуют и образованию слоистости, и концентрации в осадке рудных компонентов. Поэтому фациальная обстановка формирования первичных рудных накоплений более или менее отчетливо проявляется в текстуре, в частности в слоистости. Между тем, слоистым текстурам руд до сих пор уделялось незаслуженно мало внимания (лишь в последние годы возрос интерес к их изучению). В имеющихся морфологических классификациях, в руководствах и атласах все эти текстуры обычно объединяются под одним общим названием «слоистые». В более подробных классификациях они делятся еще по мощности слоев (причем у каждого автора по-своему) или же разделяются на три типа — слоистые (очевидно, в смысле горизонтальнослоистые), косослоистые и линзовидные.

Как мы видели выше, выделение только горизонтальной и косой слоистости еще ничего не дает с фациальной точки зрения. Линзовидная же слоистость вообще может иметь весьма различное происхождение (образованная волнением, биогенная, вторичная конкреционная и т. д.). Поэтому такое деление далеко не достаточно. При определении слоистости осадочных руд не только возможно, но и необходимо употреблять ту же классификацию, что и для пород вообще, определяя в них те же морфологические и фациально-генетические признаки.

Слоистые текстуры руд чрезвычайно разнообразны и могут быть представлены почти любым типом, встреченным в кластогенных, хемогенных и органогенных осадках, в зависимости от происхождения рудовмещающей породы. При этом приуроченность рудного компонента к первичной текстуре может служить дополнительным указанием на первично-седиментационное происхождение руд. Если руда обладает текстурой, характерной для биогенных пород, то она, вероятно, имеет первично-биогенное происхождение.

Изучение слоистости может способствовать проведению фациального и фациально-циклического анализа осадочных рудоносных толщ (медистых песчаников, марганцевых руд, оолитовых железных руд и др.). По характеру слоистости можно более или менее точно определить условия формирования рудовмещающих отложений, а следовательно, и приуроченность оруденения к определенным фациям (что весьма существенно для правильного направления разведки и эксплуатации месторождений). Приуроченность рудных концентраций к определенным фациям и отсутствие их в породах того же состава, но иного генетического типа, также является свидетельством первично-осадочного генезиса рудных концентраций (например, для некоторых месторождений медистых песчаников установлена приуроченность меди к отложениям подводной части дельты и почти полное ее исчезновение при переходе этих песчаников в морские).

Выяснение приуроченности рудного компонента к слоевым элементам и связи его с периодичностью осадконакопления, кроме решения общих геологических вопросов, важно и для эксплуатации (в частности, например, оно может способствовать правильному проектированию селективной выемки). Характер концентрации рудного минерала и приуроченность его к слоевым единицам также может иметь значение при эксплуатации руд (например, иногда будет выгоднее эксплуатировать более бедные руды, в которых рудный компонент локализован в слойках, чем более богатые, но с рассеянным рудным компонентом, так как в первом случае руды легче поддаются обогащению).

Рудное вещество может быть приурочено к определенным морфологическим видам слоистости и отсутствовать в породе того же состава, но иного текстурного типа. С этой точки зрения слоистость рудоносных пород еще не изучалась, и проведение работ в этом направлении, надо полагать, может дать весьма положительные результаты (в частности, если такая связь рудного вещества и текстуры будет установлена, то тогда определенные виды и разновидности слоистости могут служить поисковыми признаками).

Большое значение может иметь выделение нарушенных текстур, изменяющих процентное содержание руды. Замеры углов наклона косых слойкой в ряде случаев дадут возможность уточнить источники поступления и пути переноса рудного компонента.

Конечно, при проведении всех указанных наблюдений нельзя забывать о специфической особенности руд, заключающейся в том, что их связь с первичной седиментационной слоистостью обычно сильно усложнена вторичными процессами: перемещением и перераспределением рудного вещества при диагенезе, эпигенезе и метаморфизме. В частности, для руд весьма характерна диагенетическая слоистость перераспределения. Поэтому выявление связи рудного компонента с первичной текстурой породы составляет одну из весьма трудных, но вместе с тем и весьма существенных задач. При определении этой связи необходимо учитывать степень подвижности рудного вещества и характер его миграции.

Очевидно, при изучении слоистости осадочных пород рудных месторождений и непосредственно самих руд основными направлениями будут следующие:

1. Выявление типов, видов и разновидностей слоистости, характерных для различных руд в зависимости от типа месторождения.
2. Фациальный анализ рудовмещающих отложений с учетом особенностей слоистости и ее деталей (стратификации и слойчатости).
3. Постановка и решение ряда специфических вопросов при поисках, разведке и эксплуатации, часть из которых была перечислена выше.

Россыпи

Россыпные месторождения руд и других полезных ископаемых, пожалуй, больше, чем какие-либо другие, обусловлены наличием той или иной фациальной обстановки, часто весьма локальной. Так, например, многие россыпи золота приурочены только к определенным частям речных долин, прибрежно-морские россыпи образуются в узкой полосе между линиями прилива и отлива или в зоне прибоя и т. д. Однако, как это ни странно, слоистости отложений, вмещающих полезные ископаемые россыпей, почти не уделялось никакого внимания, а в опубликованных работах встречаются самые примитивные, а подчас и просто неверные представления о ней.

Между тем, изучение слоистости пород, сформированной теми же агентами, которые способствуют концентрации полезного ископаемого в этих породах, безусловно, может дать много дополнительных признаков для определения условий их седиментации (что особенно важно для ископаемых россыпей). Так, например, отмечается, что золото имеет тенденцию скапливаться в плесах, где скорость воды наименьшая. Очевидно, опробование надо производить прежде всего в этих субфациях, причем надо полагать, что в косослоистых сериях золото будет приурочено к их основанию, а в тех случаях, когда серии образуют группы — концентрироваться в нижних сериях группы. Косовое золото, приуроченное к фации прирусловой отмели, участвует в слойчатости, располагаясь параллельно границам слойков в отдельных косослоистых сериях. По-видимому, некоторые неясности относительно косовой металлоносности могут получить расшиф-

ровку, если будет определена взаимосвязь концентрации золота и слоистой текстуры вмещающего его осадка.

В литературе имеются указания на то, что в аллювиальной толще, при постепенном обогащении золота с глубиной, невозможно установить внешние признаки для определения золотоносности. Надо полагать, что именно таким признаком может оказаться характер слоистой текстуры осадка (однако для этого следует провести предварительно соответствующие наблюдения, чтобы выяснить, с каким типом или видом слоистости теснее связано обогащение осадка золотом). Не менее важно установить приуроченность к определенным фациям промышленных концентраций титана, циркона и других полезных ископаемых.

Роль фациального анализа при изучении россыпных месторождений несомненна, поэтому ясна необходимость наблюдений над особенностями слоистости. Знание этих особенностей может помочь:

1) Определить фациальные условия образования того или иного осадка и, таким образом, установить закономерности распределения полезного ископаемого в осадочной толще, а следовательно, и правильнее ориентировать производственные работы.

2) Определить связь полезного ископаемого внутри россыпи с теми или иными субфациями, которые также могут быть выявлены с помощью изучения слоистости (плесы, перекаты, прирусловая отмель).

3) Выяснить приуроченность полезного ископаемого к тому или иному виду слойчатости; при этом текстура, с которой установлена связь полезного ископаемого, может явиться поисковым признаком.

4) Выявить пути миграции осадочного материала, определить местоположения источников сноса, установить влияние притоков (с помощью проведения массовых замеров направления падения косой слоистости).

Детальное изучение слоистых текстур приобретает особенно большое значение для ископаемых россыпей. Вообще на данном этапе наших знаний совершенно недопустимо проводить литологическое изучение россыпных месторождений без учета такого существенного генетического признака, как слоистость.

Фосфориты

В литературе почти нет детальных описаний слоистости фосфоритов, лишь иногда встречаются редкие указания на то, что они «слоистые». Слоистость (слойчатость) присуща преимущественно пластовым фосфоритам, а также зернистым фосфоритам и фосфатизированным породам. Конкреционные и ракушечные фосфориты имеют внутреннюю неслоистую текстуру, но их расположение в толще пород в виде отдельных желваков, параллельных общему напластованию, или даже в виде отдельных горизонтов, создает текстуру толщ: слоеватую или (реже) слоистую.

Разным генетическим типам фосфоритов присущи и различные типы слоистости. Так, например, в фосфоритах, образовавшихся на платформе, встречена волнистая слоистость — смещенная, мульдообразная, вогнутая, слабо асимметричная, разного размера, четкости и выдержанности. Это — текстура, формирующаяся в зоне волнений, причем по величине серий и другим признакам можно судить об относительном изменении глубин бассейна. Слоистость в более крупных сериях иногда имеет пачечное строение. Выявляется эта слоистость попарным чередованием очень тонких слойков разного состава (например, фосфатовых и кремнистых с примесью в тех и в других карбоната).

В фосфоритах геосинклинальных месторождений были обнаружены два вида горизонтальной слоистости (слойчатости):

а) правильная тонкая горизонтальная слойчатость, выявленная чередованием тонких и очень тонких слойков (фосфатных и карбонатных или фосфатных и кремнистых). Слойчатость имеет пачечное строение (ритми-

ческая), степень ее однородности (вид) не определена, так как текстура просматривалась по отдельным образцам. Происхождение этой слоистости, обусловлено пульсационной подачей в осадок материала разного состава.

б) слоистость горизонтальная, то более, то менее правильная, выявляемая прямой ритмической сортировкой компонентов породы, в первую очередь, зерен фосфата (вид слоистости также не определен). Слоистость имеет пачечное строение, слойки тонкие и очень тонкие. Возможно, что образование этой слоистости обусловлено пульсацией мутевых течений, однако мелкий размер текстуры несколько противоречит этому предположению.

Приведенные данные являются очень неполными, и весьма вероятно, что при изучении фосфоритов с этой точки зрения в них будут обнаружены и иные виды слоистости.

Относительно изучения слоистости фосфоритов в общем, очевидно, можно сказать то же, что и для руд: признаки слоистости помогают более точному определению фациальных условий образования продуктивной толщи, а приуроченность полезного ископаемого к определенной фации помогает планированию дальнейших работ. (Так, выявление связи фосфата с определенной текстурой может оказаться поисковым признаком.) Интересен анализ текстур для фосфатоносных пород вулканогенно-осадочного генезиса с целью выявления их отличий от текстур чисто осадочных пород. Наконец, следует обратить внимание на наметившееся текстурное различие фосфоритов геосинклинальных и платформенных месторождений. Весьма перспективным представляется также применение фациально-циклического анализа при изучении фосфоритоносных толщ

Нефтеносные отложения

В последнее время слоистые и другие текстуры нефтеносных толщ все больше привлекают внимание геологов, работающих над их изучением; появился ряд опубликованных работ с описанием типов слоистости, отмеченных в нефтеносных отложениях.

Фациальный анализ нефтеносных толщ очень важен, так как определенные фации являются коллекторами нефти и, следовательно, их выделение и прослеживание составляет задачу первостепенного значения. Установлено, например, что при прочих равных условиях, при одной и той же степени метаморфизма, в одном и том же районе песчаники речного происхождения более пористы, чем морские песчаники того же гранулометрического состава (Жемчужников и др., 1960).

В литературе есть указания, что текстурные особенности пород используются нефтью в процессе миграции, в результате чего характер нефтенасыщения в значительной мере определяется типом текстур, развитых на том или ином участке. Это наблюдение надо признать заслуживающим самого пристального внимания со стороны геологов-нефтяников, так как при положительном результате проверки этих наблюдений может оказаться, что морфологический тип слоистости можно будет использовать в качестве дополнительного поискового признака.

Любопытно отметить, что для многих нефтесодержащих толщ разного возраста и разных районов оказались характерными одни и те же виды слоистых текстур: преобладание неправильной мелкой и очень мелкой полого-волнистой и волнистой слоистости как симметричной, так и асимметричной, часто как бы «растрепанной», подчеркнутой глинистыми прослоями в алевритовом материале. Эта слоистость сопровождается многочисленными мелкими нарушениями в результате деятельности животных — илоедов, зарывавшихся в ил и ползавших по дну (их скелетные остатки отсутствуют). Накопление указанных отложений происходило в крайне мелководных условиях, распространенных на широкой площади, при на-

личии слабых и непостоянных течений и волнений, возможно, вызываемых даже слабым ветром. Остатки большого количества животных, «кишевших» в илу, разлагаясь, сильно обогащали донный ил органическим веществом. Если дальнейшее изучение текстурных и других особенностей нефтеносных толщ подтвердит, что такие отложения для них характерны, то это, в свою очередь, может явиться еще одним доказательством в пользу органического происхождения нефти (что сейчас все больше и больше дискутируется). Таким образом, изучение слоистости нефтеносных толщ, определение фациальных обстановок, их формирования и изменения во времени может помочь геологам-нефтяникам решить ряд неясных вопросов.

Твердые горючие ископаемые (угли, сапропелиты, богхеды, горючие сланцы)

Специфичность слоистости и других текстур твердых горючих ископаемых обусловлена, прежде всего, их биогенным генезисом. Для них весьма характерно спокойное накопление осадочного органического материала на месте, обычно почти без перемещения, в почти неподвижной среде отложения, но при активно протекающих химических процессах. Поэтому слоистость этих пород по форме большей частью горизонтальная (правильная или неправильная, часто — прерывистая, иногда — сложная).

Особенности слоистости обусловлены не динамическим состоянием среды отложения, а различиями исходного материала осадка — его составом, размером и формой органических остатков, способностью их к разложению и наличием или отсутствием минеральных примесей, «разбавляющих» органический осадок. В ряде случаев на формировании слоистости сказываются сезонные изменения (в сапропелитах, горючих сланцах).

В твердых горючих ископаемых слоистость проявляется в наличии прослоев иного состава, чередовании разного биогенного материала (или изменении соотношения слагающих компонентов), в сортировке органических остатков, а иногда — в разной плотности слойков. Для этих пород весьма характерна слоеватость, а также диагенетическая слоистость, особенно выноса (вымывания) и разложения или изменения верхней части слойков.

В углях и горючих сланцах часто образуется линзовидная текстура, обусловленная формой компонентов породы (угли) или скоплением остатков организмов (горючие сланцы Эстонии). Для горючих сланцев Эстонии весьма типичны сложные типы слоистости: неправильно полосовидная и неправильно линзовидная, обусловленные скоплением организмов; для горючих сланцев Поволжья типична сезонная ритмическая слойчатость. Для горючих сланцев вообще характерно нарушение первичной слоистости донными и зарывающимися животными. В богхедах встречаются мелкие текстуры оползания.

Из вторичных текстур в угольных пластах встречается плойчатость. Кроме того, в углях, а иногда и в горючих сланцах, отмечается постдиагенетическая «текстура уплотнения», возникающая в результате того, что под воздействием статической нагрузки округлые компоненты породы (споры или комочки органического вещества) сплющиваются и приобретают ориентировку, перпендикулярную давлению. Такую текстуру уже нельзя назвать слоистостью (хотя бы даже диагенетической); ее надо также отличать от первичной слоеватости пород, обусловленной параллельным распределением компонентов породы еще при выпадении осадка. Последняя обычно подчеркивается послойным распределением минеральной примеси в более зольных углях.

Во всех этих отложениях в редких случаях может возникнуть слоистость косая или волнистая, представленная подтипами мелкой и очень илкой, связанная с движением среды отложения. При этом в органогенной породе обычно появляется примесь обломочного материала. Наличие косой или

волнистой слойчатости в углях обычно является признаком проточности торфяного болота. Крупные подтипы косой и волнистой слойчатости здесь образоваться не могут, так как формирующие их сильные движения воды обязательно унесли бы легкий растительный материал и разлагающееся органическое вещество, и, таким образом, органогенный осадок не смог бы сформироваться.

При определении текстур всех этих пород под микроскопом нельзя забывать о масштабе явлений. Так, например, некоторые исследователи выделяют по шлифам углей волнистую и косую слоистость с величиной волн в доли миллиметра. Совершенно ясно, что столь мелкие изгибы компонентов, слагающих угли, или их наклонное положение в шлифе, являются результатом изгиба и некоторого механического перемещения компонентов осадка при его уплотнении, но ни в коем случае не результатом движения воды — волнений и течений. Поэтому такую вторичную текстуру лучше называть не волнистой или косой, а как-либо иначе (изогнутой, плойчатой), но во всяком случае не относить ее к слоистости, образуемой гидродинамикой среды при отложении осадка.

Также нельзя считать волнистой слоистостью изогнутость штрихов витрена, хотя и видную макроскопически, и соизмеримую с мелкой волнистой слоистостью по размеру, но возникающую при уплотнении осадка. Эта изогнутость создает в срезе угля впечатление пологих волн, но разного размера, изгиба и крутизны. Совершенно недопустимо принимать за косую слоистость сеть параллельных косо расположенных трещин кливажа, к которым приурочена вторичная минерализация.

Термины, применяемые для определения внешнего вида углей, такие, как «полосчатый», «штриховатый», «однородный» и другие, определяются не взаимным расположением компонентов угля, а их удлиненной формой, и, таким образом, для углей эти термины определяют не текстуру, а структуру.

Для твердых горючих ископаемых (как и для других биогенных отложений) характерно, что пласты и слои, формирование которых связано с изменением условий седиментации, могут иметь весьма различную мощность, в том числе и очень небольшую. Поэтому определить слоевые элементы, различить — слоек это или слой, иногда бывает весьма трудно. Основным критерием для их определения служит правильная повторяемость однотипных тонких слойков. Однако если ритмически повторяющиеся слоевые элементы (которые в угольных пластах иногда достигают 10—30 *см*) представляют собой чередование разных пород, с внутренней слойчатостью, то это уже не «слойки», а ритмы. Последние типичны для мощных угольных пластов, сформировавшихся из длительно существовавших торфяников во время нейтральной стадии седиментационного цикла.

Следовательно, пласты твердых горючих полезных ископаемых могут иметь различную внутреннюю текстуру:

1) Тонкослоистую (иногда даже микрослоистую), образующуюся в результате локального, несистематического и кратковременного изменения развития организмов или разложения органических остатков; при этом слои могут быть очень небольшой мощности (даже менее 1 *см*).

2) Слойчатую, связанную чаще всего с сезонными изменениями, представляющую собой повторение однотипных слойков, пар слойков или пачек слойков, причем эти слойки могут иногда достигать значительной толщины.

3) Сложную ритмичную, представляющую собой повторение сходных по строению ритмов, в свою очередь, состоящих из нескольких слоев, каждый из которых может обладать своей внутренней слойчатостью.

Для пластов углей и некоторых горючих сланцев (например, Эстонии) более типична слоистость и ритмичность, для других горючих сланцев (например, Поволжья), сапропелитов и богхедов — сезонная ритмическая слойчатость.

Угольный пласт обычно состоит из слоев углей разного типа (часто называемых в угольной геологии «пачками») и терригенных прослоев. Каждый слой может иметь внутреннюю текстуру — слоеватую, слойчатую или какую-либо иную (землистую, комковатую и др.). Но вообще слойчатость для углей не типична, так как в торфяном болоте обычно нет такого пульсирующего механизма седиментации, который вызвал бы образование однотипных слойков, как это наблюдается в кластогенных и хемогенных отложениях.

Задачи, которые могут быть решены путем изучения слоистости углей, горючих сланцев и сапропелитов, отличны от задач, решаемых для кластогенных пород. Обстановка седиментации твердых горючих ископаемых выявляется по вещественному составу породы. Поэтому для них определения слоистости нужно проводить не в целях общего фациального анализа, а для того, чтобы выяснить частные внутренние особенности данной фации (проточность болота, течения на дне озера и др.). Кроме того, изучение слоистости может помочь: 1) при определении абсолютного времени накопления полезного ископаемого, если в нем обнаруживается тонкая сезонная слойчатость; 2) при выявлении химических процессов, протекавших в осадке (в частности, разложения органического вещества, образования диагенетической слоистости и др.); 3) при анализе мелкой ритмичности седиментации на фоне общего циклического строения толщи (в том числе — для выявления тенденции к расщеплению средней части циклов). Возможны и другие направления изучения внутренней слоистости углей, горючих сланцев и сапропелитов.

Хемогенные отложения: доломиты, известняки, соли, ангидриты, гипсы и др.

Слоистость (слойчатость) хемогенных пород, образующихся без перераспределения на дне выпавшего хемогенного осадка, по форме обычно горизонтальная разных видов (правильная или неправильная) или же облекающая, реже — полого-волнистая. Другие типы слоистости (волнистая, косо-волнистая и косая) в этих породах наблюдаются редко и представлены большей частью сериями малой мощности; они образуются в случае механического перераспределения течениями выпавшего хемогенного осадка (в известняках, доломитах, гипсах). При этом в хемогенном осадке обычно появляется примесь кластического материала (песка, алеврита), способствующего выявлению слоистой текстуры.

Почти для всех хемогенных пород характерна многостепенная ритмичность слоеобразования: от формирования пачек слойков разных порядков до ритмов, состоящих из слоев и пластов, причем именно здесь эти явления часто трудно разграничить (особенно для солей).

Слоистость хемогенных пород проявляется чередованием слойков разного химического состава, а также появлением иного материала (органогенного, глинистого или кластогенного) либо в виде послойной примеси к хемогенному осадку, либо в виде самостоятельных слойков, прослоев и слоев.

Весьма существенным признаком слоистой текстуры хемогенных пород является равномерность или неравномерность распределения в породе слоевых элементов. Часто слоистость имеет сезонное происхождение или является результатом климатических изменений. Кроме того, ритмичность пород (особенно галогенных) может быть обусловлена химической дифференциацией солевого раствора.

Для хемогенных пород весьма характерна диагенетическая слоистость разных типов, особенно слоистость перераспределения, а из текстур нарушенной слоистости — текстуры оплывания и оползания (которые надо отличать от вторичных текстур тектонического происхождения), знаки на-

грузки, а также текстуры взламывания и брекчиевидные. Из неслоистых текстур очень характерны пятнистость и полосчатость; последняя иногда совпадает со слоистостью. Из вторичных текстур часто встречается плойчатость (особенно в гипсах и солях). Разнообразные неслоистые текстуры особенно характерны для гипсов. Слойчатость карбонатных пород имеет обычно более правильную форму, чем пород галогенных, что, вероятно, объясняется частичной перекристаллизацией, а также растворением, легче возникающими в солях.

При изучении слойчатости хемогенных отложений важно обращать внимание на детали внутреннего строения слоевых элементов (в частности, слойков и их пачек), а также на их сочетания, последовательность и направленность изменения в породе и в осадочной толще. Очень существенно разграничить седиментационные текстуры от диагенетических и от вторичных текстур, связанных с последующими процессами преобразования осадка и породы. Для хемогенных пород, так же как и для твердых горючих ископаемых, фациальная обстановка седиментации большей частью ясна из вещественного состава породы. Поэтому определение слоистости имеет значение не столько для широкого фациального анализа, сколько для решения других вопросов:

1) Изучение слоистости помогает выявлению субфаций и деталей обстановки седиментации.

2) Присутствие тонкой хорошо выдержанной сезонной слойчатости в породах (например, в доломитах) указывает на их первично-седиментационное происхождение.

3) Тип диагенетической слоистости позволяет лучше понять химические процессы, происходившие в осадке.

4) Путем детального изучения тонкой горизонтальной слоистости возможно сопоставление разрезов как методом коннексии, так и по выявлению каких-либо маркирующих слойков или их групп. При этом, благодаря однозначному воздействию на осадконакопление климатических, сезонных и других изменений, одновременных на значительной территории, возможно проводить сопоставление отложений, накапливавшихся даже в изолированных друг от друга водоемах (например, засушливый период окажет влияние на озерную седиментацию во всех озерах данной зоны; землетрясения будут одновременно нарушать тонкослоистый осадок во всех водоемах захваченной ими области и т. д.).

5) Путем подсчета сезонных годовых слойков можно определять абсолютное время накопления пластов полезного ископаемого. При этом, особенно для солей, необходимо учитывать возможность их частичного растворения и, таким образом, уничтожения и выпадения из разреза слойков и слоев, сформировавшихся в течение какого-то промежутка времени, даже без заметного перерыва в седиментации и без отражения этого на общем рисунке слойчатости.

6) По характеру слойчатости и слоистости пород, по составу и соотношению слоевых элементов можно представить себе особенности изменения климата и других фациальных условий, происходившие за время их накопления.

7) Выявление приуроченности к различным соленосным породам определенных разновидностей слоистости и других текстур помогает разобраться в распределении полезного ископаемого.

8) Выявление климатической или иной ритмичности разных порядков (особенно — для месторождений солей) дополняет характеристику соленосных формаций и помогает составлению более правильных прогнозов.

Возможно, что в процессе изучения слоистости выявятся еще иные направления ее применения при проведении геологических исследований хемогенных осадочных толщ.

Слоистость карбонатных толщ, в частности известняков, может быть весьма разнообразна по форме в зависимости от их происхождения — хемогенного или органогенного. О текстурах хемогенных пород мы кратко говорили выше. Текстуры органогенных пород резко различны в зависимости от того, являются ли эти известняки биогермными, или же представляют собой скопления органогенного детрита. Текстуры биогермов определяются особенностями жизни и роста слагающих их организмов (кораллы, мшанки, водоросли). Чаще они неслоистые или имеют облекающую текстуру нарастания, несколько напоминающую слоистость (особенно на небольшом образце породы). Кроме того, тело биогерма обычно окаймлено продуктами его разрушения, в которых может присутствовать уже настоящая седиментационная слоистость, чаще всего — периклинально наклонная (ее надо отличать от косой, в которой наклон слойков образуется при перемещении течением донных валов). Наклон же слойков вокруг тела биогерма может быть обусловлен первичным наклоном того субстрата, на котором отлагались осадки, бóльшим уплотнением слоистых рыхлых осадков по сравнению с плотным телом биогерма и, наконец, соскальзыванием осадка по наклонному дну. Иногда риф может быть окружен осадками с эоловой косой слоистостью, возникшей в результате перевевания ветром обломков, образующихся при его разрушении. При изучении толщ, сложенных описанными выше отложениями, следует уделить внимание разграничению слоистости толщ от слойчатости пород.

Иногда колонии периодически нарастающих стелющихся кораллов образуют в осадочной породе своеобразную слоеватую текстуру. Отчетливо слоистое сложение имеют строматолиты. Слоистость в раковинных или детритовых известняках может быть весьма разнообразной, такой же, как и в кластогенных породах. Но так как известняки чаще формируются в спокойных условиях седиментации на дне моря, путем последовательного накапливания раковинного детрита, без его перемещения, поэтому для них наиболее типична горизонтальная слоистость, чаще — неправильная, в ряде случаев, сложная; при этом, в зависимости от формы органических остатков, меняется и вид слоистости, и отчетливость ее проявления. В частности, в детритусовом известняке, состоящем из плоских обломков раковин, слоистость (или слоеватость) видна гораздо более отчетливо, чем в фораминиферовом известняке. Часто в слоях и слойках детритусовых известняков отмечается прямая ритмическая сортировка. Для карбонатных пород очень характерны текстуры нарушения слоистости роющими и илоядными животными, сильно перерабатывающими слоистый осадок, а также брекчии взламывания и текстуры взмучивания. В мергелях встречаются разнообразные ходы червей.

В карбонатных толщах могут быть выделены различные слоевые единицы: горизонты, пласты, слои и слойки, а также ритмы и циклы разных порядков. При этом, так же как и в углях, слои могут быть и очень небольшой мощности. Слойчатость известняков часто определяется сезонными изменениями. Иногда слоистость, по существу горизонтальная, кажется слабоволнистой из-за выпуклой формы створок раковин или изогнутости других органических остатков, особенно если они однообразно ориентированы. Однако наряду с этим в известняках может быть обнаружена и настоящая волнистая или косая слоистость (среди последней — типичная S-образная).

Для известняков характерны диагенетическая слоистость, а также различные вторичные неслоистые текстуры: пятнистая, узловатая, очковая, комковатая, брекчиевидная и др. Слоистость, присущая различным известнякам, позволяет уточнить условия и обстановку их формирования (в зоне донных течений, в зоне волнений на мелководье и т. д.). Однако задачи,

которые решаются для карбонатных пород при помощи изучения слоистости, сводятся не только к их фациальному анализу. Кроме того, слоистость может быть использована для корреляции разрезов; при определении химических процессов, проходивших в осадке; при уточнении особенностей климата; для выяснения приуроченности определенных качественных признаков пород в зависимости от фаций и т. д.

Необходимо обратить внимание на специфику цикличности карбонатных толщ, особенно мощных и, на первый взгляд, монотонных, в которых трудно провести расчленение отдельных разрезов и их увязку. Периодичность осадконакопления в этих толщах может быть выражена не только сменой отложений разных фаций, но и изменением состава пород: изменением соотношения карбонатного и терригенного вещества, колебанием содержания в породе карбонатов разного состава, различным количеством разных органических остатков и т. д. Эти различия состава пород, выявленные химическими и петрографическими анализами и изображенные в виде кривых, позволяют установить особенности циклов разных порядков, сопоставляемых на площади. Но для этого надо провести послойный отбор образцов и шлифов, причем из каждого слоя должно быть отобрано несколько проб, минимум три: из нижней, средней и верхней частей каждого слоя (или ритма), пусть не через правильные интервалы, но обязательно с учетом деталей стратификации. Выявление закономерностей в последовательности наслоения различных слоев, пластов, ритмов и циклов дает поразительные результаты для, казалось бы, однородных и монотонных карбонатных толщ.

Глины и пески, строительные и поделочные материалы

При изучении глин, песков и гравия фациальный анализ и определения слоистости проводились, пожалуй, даже в меньшей степени, чем для других полезных ископаемых. Между тем, ни в одной породе нет такого разнообразия видов слоистых текстур (и морфологических и генетических), как в песках и песчаниках, и, следовательно, один из фациальных признаков выражен именно в них наиболее ярко. Вместе с тем, от принадлежности этих пород к той или иной фации может зависеть их качество как полезного ископаемого. Поэтому фациальный анализ может помочь выбору направления поисковых работ.

Кроме изучения слоистых текстур, необходимо проводить наблюдения над взаимозависимостью текстуры (в частности, разных видов слоистости) и таких признаков породы, как ожелезненность, глинистость песков (или песчанистость глин), повышение содержания в них определенных минералов (слюды, полевых шпатов, тяжелых минералов). Для установления этих зависимостей необходимо каждый раз давать детальное описание внутренней слойчатости для тех слоев, из которых были взяты пробы на минералогический, химический и другие анализы. Вопрос о том, существуют ли эти связи и каковы они, в настоящее время неясен из-за отсутствия соответствующих наблюдений. Однако в случае положительного его решения слоистая текстура пород, большей частью видная макроскопически, может стать поисковым признаком, а также способствовать предварительной полевой оценке качественной характеристики данной породы. Например, если морские косослоистые пески в зоне донных течений обладают определенными признаками, отличными от признаков песков того же гранулометрического состава, но с волнистой слоистостью, сформировавшихся в прибрежной зоне волнений, то с учетом характера слоистости песков могут быть высказаны предварительные соображения об их качественных отличиях. Залежи гравия также различаются по своим свойствам в зависимости от их генетического типа (аллювиальный, флювиогляциальный, прибрежно-морской и др.). Очень важно подметить, существуют ли коррелятивные связи между структурой и текстурой исследуемых пород. Однако

при всех этих наблюдениях надо учитывать не только тип или вид слоистости, но и положение пробы — из какой части слоевого элемента она взята: из нескольких серий, или из какой-либо части одной серии, и из какой именно (в частности, проба песка, отобранная из нижней части крупной, а тем более очень крупной косослоистой серии, может отличаться по механическому и вещественному составу от пробы, взятой из верхней части той же серии).

Изучение слоистости этих пород важно для фациального анализа еще и потому, что последний может иногда помочь решению трудного вопроса о возрасте и расчленении немых песчаных и глинистых отложений, особенно — платформенных.

Слоистая текстура строительных и поделочных материалов при оценке их качества может играть двоякую роль. С одной стороны, разные виды слоистости по-разному могут сказываться на физико-механических свойствах породы (прочности, проницаемости и др.). С другой стороны, рисунок слоистой текстуры сам по себе является качеством, украшающим данный строительный или поделочный материал (например, здание, построенное из обыкновенного косослоистого песчаника, не требует никакой облицовки при соответствующем выборе направления распиловки песчаных глыб).

* * *

В общем можно сказать, что задачи изучения слоистости несколько различны для полезных ископаемых, являющихся составными компонентами осадочных, преимущественно кластогенных пород (медистых песчаников, россыпей, фосфоритов и др.) и осадочных пород, которые сами по себе являются полезными ископаемыми (углей, известняков, солей, песков и др.).

Для полезных ископаемых первого типа, а также для глин и песков основная задача изучения слоистости — способствовать фациальному анализу, играющему очень важную роль при изучении этих отложений. Кроме того, установление связи рудных концентраций с определенным типом слоистости может придать слоистости значение дополнительного поискового признака. Приуроченность полезного ископаемого к определенным фациям и тесная связь его со слоистой текстурой являются одним из признаков его осадочного происхождения.

Для полезных ископаемых второго типа (кроме песков и глин) фациальный анализ играет значительно меньшую роль, так как генезис пород в большинстве случаев ясен по их составу. Наблюдения над особенностями слоистости таких отложений необходимы для: определения субфаций и деталей фациальной обстановки; выявления мелкой ритмичности и особенностей периодического осадконакопления сезонного или климатического происхождения; использования текстуры для детальной корреляции; разграничения и характеристики первичных и вторичных текстур, в частности диагенетической слоистости (при выяснении характера химических процессов, происходивших в осадке и на разных стадиях формирования пород). Наконец, для обеих групп полезных ископаемых признаки слоистости полезно изучать для определения тех свойств пород, которые влияют на их эксплуатацию (к таким свойствам относятся, например, кусковатость и степень дробления горной массы, влияющие на производительность погрузочно-транспортных работ). Кроме того, для отдельных полезных ископаемых иногда намечаются еще и другие специфические направления исследования слоистой текстуры, которые, очевидно, будут расширяться по мере накопления наших знаний об этом признаке.

которые решаются для карбонатных пород при помощи изучения слоистости, сводятся не только к их фациальному анализу. Кроме того, слоистость может быть использована для корреляции разрезов; при определении химических процессов, проходивших в осадке; при уточнении особенностей климата; для выяснения приуроченности определенных качественных признаков пород в зависимости от фаций и т. д.

Необходимо обратить внимание на специфику цикличности карбонатных толщ, особенно мощных и, на первый взгляд, монотонных, в которых трудно провести расчленение отдельных разрезов и их увязку. Периодичность осадконакопления в этих толщах может быть выражена не только сменой отложений разных фаций, но и изменением состава пород: изменением соотношения карбонатного и терригенного вещества, колебанием содержания в породе карбонатов разного состава, различным количеством разных органических остатков и т. д. Эти различия состава пород, выявленные химическими и петрографическими анализами и изображенные в виде кривых, позволяют установить особенности циклов разных порядков, сопоставляемых на площади. Но для этого надо провести послойный отбор образцов и шлифов, причем из каждого слоя должно быть отобрано несколько проб, минимум три: из нижней, средней и верхней частей каждого слоя (или ритма), пусть не через правильные интервалы, но обязательно с учетом деталей стратификации. Выявление закономерностей в последовательности наслоения различных слоев, пластов, ритмов и циклов дает поразительные результаты для, казалось бы, однородных и монотонных карбонатных толщ.

Глины и пески, строительные и поделочные материалы

При изучении глин, песков и гравия фациальный анализ и определения слоистости проводились, пожалуй, даже в меньшей степени, чем для других полезных ископаемых. Между тем, ни в одной породе нет такого разнообразия видов слоистых текстур (и морфологических и генетических), как в песках и песчаниках, и, следовательно, один из фациальных признаков выражен именно в них наиболее ярко. Вместе с тем, от принадлежности этих пород к той или иной фации может зависеть их качество как полезного ископаемого. Поэтому фациальный анализ может помочь выбору направления поисковых работ.

Кроме изучения слоистых текстур, необходимо проводить наблюдения над взаимозависимостью текстуры (в частности, разных видов слоистости) и таких признаков породы, как ожелезненность, глинистость песков (или песчанистость глин), повышение содержания в них определенных минералов (слюды, полевых шпатов, тяжелых минералов). Для установления этих зависимостей необходимо каждый раз давать детальное описание внутренней слойчатости для тех слоев, из которых были взяты пробы на минералогический, химический и другие анализы. Вопрос о том, существуют ли эти связи и каковы они, в настоящее время неясен из-за отсутствия соответствующих наблюдений. Однако в случае положительного его решения слоистая текстура пород, большей частью видная макроскопически, может стать поисковым признаком, а также способствовать предварительной полевой оценке качественной характеристики данной породы. Например, если морские косослоистые пески в зоне донных течений обладают определенными признаками, отличными от признаков песков того же гранулометрического состава, но с волнистой слоистостью, сформировавшихся в прибрежной зоне волнений, то с учетом характера слоистости песков могут быть высказаны предварительные соображения об их качественных отличиях. Залежи гравия также различаются по своим свойствам в зависимости от их генетического типа (аллювиальный, флювиогляциальный, прибрежно-морской и др.). Очень важно подметить, существуют ли коррелятивные связи между структурой и текстурой исследуемых пород. Однако

при всех этих наблюдениях надо учитывать не только тип или вид слоистости, но и положение пробы — из какой части слоевого элемента она взята: из нескольких серий, или из какой-либо части одной серии, и из какой именно (в частности, проба песка, отобранная из нижней части крупной, а тем более очень крупной косослоистой серии, может отличаться по механическому и вещественному составу от пробы, взятой из верхней части той же серии).

Изучение слоистости этих пород важно для фациального анализа еще и потому, что последний может иногда помочь решению трудного вопроса о возрасте и расчленении немых песчаных и глинистых отложений, особенно — платформенных.

Слоистая текстура строительных и поделочных материалов при оценке их качества может играть двоякую роль. С одной стороны, разные виды слоистости по-разному могут сказываться на физико-механических свойствах породы (прочности, проницаемости и др.). С другой стороны, рисунок слоистой текстуры сам по себе является качеством, украшающим данный строительный или поделочный материал (например, здание, построенное из обыкновенного косослоистого песчаника, не требует никакой облицовки при соответствующем выборе направления распиловки песчаных глыб).

* * *

В общем можно сказать, что задачи изучения слоистости несколько различны для полезных ископаемых, являющихся составными компонентами осадочных, преимущественно кластогенных пород (медистых песчаников, россыпей, фосфоритов и др.) и осадочных пород, которые сами по себе являются полезными ископаемыми (углей, известняков, солей, песков и др.).

Для полезных ископаемых первого типа, а также для глин и песков основная задача изучения слоистости — способствовать фациальному анализу, играющему очень важную роль при изучении этих отложений. Кроме того, установление связи рудных концентраций с определенным типом слоистости может придать слоистости значение дополнительного поискового признака. Приуроченность полезного ископаемого к определенным фациям и тесная связь его со слоистой текстурой являются одним из признаков его осадочного происхождения.

Для полезных ископаемых второго типа (кроме песков и глин) фациальный анализ играет значительно меньшую роль, так как генезис пород в большинстве случаев ясен по их составу. Наблюдения над особенностями слоистости таких отложений необходимы для: определения субфаций и деталей фациальной обстановки; выявления мелкой ритмичности и особенностей периодического осадконакопления сезонного или климатического происхождения; использования текстуры для детальной корреляции; разграничения и характеристики первичных и вторичных текстур, в частности диагенетической слоистости (при выяснении характера химических процессов, происходивших в осадке и на разных стадиях формирования пород). Наконец, для обеих групп полезных ископаемых признаки слоистости полезно изучать для определения тех свойств пород, которые влияют на их эксплуатацию (к таким свойствам относятся, например, кусковатость и степень дробления горной массы, влияющие на производительность погрузочно-транспортных работ). Кроме того, для отдельных полезных ископаемых иногда намечаются еще и другие специфические направления исследования слоистой текстуры, которые, очевидно, будут расширяться по мере накопления наших знаний об этом признаке.

3. Изучение текстур современных и четвертичных отложений

Фациальная обстановка образования современных и четвертичных (отчасти третичных) отложений обычно бывает ясна, она выявляется исходя из морфологии осадков, их взаимоотношения, структуры и ряда других признаков. Поэтому для выяснения фациальных условий седиментации текстурные признаки этих отложений (в частности, особенности их слоистости), обычно не нужны. Однако наблюдения над слоистостью именно этих отложений все же имеют первостепенное значение, причем как бы прямо противоположное тому значению, какое они получают при фациальном анализе ископаемых толщ. В данном случае нам с большей или с меньшей точностью известна обстановка седиментации, причем иногда мы можем непосредственно наблюдать механизм образования осадка и его слоистой текстуры. Поэтому детальное описание признаков последней, возникающих в точно известных условиях, может дать геологам ключ для решения обратной задачи: по особенностям слоистой текстуры ископаемых пород восстановить фациальную обстановку их седиментации и определить механизм слоеобразования.

Даже те, пока еще немногие работы, которые были проведены до сих пор в таком аспекте, уже позволили сделать обобщения и выводы, кратко изложенные в разделе IV. К сожалению, работ такого типа пока еще далеко не достаточно.

Если бы геологи при изучении современных и четвертичных отложений различных фаций давали бы подробное описание морфологических признаков их слоистости, то мы имели бы прекрасный сравнительный материал и твердую основу для составления детальной генетической классификации слоистости и выявления наиболее характерных и существенных признаков слоистых и других текстур в отложениях любых фаций.

Для составления полного представления о слоистости, ее формировании и причинах ее возникновения, недостаточно только установить принадлежность данного вида слоистости к определенной фациальной обстановке. Не менее важно выяснить самый механизм ее образования и механизм формирования того или иного ее признака (формы слойков, их соотношения и строения и др.) в зависимости от различных факторов седиментации. Исследований подобного рода также пока еще очень мало.

В настоящее время, к сожалению, приходится констатировать то печальное положение, что геологи, наблюдающие слоистость в горных породах разного возраста, часто не могут объяснить причину и механизм возникновения именно данной ее разновидности, а специалисты, изучающие механизм перемещения и формирования современных осадков, совершенно не обращают внимания на возникающую при этом их внутреннюю текстуру, в частности на слоистость. А как было бы полезно для решения многих геологических задач, если бы геологи, изучающие осадок в процессе его формирования (гидрологи, океанологи и др.) и поведение тех или иных форм осадка в зависимости от условий его образования, обратили бы внимание и на его текстуру, выяснив, от чего зависит появление тех или иных ее особенностей. Гидрологи, изучающие режим рек, могли бы установить особенности текстуры, образующейся в осадке в разных частях русла при разных состояниях речного стока и т. д. Океанологи, наблюдая изменение осадка в прибрежной части моря, могли бы дать исчерпывающую характеристику слоистости пляжей, баров, дельт и других аккумулятивных образований. Много полезного с этой точки зрения можно бы было сделать при проведении работ по изучению перемещения осадков на дне искусственных водохранилищ.

При изучении океанических отложений, в том числе и глубоководных, также очень важно с самого начала уделять внимание текстурным особенностям внутри осадков (слойчатости), а не только слоистости, выраженной

в смене разных пород. Отбор колонок грунта с ненарушенной текстурой и детальное изучение последней по единой методике могут дать существенно новые данные для фациального анализа ископаемых отложений, определение глубин накопления которых производится пока что весьма приблизительно, по косвенным данным.

Наконец, кроме всех этих задач, в ряде случаев изучение слоистости может пролить свет на происхождение и условия формирования даже и некоторых молодых отложений. Так, например, к решению спорного вопроса об условиях образования камов, озов, друмлинов и некоторых других типов осадков, связанных с оледенением, безусловно следует привлечь и детальный анализ слоистости этих отложений.

Таким образом, детальное описание слоистых текстур в современных и четвертичных отложениях имеет огромное значение для развития литологии. Его следует проводить везде, где это возможно, независимо от того, что оно, может быть, ничего не добавит к выводам о происхождении именно данных отложений.

Перенося наблюдения над современными и четвертичными отложениями на ископаемые горные породы, надо учитывать также и их различие.

Во-первых, оно заключается в том, что в современных, особенно в наземных отложениях мы видим чрезвычайно большое разнообразие мелких субфаций, деталей, часто сменяющихся и в пространстве, и во времени. Эта пестрая картина в ископаемых отложениях обычно несколько упрощается, так как далеко не весь образующийся осадок (и далеко не всех субфаций и обстановок) сохраняется, захоронается и переходит в ископаемое состояние. Например, в аллювиальной ископаемой толще одной речной долины, сформировавшейся в течение ряда тысячелетий, мы видим лишь несколько десятков косослоистых серий, хотя несомненно, что за время существования реки по ее дну прошло неизмеримо большее количество косослоистых донных песчаных валов. Мигрирующие аккумулятивные формы (например, бары) в ископаемой толще выражаются в виде единого пласта, сформированного их многократным перемещением («баровое поле» по А. В. Македонову) и т. д. Таким образом, в геологическом разрезе мы видим уже суммарный результат формирования и накопления осадков, причем в нем зафиксирована лишь некоторая часть тех процессов, которые действовали в условиях данного ландшафта. Происходит как бы упрощение сложной картины, непосредственно наблюдаемой нами (которое, однако, отнюдь не означает того, что в ископаемой толще получается полное нивелирование и усреднение признаков пород, как это считают некоторые исследователи).

Во-вторых, если особенности седиментации и возникающих текстур изучены в наиболее доступных нашему наблюдению участках — в относительно небольших водоемах и озерах, в мелких реках, озерных дельтах и т. д., то полученные данные нельзя безоговорочно переносить на осадки, формирующиеся в крупных водоемах — морях и океанах, многоводных реках, в крупных дельтах рек, впадающих в море, и т. д. Надо обязательно учитывать, что в этих обстановках существует значительно большее количество взаимодействующих факторов седиментации, создающих более сложные комбинации текстур в осадке.

Наконец, в-третьих, необходимо учитывать и особенности исторического развития Земли, специфичность агентов переноса и обстановок седиментации, характерных как для современности, так и для разных геологических эпох.

С учетом всех этих обстоятельств планомерное изучение текстур современных и четвертичных отложений, проведенное по единой методике, несомненно сыграет огромную роль для фациального и палеогеографического анализа ископаемых толщ.

4. Изучение флиша

Н. Б. Вассоевич (1948, 1951 и др.) и другие исследователи детально разработали методику изучения таких своеобразных осадочных толщ, как флиш, и, в частности, методику изучения его слоистости, подробно и ясно изложенную в ряде статей и в специальной книге (Вассоевич, 1948—1949). Вообще во флише, при малых мощностях слоев и его мелкой ритмичности, труднее, чем в каких-либо других отложениях, провести границу между слоистостью и слойчатостью и решить, являются ли элементы ритмов слоями или слойками? Однако, исходя из того, что элементы ритма зачастую имеют свою внутреннюю текстуру, в том числе слоистую, их все же следует считать слоями с постепенными переходами внутри ритма и резкими — на границе ритмов. Представляется довольно удачным применение к флишевому ритму термина «многослой», предложенного Н. Б. Вассоевичем. Если же принимать, что пласт — тоже «многослой», то флишевые ритмы, возможно, следует считать пластами особого типа. На этом основании особенности слоистости флишевых толщ необходимо рассматривать уже в связи с изучением общих закономерностей формирования слоистости осадочных толщ вообще.

Что же касается слоистости внутри слоев, являющихся элементами ритма (т. е. слойчатости), то, судя по описаниям, обычно она наиболее заметна в первом, нижнем, более грубозернистом элементе ритма. Слоистость в нем бывает косой и косо-волнистой, по-видимому, связанной с рябью течений. Иногда же первый элемент ритма (I э. р.) бывает горизонтальнослойчатым или даже совсем неслойчатым. Слоистость в I э. р. часто нарушается оползанием и текучестью осадка. Второй элемент ритма обычно лишен явной слойчатости, но в нем иногда отмечается горизонтальная слоеватость. Для верхней его части характерны ходы илоедов. Третий элемент ритма обычно неслойчатый.

В дополнение к тому, что было уже сделано и делается по изучению слоистости флишевых отложений, можно рекомендовать следующее:

1. При наблюдениях слойчатости обратить внимание на то, как изменяется текстура (слойчатость) внутри каждого элемента ритма. В частности, каковы преобладающие типы слойчатости (морфологические и генетические) в I э. р., особенно в самой нижней его части. Какова мощность косослоистых серий в I э. р., их форма и другие признаки. Имеется ли внутри I э.р. горизонтальная ритмически сортированная слойчатость, характерная для мутевых течений, и какова величина ее слоевых единиц (слойков, пачек). Как связана текстура и ее изменение с изменением мощностей ритмов. Изменяется ли слойчатость на площади внутри каждого элемента ритма (по протяженности ритма). Так детально следует рассмотреть внутренние текстуры не только первого, но и остальных элементов ритма, а также изменение этих текстур на фоне ритмограммы. Может быть, стоит продумать способы графического изображения данных о текстуре (в виде кривой, диаграммы и т. п.), составляемого параллельно с ритмограммой.

2. Ритмограммы следует строить не только для элементарных ритмов, но и для ритмов следующих, более высших порядков (выявляющихся как первой ритмограммой, так и различными признаками пород разреза, в том числе, возможно, и текстурой). Эти построения, надо думать, позволят не только более точно сопоставлять разрезы на значительных расстояниях, но и выявить закономерности в развитии осадконакопления флишевых толщ.

Внимание к внутренней текстуре каждого из элементов ритмов и выявление особенностей ритмического строения флишевых толщ позволят, кроме корреляции разрезов, уточнить фациальные условия формирования флиша, дополнить характеристику флишевых образований разного типа («дикий флиш» и др.) и, возможно, пролить свет на спорный еще до сих пор

вопрос о происхождении флишевых толщ и роли в их формировании мутевых течений (универсальное значение которых в настоящее время, видимо, иногда несколько переоценивают).

5. Изучение текстур вулканогенно-осадочных отложений

Слоистость и стратификация вулканогенно-осадочных отложений имеют специфические черты, отличающие их от текстур обычных осадочных пород. Специфичность эта обусловлена, прежде всего, спазматичностью поступления продуктов вулканических выбросов и чередованием в осадке чисто обломочных терригенных отложений, продуктов размыва вулканических пород и собственно вулканокластических отложений — пеплов и туфов. В областях развития вулканических пород формируется особый комплекс генетических типов отложений (грязевых потоков, раскаленных туч, пеплопадов и др.), внутренняя текстура которых изучена еще слабо. Для морских толщ, по-видимому, характерны отложения мутевых потоков, имеющих, однако, особенности, отличающие их от обычных отложений мутевых течений, а также вулканогенно-осадочные хемогенные отложения.

Весьма большую роль в вулканогенно-осадочных отложениях играет диагенетическая слоистость, которая еще очень мало изучена. Толщам, сложенным чередованием вулканогенных и собственно осадочных пород должна быть присуща периодичность седиментации, которая, однако, в областях активного вулканизма в континентальных условиях сильно усложняется, накладываясь на очень пеструю и сложную картину распределения фаций, а в морских условиях, наоборот, сильно нивелируется процессами морской переработки осадка. Понятно, что весьма трудно расшифровывать особенности седиментации при изучении ископаемых отложений, сформированных в областях действия вулканизма; тем более трудно еще и потому, что в геологических разрезах мы видим зафиксированными лишь отдельные фрагменты общей сложной картины осадконакопления. Поэтому первоочередные задачи изучения слоистости в широком ее понимании (как слойчатости пород, так и стратификации толщ) в вулканогенно-осадочных комплексах сводятся к следующему:

1) Определение типов слоистости и других текстур, характерных для специфических генетических типов этих отложений. Выявление с помощью текстурного и других признаков способов перемещения вулканокластического материала.

2) Выявление соотношения и последовательности наслоения этих типов отложений, т. е. особенностей стратификации толщ.

3) Проведение в ряде случаев массовых замеров косой слоистости для уточнения областей питания и местоположения источников вулканокластического материала, а также способов и путей его перемещения (что особенно важно при неполноте геологических разрезов).

4) Установление связи текстурных признаков со структурными, а также с вещественным составом пород. Надо думать, что у вулканогенно-осадочных отложений эта связь окажется более тесной, чем у обычных осадочных терригенных пород.

5) Выявление сходства и отличия текстур морских вулканогенно-осадочных отложений от текстур осадочных отложений, не содержащих примесей вулканокластических осадков.

6) Выявление соотношения механической и хемогенной слоистости в областях развития этих отложений.

7) Выделение типов диагенетической слоистости и определение их соотношений с типами первичной седиментационной слоистости и ее реликтами.

8) Выявление периодичности стратификации вулканогенно-осадочных отложений — наличия в них как более кратковременных и просто построенных

ритмов, так и более длительно формирующихся и сложных фациальных циклов, изучение их специфичности.

По мере изучения особенностей слоистости, возможно, будут выявлены и решены также другие вопросы, связанные как со слойчатостью пород, так и со стратификацией толщ вулканогенно-осадочных формаций.

6. Изучение текстур древнейших отложений докембрия и метаморфизованных толщ

В последние годы в печати появилось много работ, посвященных изучению древнейших толщ докембрия, причем в этих работах большое внимание было уделено характеру слоистости (как слойчатости пород, так и стратификации толщ). И это вполне обоснованно. Из-за отсутствия фауны стратиграфические построения опираются на литологические различия пород, а из первичных литологических признаков лучше других сохраняется слоистая текстура пород.

Как показали работы ряда исследователей (Сидоренко и Лунева, 1961; Соколов, 1960, 1963; Лобанов, 1962а, 1962б; Галдобина, 1958, и др.), при изучении докембрийских отложений применение анализа слоистости и метода фациально-циклического анализа дает весьма положительные результаты.

Принципиальный подход к изучению текстур древних толщ очень хорошо сформулирован в книге А. В. Сидоренко и О. И. Луневой (1961, стр. 52): «Трудно допустить, чтобы те формы движения воды, которые мы выделяем в настоящее время, как временные водные потоки, речные потоки, дельты рек, движения воды в прибрежной зоне водоемов, подводные течения в водоемах, моря и океаны, по характеру механических процессов, а не по их объемам и химическим особенностям, значительно отличались от таковых в докембрии. Вместе с тем возможно, что при тех же качественных формах движения воды количественные соотношения между различными формами резко отличны в настоящем и прошлом. Поэтому надо полагать, что как в современную, так и в минувшие геологические эпохи формировались более или менее одни и те же генетические типы обломочных отложений: делювиальные, пролювиальные, аллювиальные, дельтовые, прибрежные, отложения подводных течений, глубоководные осадки морей и океанов и т. д. Еще труднее допустить, что соотношение между скоростью водного потока (а следовательно, и сортирующей и окатывающей способностью его) и размером переносимых им частиц резко отличается при современном и докембрийском осадконакоплении. Поэтому структуры и текстуры современных и древних кластогенных пород должны быть сходны. Отличие в процессах образования современных и древних пород механического происхождения может быть только в соотношениях между теми или иными процессами, обусловливающими количественное преобладание одних генетических групп пород над другими, но не в их качественной стороне».

Указанные авторы считают, что при фациальном анализе главными объектами изучения должны быть породы механического происхождения и их признаки: характер напластований пород, типы слоистости, структурные и текстурные особенности пород и т. п., так как эти признаки в кластогенных породах наиболее чутко реагируют на изменения обстановки седиментации. С другой стороны, при метаморфизме наименьшим изменениям подвергаются породы обломочного происхождения и присущие им текстуры. Поэтому реконструкция фациальной и палеогеографической обстановки древнего этапа осадконакопления в первую очередь должна основываться на изучении таких пород, как кварциты, метапесчаники, метаконгломераты, метабрекчии, а в дальнейшем — гранулитов, гнейсов, кристаллических сланцев.

Как показали работы других исследователей, в сланцах, кристалличе-

ских роговиках и даже в гнейсах сохраняется первичная слоистая текстура (или, во всяком случае, ее следы) и другие первичные текстурные признаки: знаки ряби, трещины усыхания и др. В ряде случаев перекристаллизация породы совершенно не нарушает облика слоистости.

Однако, используя слоистость как несомненный генетический признак, указывающий на обстановку седиментации докембрийских толщ, необходимо одновременно учитывать и специфичность их формирования: отсутствие или слабое развитие живых организмов, отсутствие наземной растительности, особенности химической обстановки (состав воды и атмосферы) и т. д. Поэтому возможно, что физико-механические факторы седиментации, действовавшие в этих специфических условиях, приводили к несколько иным результатам, чем аналогичные факторы в настоящее время. Вполне вероятно, что и фациальные обстановки образования осадков все же несколько отличались от современных. Так, например, можно предположить, что черты континентальных речных отложений того времени могут быть ближе к характерным признакам отложений бурных временных потоков пустынь, чем к признакам отложений современных рек, текущих по суше, покрытой растительностью.

Таким образом, при выделении генетических типов в породах докембрия мы должны искать не только черты сходства, но и черты различия с аналогичными типами пород более молодого возраста и современных осадков. При этом, кроме первичных черт различия, связанных с условиями седиментации и зависящих от эволюции Земли, существуют черты различия, обусловленные теми процессами, которые накладывали свой отпечаток на породы уже после их формирования. Эти две категории признаков различия необходимо разграничивать, что далеко не всегда легко сделать. С точки зрения изучения текстур особенно важно распознавание и разграничение первичной седиментационной слойчатости от наложенных на нее вторичных текстур, в частности сланцеватости.

Можно предположить, что многие, явно вторичные текстуры измененных пород — сланцеватость, плойчатость и другие, возникли в породе не случайно, а как бы приспосабливаясь к наиболее удобным для них первичным текстурам. Например: плоскости сланцеватости далеко не всегда секут первичную слоистость, они часто ориентируются параллельно именно плоскостям наслоения породы, и, может быть, иногда косое расположение сланцеватости бывает обусловлено первично косым наслоением. Возможно, что плойчатость чаще развивается в породах с первичной волнистой слоистостью, а текстуры деформации — по первично-оползневым текстурам и т. д. Однако пока это лишь предположение, которое необходимо проверить фактическими наблюдениями, а может быть, и экспериментально. Иногда вторичные преобразования породы и новые минералы в ее составе возникают, приспосабливаясь к седиментационным границам, и в этом случае могут даже подчеркнуть первичную слоистость осадка. Однако чаще метаморфизм, наоборот, затушевывает седиментационную слоистость.

Как отмечается рядом исследователей, для метаморфизованных толщ весьма характерно, что реликты косой слоистости лучше видны на выветрелых поверхностях пород, где они бывают как бы отпрепарированы, и могут быть совершенно незаметны в свежем изломе той же породы.

При изучении седиментационных текстур древнейших и метаморфических толщ следует применять те же термины и ту же классификацию слоистости, которая была предложена для более молодых и менее измененных пород. Лишь при этом условии возможно выявление как ее общих черт, так и той специфичности, которая присуща только именно этим породам.

Особенно большое значение при работах по изучению древних докембрийских толщ имеет применение фациально-циклического метода, который при отсутствии фауны может стать основным стратиграфическим методом, позволяющим проводить расчленение и корреляцию разрезов.

7. Определение абсолютного времени накопления отложений

Изучение слоистости может способствовать решению вопросов геохронологии при выяснении абсолютного времени формирования осадочных толщ. Методика определений времени формирования отложений впервые была разработана для озерных ленточных глин (см. раздел III), но она может быть использована для любых отложений, обладающих правильной сезонной горизонтальной слоистостью (если только есть уверенность в непрерывности седиментации). Подсчет количества годовых слойков показывает абсолютное время накопления данной толщи, причем его можно производить и приблизительно — путем деления мощности толщи на среднюю мощность годового слойка (или ленты). Этот метод можно применить как к континентальным озерным отложениям (в том числе к слоистым сапропелитам), так и к морским, формирующимся вне действия течений и волнений. При этом возможна и корреляция осадков по наиболее характерным, маркирующим слойкам или их группам. Интересно сопоставить данные непосредственного подсчета времени накопления осадочных толщ (по подсчету слойков, лент и пачек) с данными радиоуглеродного и других физико-химических методов определения возраста пород.

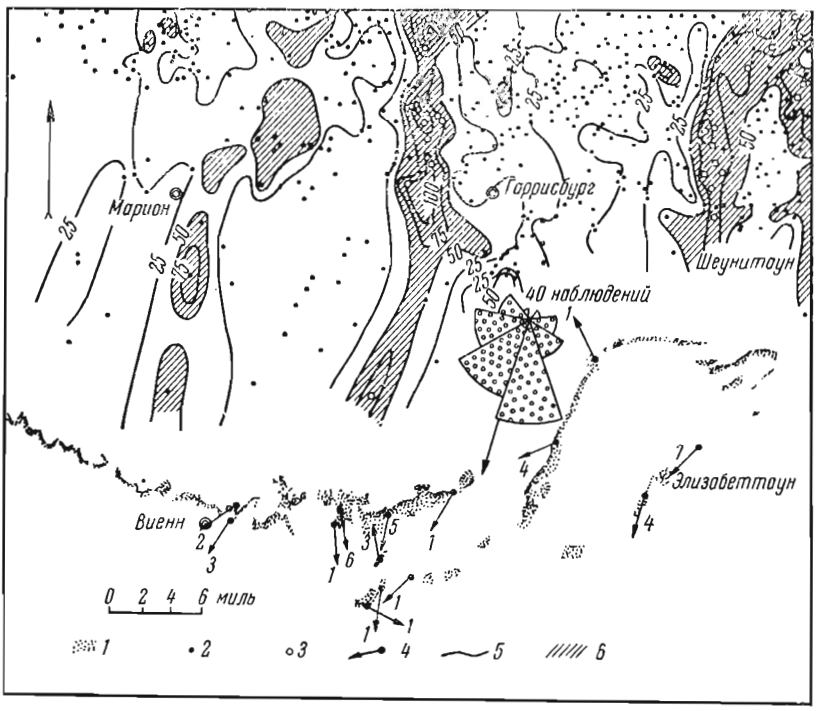
8. Палеогеографические построения и карты прогнозов

При определении направления поисковых и разведочных работ и составлении карт прогнозов в ряде случаев оказывается необходимым построение палеогеографических карт. Еще не так давно под последними понимались карты, на которых весьма обобщенно (и обычно для значительных интервалов геологического времени) были показаны области сноса, области преобладания суши или моря и приблизительное местоположение береговой линии. Однако для того, чтобы палеогеографическая карта могла способствовать поискам какого-либо полезного ископаемого, она должна быть значительно более детальной, отражая именно географию, существовавшую в том интервале времени, когда формировалось данное полезное ископаемое. На карте должно быть показано конкретное распределение обстановок накопления осадков: рек и озер, болот и водоразделов суши, дельт и лагун, прибрежных и глубоководных областей моря и т. д.

Понятно, что такую детальную фациально-палеогеографическую карту необходимо составлять уже для значительно более узкого стратиграфического горизонта и в более крупном масштабе. Карта такого типа служит хорошей основой, чтобы показать закономерности размещения полезного ископаемого и сделать практические выводы о направлении поисков, разведки и эксплуатации (карты примерно такого типа составляются геологами-нефтяниками, причем на них обычно выделяются древние речные долины, отложения которых могут служить коллекторами нефти). Для построения таких карт необходимо проведение фациального анализа пород интересующего нас горизонта, а следовательно, и изучение присущих им слоистых и других текстур. Кроме того, именно в данном случае большое значение приобретает проведение массовых замеров углов наклона и азимутов падения косых слойков. Обработанные соответствующим образом результаты замеров (см. раздел III), нанесенные в виде диаграмм или стрелок на фациально-палеогеографическую карту, еще более ярко подчеркнут генетические особенности пород, укажут местоположение областей сноса и пути перемещения осадочного материала (фиг. 139).

При палеогеографических реконструкциях неизбежно возникает вопрос об изменении климата во время накопления той или иной осадочной толщи или ее части. Его разрешению также может помочь анализ слоистости путем определения строения и состава слойков, характера их чередования, изменения мощности, смены одного типа слоистости другим и т. д. При

этом важно изучение не только слойчатости пород, но и особенностей ритмической стратификации. Так, например, по ритмической хемогенной слоистости солей мы можем судить о периодах осолонения и опреснения бассейна. Изменение мощностей слойков одного и того же состава указывает на изменения количества материала, поступающего в осадок, что также часто обусловливается сезонными или климатическими изменениями



Фиг. 139. Диаграмма замеров косой слоистости, нанесенная на карту распространения песчаников (по Поттеру, 1958).

1 — выходы песчаника; *2* — точки наблюдений; *3* — точки наблюдений, показавшие «каналы» в основании песчаника; *4* — среднее направление косой слоистости и количество замеров; *5* — мощности песчаника (изопахиты проведены через 25 футов); *6* — площади, где мощность песчаника более 50 футов

(например, чередованием периодов дождливых и засушливых). Наличие неслоистых прослоев обычно указывает на однообразие условий их седиментации. Г. Ф. Лунгергаузен (1956), Ю. А. Жемчужников (1963) и другие исследователи связывали ритмические изменения в отложениях разных возрастов с цикличностью солнечной радиации. Если это так, то наблюдения над сезонной и ритмической слоистостью, проведенные в достаточном объеме, дают возможность сопоставлять ритмически построенные горизонты, даже территориально удаленные друг от друга.

При построении фациально-палеогеографических карт необходимо учитывать не только слоистость внутри пород, но и закономерности их стратификации, особенно в циклически построенных толщах. Для последних рекомендуется строить раздельно карты, соответствующие этапам формирования отдельных частей циклов (весь цикл обычно отражает максимальный диапазон изменения фаций и карта, построенная для цикла в целом, является слишком усредненной). Можно строить, например, карты для конца регрессивной части цикла и для конца его трансгрессивной части или же для средней, нейтральной части и т. д. Выбор части цикла, для которой лучше строить карту, в значительной степени диктуется имеющим-

ся материалом. Ее лучше строить для части цикла с бóльшим разнообразием фаций (обычно для регрессивной или нейтральной континентальной части цикла). Наиболее интересны карты, построенные для тех частей цикла, к которым приурочены полезные ископаемые, так как они показывают место последних не только в разрезе, но и в пространстве (фиг. 140). Иногда следует строить карты для двух этапов, один из которых непосредственно предшествовал накоплению полезного ископаемого, а другой — непосредственно следовал за этим накоплением. Такие построения были сделаны, например, для угленосной толщи Донецкого бассейна (Жемчужников и др., 1959 и 1960).

При детальных наблюдениях за элементарными циклами можно составить в полном смысле слова палеогеографические карты, на которых будет определено конкретно положение древней береговой линии, речной сети на суше и т. д. (см. фиг. 140). Если же столь детальных наблюдений нет, то могут быть построены более обобщенные карты для циклов высших порядков. Такие карты, конечно, будут более схематичны; но и в этом случае их следует составлять для какой-либо части цикла высшего порядка, а не для цикла в целом.

Методика построения детальных фациально-палеогеографических карт подробно изложена в работе Ю. А. Жемчужникова и др. (1959—1960). Очень кратко она сводится к следующему: выбирается определенный горизонт, для которого строится карта; в каждом пункте наблюдений определяется фациальная принадлежность отложений (с учетом данных слоистости); эта фация указывается на карте условным знаком около точки данного пункта (при построении более обобщенной карты — преобладающая фация); производится интерпретация этих разрозненных точек с учетом всех имеющихся данных (в том числе и данных массовых замеров азимутов падения косой слоистости и др.); определяются контуры площадей, занятых разными фациями, намечаются береговая линия и области сноса; указывается приуроченность к тем или иным фациям полезного ископаемого и изменение его распространения на площади. Палеогеографическим реконструкциям разного рода посвящена специальная большая работа Л. Б. Рухина (1962). Построение палеогеографических карт для этапов седиментации, сменяющих друг друга во времени, часто обнаруживает поразительную устойчивость крупных элементов палеоландшафта и тенденцию к унаследованности основных элементов палеогеографической обстановки.

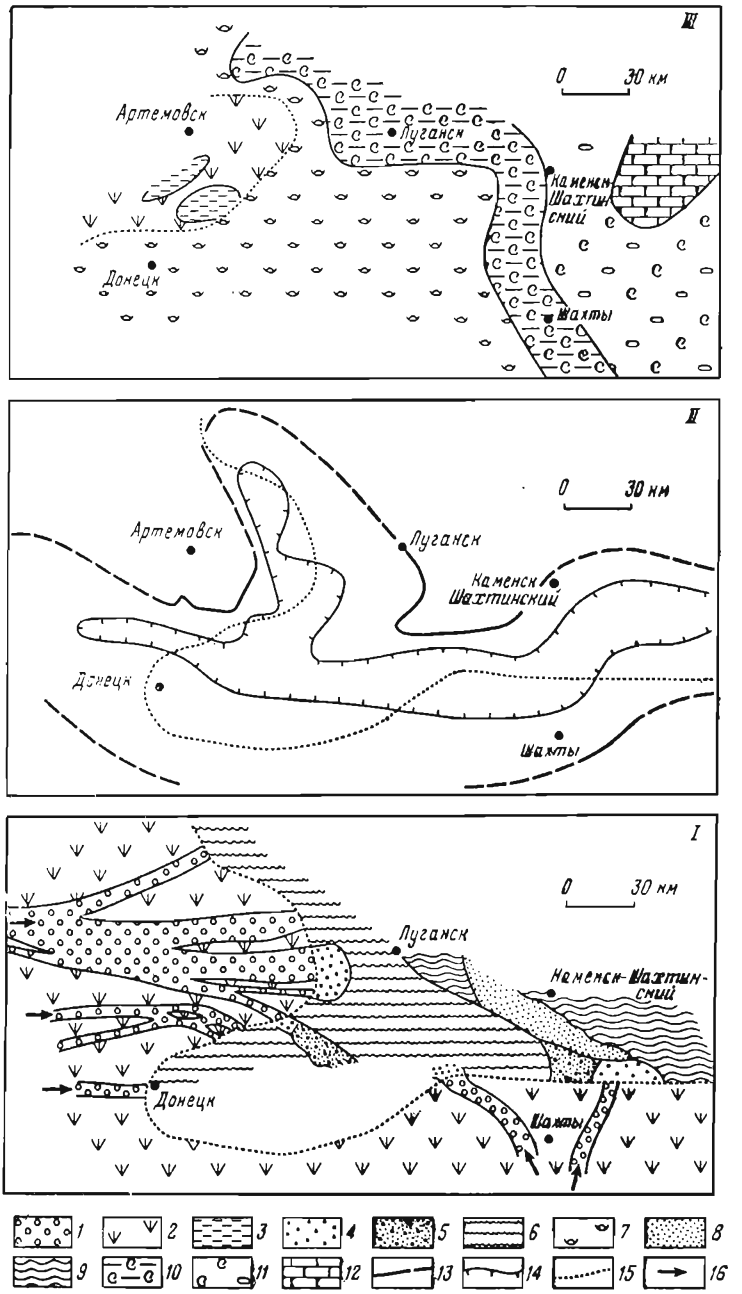
Детальные палеогеографические и палеофациальные карты являются хорошей основой для показа на них размещения различных полезных ископаемых, а следовательно, для составления карт прогнозов.

9. Детализация элементов тектонического строения разреза (залегание, перерывы, нарушения)

Понимание особенностей слоистости пород может дать основание для некоторых выводов при изучении тектонического строения осадочных толщ: при определении характера залегания, выявлении перерывов, горизонтов брекчий и т. д.

Чтобы отличить прямое залегание от опрокинутого, надо уметь точно отличить в слое или пласте его кровлю от подошвы. Признаки слоистости, позволяющие это сделать, следующие:

1) Форма слойков. Вогнутые слойки косой, косо-волнистой и волнистой слоистости обычно располагаются вогнутостью вниз. При косой слоистости вогнутые слойки к подошве серии часто выполаживаются и сходятся, как бы подстилая друг друга. При наличии волнистой мульдообразной слоистости основания мульд всегда направлены к подошве пласта, а не наоборот. Эти признаки делаются менее отчетливыми для волнистой слабо смещенной и косо-волнистой слоистости, когда сохраняется верхняя



Фиг. 140. Детальные палеогеографические карты, построенные для трех частей угленосного цикла (с угольным пластом) из отложений среднего карбона Донецкого бассейна.

I — палеогеографическая карта для конца регрессии перед угленакоплением; *II* — карта, отвечающая этапу угленакопления — развития торфяных болот (для сравнения пунктиром показана береговая линия с карты *I*); *III* — карта этапа максимальной трансгрессии после угленакопления. *1* — речные русла, заполненные аллювием; *2* — заболоченная низменность; *3* — озерные отложения; *4* — отложения подводной части дельты; *5* — отложения баров, пересыпей и отмелей; *6* — алевритовые отложения лагунного мелководья; *7* — глинистые отложения с солоноватоводной фауной лагун; *8* — отложения зоны донных морских течений; *9* — алевритовые морские отложения зоны волнений; *10* — глинисто-алевритовые отложения открытого моря; *11* — карбонатно-глинистые отложения с морской фауной; *12* — известняки; *13* — граница распространения угольного пласта (торфонакопления); *14* — граница максимальной мощности угольного пласта (область наиболее устойчиво существовавших торфяников); *15* — береговая линия; *16* — направление поступления терригенного материала

часть серии и слойки имеют вогнуто-выпуклую форму. Этот признак нельзя использовать для косой S-образной слоистости (с вогнуто-выпуклой формой слойков), а также для эоловых отложений, в которых, кроме вогнутых, могут быть серии с выпуклыми вверх слойками.

2) Строение слойков и их групп (пачек, серий). Этот признак очень постоянен для одного и того же пласта. Если он установлен для заведомо нормального положения пласта или слоя, то обнаруженное обратное строение слойков будет указывать на опрокинутое залегание. Это особенно важно для осадочных толщ, сильно смятых в мелкие складки, особенно при их изучении по керну. Один из примеров такого анализа приведен выше, в разделе III.

Особенно существенное значение этот признак имеет при ритмически сортированном или двучленном строении слойков, а также при правильной ленточной горизонтальной слоистости. Для большинства отложений (кроме эоловых и некоторых других) характерно погрубение осадка в нижней части слойков. Кроме сортировки, иногда характерны примесь терригенного материала к хемогенному в подошве или в кровле слойков, изменение химического состава (например, примесь карбонатного материала в той или иной части слойка, или группы слойков) и т. д. Характерное строение часто имеют также и косослоистые серии, и пачки в горизонтальной слоистости. Однако надо учитывать, что если мы выявляем определенную закономерность строения не слойков, а групп слойков или для слоев в целом, то эта закономерность строения в результате ритмических изменений седиментации может смениться обратной совершенно независимо от тектонической структуры.

3) Срезание ряда слойков (или какой-либо неслоистой текстуры) по резкой границе (причем выше этой границы слойки ей параллельны) является хорошим признаком для определения верхней и нижней частей слоя.

4) Нарушения слоистой текстуры. Многие нарушения часто имеют определенную ориентировку, обусловленную их происхождением. Так, корни растений обычно направлены из верхнего слоя в нижний; ходы илоедов могут быть ориентировочны различно, хотя часто тоже идут сверху вниз. Конусовидные норки животных чаще направлены заостренной частью вниз. Трещины усыхания всегда идут сверху вниз, а нарушения слоистости воздушными карманами, наоборот,— снизу вверх. Иногда можно использовать соотношение текстуры оползания со слойчатостью ненарушенных слойков: при постепенном переходе между ними в одном направлении и резком срезании нарушенных слойков ненарушенными постепенный переход указывает на подошву слоя, а срезание — на его кровлю.

5) Для определения ориентировки слоя могут быть использованы также расположение органических остатков (например, сортированные остатки раковин располагаются выпуклостью вверх); знаки ряби и их строение; глинистые прослойки, «запечатывающие» рябь (обычно более толстые во впадинах и более тонкие на гребнях ряби); следы дождевых капель и града и ряд других текстурных признаков.

Многочисленные примеры определения кровли и подошвы пласта (по различным текстурным признакам, по слоистой текстуре биогермов, расположению органических остатков и др.) разобраны в книге Р. Шрока (1950). Признаки кровли и подошвы слоя следует учитывать не только при определении характера залегания дислоцированных толщ в обнажениях, но и при работе с керном (столбики последнего могут быть ошибочно перевернуты при укладке в керновые ящики).

Надо сказать, что большей частью не требуется никаких дополнительных усилий и времени для использования текстурного признака в указанных целях. Геологу, уже наблюдавшему особенности слоистости, обычно сразу бросается в глаза е «ненормальное» положение.

Очень осторожно следует подходить к определению перерывов по соот-

ношению слоевых элементов. В то время, как несогласное залегание слоев и пластов обычно является несомненным доказательством перерыва, резкое срезание кровли слойков и несогласное налегание на них верхней серии далеко не всегда указывают на перерыв в осадконакоплении (например, налегание одной косослоистой серии на другую может происходить одновременно с образованием обеих серий; см. раздел II). Кроме того, при наличии крупной и особенно очень крупной косой слоистости резкое несогласие слойков в смежных сериях может быть ошибочно принято за тектоническое несогласие. Поэтому при определении перерывов на основании несогласного залегания слоев (особенно если мощности слоевых единиц малы) необходимо прежде всего разобраться в том, что мы видим: чередование ли слоев, или же внутреннюю слоистость породы (слойчатость) и каков механизм ее образования.

Наличие горизонтов брекчий в большинстве случаев принято считать результатом тектонических движений. Однако такие брекчии следует отличать от осадочных брекчий, появление которых обусловлено подводным взламыванием и взмучиванием осадка, обваливанием крутых берегов (с небольшим перемещением и быстрым захоронением обломков), растрескиванием глинистых тонкозернистых отложений при осушении, оползневыми явлениями и другими причинами.

Одним из основных текстурных доказательств нетектонического происхождения осадочных брекчий является наличие грубой сортировки материала, которая может обусловливать слоистость внутри самих брекчий (встречающуюся, однако, далеко не всегда). Во многих случаях брекчиевидная текстура отложений может быть связана с погрублением последних, с появлением линз более грубого песчаного и гравийного материала. Выявление тектонической или нетектонической природы брекчиевой или брекчиевидной текстуры, а также признаков различия этих текстур, существенно для решения различных геологических вопросов. В частности, важно установить приуроченность оруденения и его связь с тектоническими нарушениями как проводниками рудоносных растворов. При определении характера залегания слоев необходимо учитывать также закономерности стратификации толщ, определять ритмическое или циклическое их строение и последовательность наслоения. Асимметричное строение ритмов (например, во флишевых толщах) или фациальных циклов (в угленосных толщах) может очень отчетливо выявить прямое или опрокинутое залегание пород. Может быть использовано в этих целях и определение закономерной смены фаций, идущей в определенном направлении. Например, в параллических угленосных толщах последовательность отложений (прибрежные — ископаемая подпочва — ископаемая почва) обычно указывает на порядок наслоения снизу вверх (а не наоборот).

Наконец, иногда для определения характера залегания может быть использована тенденция к изменению отложений снизу вверх от более грубозернистых к более тонкозернистым (прямая сортировка крупного масштаба). Однако этот признак надо использовать с большой осторожностью и только там, где он несомненно установлен, так как для ряда толщ будет характерно иное соотношение или же это соотношение будет не выдержано на площади, особенно при переходе одной фации в другую. Например, в песчаной толще речного аллювия наиболее грубый материал приурочен к его основанию, однако в дельтовой толще, в которую непосредственно переходит аллювий, погрубение материала часто устанавливается уже в ее средней части и т. д.

Раньше при изучении геологического строения района в основном по обнажениям, где воочию видны и складчатость, и связь брекчий с тектоническими нарушениями, и перерывы в седиментации, и последовательность наслоения, определять эти явления было легче. Однако по мере все большего перехода к выявлению геологического строения районов по керну

буровых скважин, в закрытых районах и на глубоких горизонтах возникает все большая необходимость в выявлении дополнительных признаков (видных в керне), позволяющих более уверенно решать все эти вопросы. Поэтому все перечисленные текстурные признаки (как слойчатости, так и напластования), используемые для уточнения тектонических структур в дислоцированных районах, приобретают особенное значение при работе с керном буровых скважин.

10. Слоистость как дополнительный признак пород при работах по инженерной геологии

Зависимость физико-механических свойств пород от особенностей присущих им слоистых текстур до сих пор почти не изучена. Все породы обычно принято делить просто на слоистые и неслоистые, причем чаще это определение относится к наслоению толщ, т. е. к слоям, а не к слойкам. Между тем, именно внутренняя текстура пород, их слойчатость, очевидно, должна влиять на физико-механические свойства и твердых пород и рыхлых грунтов.

Известно, что реакция породы на давление и сдвиг, компрессионные свойства грунтов, фильтрация воды и другие показатели будут неодинаковы для отложений с различной слоистостью. Можно предположить, что по-разному будут реагировать на давление и сдвиг, например, грунт с горизонтальной слойчатостью и грунт такого же механического состава, но с косой слойчатостью. Физические свойства глинистого песчаника, в котором глина распределена равномерно в виде примеси, и песчаника с тем же количеством глинистого материала, но распределенного в виде налета по слойкам, очевидно, также будут различны и т. д. В литературе имеется указание на то, что в связных грунтах со слоистой текстурой при увеличении угла наклона слойков увеличивается и сопротивляемость этих грунтов сжатию. Влияние слоистости на компрессионные свойства возрастает с увеличением влажности, а также в грунтах с бóльшим содержанием глинистых частиц.

Специальными экспериментальными работами установлено (Русинов, 1958) влияние строения слойков и типа слойчатости намытых песчаных грунтов на их основные физико-механические характеристики (плотность, сжимаемость, сопротивление сдвигу, деформации). В частности, отмечено, что намытые песчаные грунты со скрытой горизонтальной микрослоистостью имеют наилучшие показатели плотности и деформативной способности по сравнению с грунтами иной текстуры (отчетливой горизонтальнослоистой, линзовиднослоистой и смятой).

Для того чтобы выяснить значение текстур (в частности, слойчатости) для тех или иных инженерно-геологических работ, необходимо проводить специальные наблюдения в этом направлении. Кроме того, характеризуя испытываемые грунты или породы, вообще следует отмечать наряду со структурой также и текстуру, давая детальное определение слоистости (слойчатости). Весьма вероятно, что учет изменения свойств грунтов в зависимости от характера слойчатости может дать экономический эффект при проектировании различных сооружений.

* * *

В разделе VI мы очень кратко коснулись специфики изучения слоистости при некоторых, но далеко не всех видах геологических исследований. Возможно, что некоторые специалисты, работающие в определенной отрасли геологической науки, будут неудовлетворены тем, что именно объекты их изучения были освещены столь схематично. Но не следует забывать, что основная цель данного раздела — показать возможности прямого или

косвенного использования особенностей слоистости при геологических работах весьма различных направлений. Подробные и конкретные рекомендации по каждому профилю работ, естественно, невозможны прежде всего из-за объема данного руководства, имеющего общее, а не специализированное направление. Кроме того, многие вопросы в таком аспекте, как они были изложены в данном разделе, вообще ставятся впервые и должны еще разрабатываться в дальнейшем. В конце хочется еще раз обратить внимание геологов на то, что если даже характеристика слоистости иногда не имеет значения непосредственно для их работы, то ее определение может оказаться весьма полезным для других исследователей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования слоистости осадочных пород необходимы для решения разнообразных задач геологии, в первую очередь для фациального анализа. Еще недавно спорный вопрос о возможности использования слоистости для определения генезиса отложений теперь безусловно решен положительно.

Выводы, которые могут быть получены в результате изучения текстуры породы по предлагаемой методике, основаны на объективном анализе фактического материала, а предложенная морфологическая классификация текстур позволит учитывающим ее исследователям «говорить на одном языке».

Текстурные признаки пород, как наиболее простые, почти всегда видны уже в полевой обстановке, и изучение их не требует специальной сложной камеральной обработки. Поэтому морфологические и фациально-генетические типы слоистости могут быть определены при проведении самых разнообразных геологических работ.

Генетическая расшифровка слоистости не заменяет, но весьма существенно дополняет выводы, полученные при изучении остальных генетических признаков осадочных пород и толщ. В ряде случаев (особенно для немых толщ) слоистость становится одним из ведущих генетических признаков.

Как показано в настоящем руководстве, выводы, полученные на основании анализа слоистости, необходимо сопоставлять и увязывать со всеми другими данными геологических наблюдений. Особенно следует подчеркнуть еще раз, что при определении генетического типа пород их слоистые текстуры следует рассматривать на фоне изучения всей осадочной толщи и особенностей ее строения в целом (важно установить не только наличие тех или иных текстур, но и их последовательность, и соотношение друг с другом).

В настоящее время изучение слоистых текстур выдвигается как новый метод исследования осадочных пород, который, безусловно, будет развиваться далее. Конечно, наши знания о слоистости требуют еще дальнейшей разработки и уточнения. Приведенные наблюдения над слоистостью неравномерны по степени детальности для отложений разных генетических типов. Не всегда ясен механизм формирования тех или иных признаков, генетическое значение некоторых из них пока установлено лишь эмпирически. Выделены, но еще не изучены типы диагенетической слоистости, а также соотношение их с первичной седиментационной слоистостью. Намечены, но еще окончательно не выяснены пути изучения слоистости при поисках и разведке различных полезных ископаемых, а также возможности использования полученных результатов для установления закономерностей их размещения. В данном руководстве были мало затронуты вопросы, связанные с проблемой изучения стратификации осадочных толщ. Они требуют для своего решения разработки самостоятельной методики на базе иного фактического материала.

Разностороннее изучение как слоистых, так и других текстур — это большая проблема. В настоящей работе были изложены результаты уже проведенных исследований. Ниже намечено несколько основных направлений, проведение которых даст возможность считать текстурный анализ одним из самостоятельных методов исследования осадочных пород и осадочных толщ (табл. 16).

1. Фациально-генетическое направление.

а) Дальнейшее изучение особенностей и признаков слоистых и других текстур в отложениях разных фаций. Большое значение здесь приобретает изучение современных и четвертичных отложений, наблюдения гидрологов и океанологов (весьма вероятно, что работы последних позволят уточнить и детализировать текстурную характеристику многих морских отложений).

б) Изучение особенностей слоистости в биогенных и хемогенных породах. Слоистость этих пород может быть использована не столько для определения фациальных условий (которые обычно более или менее ясны, исходя из вещественного состава пород), сколько для уточнения проходивших физико-химических и биохимических процессов, а также для выявления закономерностей изменения осадков.

в) Описание неслоистых текстур и выявление их генетического значения.

2. Определение коррелятивных связей текстурного признака с другими признаками пород (структурой, вещественным составом), а также выявление соотношения текстур пород со стратификацией осадочных толщ.

3. Изучение механизма седиментации и формирования тех или иных текстурных признаков осадка в зависимости от различных условий осадконакопления. Основой для этого изучения должны явиться наблюдения над формированием современных отложений, а также постановка экспериментальных работ. Однако при проведении последних необходимо помнить о специфичности геологических процессов по сравнению с экспериментом, в первую очередь — о масштабе явлений, их длительности, а также о сложности и многочисленности различных взаимодействующих факторов, конечный результат действия которых мы видим в породе.

4. Анализ влияния текстур на физико-механические свойства осадков с целью использования полученных данных в инженерной геологии и при решении некоторых практических вопросов технологии и эксплуатации.

5. Изучение текстур осадочных полезных ископаемых.

а) Изучение слоистых и других текстур (как в рудовмещающих отложениях, так и в самих рудах) как генетического признака, используемого при фациальном анализе и палеогеографических реконструкциях.

б) Выявление особенностей текстур более дробных фациальных подразделений и связей их с компонентами породы, являющимися полезными ископаемыми. Для некоторых отложений (например, для россыпей и др.) выявление таких связей может вывести слоистость в ряд поисковых признаков.

в) Определение влияния текстур на физико-механические свойства руд и рудовмещающих пород (для целей эксплуатации).

6. Изучение слоистости древнейших докембрийских толщ (особенно кластогенных) как одного из наиболее хорошо сохраняющихся первичных генетических признаков. В связи с этим направлением встает задача выявления сходства первичных седиментационных текстур древнейших толщ с седиментационными текстурами в более молодых отложениях, а также их различия. Кроме того, для этих толщ особенно существенно выявить признаки, позволяющие выделять первичные седиментационные текстуры и отличать их от текстур более поздних, вторичных.

7. Разработка вспомогательных методов и приемов исследования, а также некоторых несложных приборов для изучения текстур.

Мы перечислили основные вопросы, связанные с дальнейшим изучением

Таблица 16

Основные направления дальнейших исследований текстур осадочных пород и осадочных толщ

Основные направления исследований	Основные вопросы, подлежащие освещению
I. Первичные седиментационные текстуры	
1. Фациально-генетическое (изучение признаков текстур в отложениях разных фаций)	Детализация уже выделенных генетических типов и описание слоистости в отложениях, еще не изученных с этой точки зрения. Текстуры морских и океанических осадков (в том числе глубоководных)
	Специфические особенности текстур в хемогенных и биогенных породах
	Неслоистые текстуры, их морфологическая классификация и генетическое значение
2. Определение коррелятивных связей текстур	Коррелятивные связи с другими признаками пород (структурой, вещественным составом)
	Выявление соотношения слоистости пород со стратификацией осадочных толщ
3. Изучение механизма седиментации	Экспериментальные работы и наблюдения подходящих природных объектов для определения механизма формирования текстур разных типов (и морфологических и генетических)
4. Анализ влияния текстур на физико-механические свойства осадков и пород	Для использования в инженерной геологии, при эксплуатации и для других практических целей
5. Изучение текстур осадочных полезных ископаемых	Изучение текстурных признаков для фациального анализа и палеогеографических реконструкций
	Выявление текстурных признаков, которые могут стать поисковыми (особенно для россыпей)
	Определение влияния текстур на физико-механические свойства руд и вмещающих пород (для целей эксплуатации)
6. Изучение текстур древнейших толщ	Сходство и различие слоистости в этих толщах и в более молодых отложениях
	Определение признаков, позволяющих выделять первичные текстуры и отличать их от текстур более поздних
7. Разработка вспомогательных методов, приемов, приборов	Разработка вспомогательных количественных методов определения текстур
	Специальные приемы обработки пород и создание приборов для изучения текстур

Таблица 16 (окончание)

Основные направления исследований	Основные вопросы, подлежащие освещению
II. Вторичные текстуры	
1. Изучение вторичных текстур осадков	Вторично-седиментационные текстуры. Нарушения слоистости (преимущественно физико-механические и биогенные)
	Седиментационно-диагенетические текстуры. Диагенетическая слоистость
	Собственно диагенетические текстуры (конкреционная и др.)
2. Изучение текстур разных стадий формирования пород	Признаки отличия текстур, сходных по внешнему проявлению, но генетически различных
	Наложение и приспосабливаемость текстур более поздних к текстурам более ранним
III. Стратификация осадочных толщ	
Особенности стратификации и периодичности осадочных толщ	Комплексы текстур в осадочных толщах разных формаций (рассмотрение и слойчатости и стратификации)
	Выделение типов периодического осадконакопления. Ритмы и циклы разных порядков и их зависимость от условий формирования осадочных толщ
	Зависимость стратификации от тектонического режима области
	Разработка методики изучения периодичности осадконакопления в разных осадочных толщах

первичных, седиментационных текстур. Самостоятельной и весьма важной задачей является изучение вторичных текстур, как формирующихся еще в осадках, так и возникающих в уже литифицированных породах.

Исследование вторичных текстур осадков может быть подразделено на три направления:

а) описание вторично-седиментационных текстур, в том числе — нарушений слоистости, определение их происхождения и составление классификации;

б) изучение седиментационно-диагенетических текстур, особенно диагенетической слоистости разных типов;

в) определение собственно диагенетических текстур, образуемых диагенезом (конкреционных и др.).

Изучение вторичных текстур разных стадий формирования пород сводится, с одной стороны, к выявлению признаков отличия текстур, сходных по внешнему проявлению, но генетически различных, а с другой — к определению связи текстур более поздних с текстурами более ранними.

Совершенно самостоятельной большой проблемой является изучение слоистости осадочных толщ (стратификации). Здесь намечаются следующие задачи: выявление комплекса текстур присущих определенным формациям; выделение типов периодического осадконакопления — ритмов и циклов разных порядков и разного происхождения, установление их зависимо-

сти от условий формирования осадочных толщ, в том числе от тектонического режима данной области; разработка методики изучения особенностей периодичности осадконакопления в разных осадочных толщах и т. д.

Все перечисленные направления дальнейших исследований весьма существенны, так как они теснейшим образом связаны с выявлением закономерностей размещения в земной коре различных полезных ископаемых. Программа работ и перспективы текстурного анализа более подробно изложены в другой работе автора (Ботвинкина, 1965).

Разработка «учения о слоистости» в применении ее к учению о полезных ископаемых и в других областях — будущая работа многих геологов разных специальностей. Различные пути новых исследований открыты перед нашими геологами, и на каждом из этих путей их ждут новые и интересные открытия, новые выводы, возможно, даже такие, которые сейчас еще трудно предвидеть.

ЛИТЕРАТУРА

Аллювиальные отложения в угленосной толще среднего карбона Донецкого бассейна.— Труды Ин-та геол. наук АН СССР, 1954, вып. 151, угольная серия (№ 5).

Атлас литогенетических типов угленосных отложений среднего карбона Донецкого бассейна. М., Изд-во АН СССР, 1956.

Атлас текстур и структур осадочных горных пород, ч. 1. М., Госгеолтехиздат, 1962.

Ботвинкина Л. Н. О классификации различных типов слоистости.— Изв. АН СССР, серия геол., 1950, № 5.

Ботвинкина Л. Н. О принципах выделения и типизации циклов осадконакопления в угленосных толщах.— Изв. АН СССР, серия геол., 1952а, № 1.

Ботвинкина Л. Н. Сопоставление угольных пластов методом фациально-циклического анализа. В кн.: «Памяти академика П. И. Степанова». М., Изд-во АН СССР, 1952б.

Ботвинкина Л. Н. Условия накопления угленосной толщи в Ленинском районе Кузнецкого бассейна.— Труды Ин-та геол. наук АН СССР, 1953, вып. 139, угольная серия (№ 4).

Ботвинкина Л. Н. О начале циклов осадконакопления в угленосных толщах.— Изв. АН СССР, серия геол., 1954, № 3.

Ботвинкина Л. Н. Метод сопоставления разрезов угленосных толщ на основе фациально-циклического анализа.— Труды лабор. геол. угля АН СССР, Изд-во АН СССР, 1956а, вып. 5.

Ботвинкина Л. Н. О трансгрессивных и регрессивных рядах фаций угленосных толщ.— Изв. АН СССР, серия геол., 1956б, № 2.

Ботвинкина Л. Н. Элементы полевого фациального анализа. В кн.: «Методы изучения осадочных пород», т. 1. М., Госгеолтехиздат, 1957.

Ботвинкина Л. Н. Морфологическая классификация слоистости осадочных пород.— Изв. АН СССР, серия геол., 1959а, № 6.

Ботвинкина Л. Н. О выделении диагенетической слоистости.— Докл. АН СССР, 1959б, **125**, № 1.

Ботвинкина Л. Н. Слоистость как генетический признак осадочных пород. Междунар. Геол. конгресс, XXI сессия. Доклады советских геологов по седиментологии. М., Госгеолиздат, 1960.

Ботвинкина Л. Н. Слоистость осадочных пород.— Труды Геол. ин-та АН СССР, 1962, вып. 59.

Ботвинкина Л. Н. Некоторые особенности генетических типов отложений и закономерности их наслоения в параллических формациях разных климатических областей.— Труды Геол. ин-та АН СССР, 1963, вып. 81.

Ботвинкина Л. Н. Текстурный анализ и перспективы его развития.— Литология и полезные ископаемые, 1965, № 2.

Ботвинкина Л. Н., Селиверстов В. Н., Соколова Т. Н., Яблоков В. С. Некоторые генетические типы красноцветных татарских отложений Оренбургского Приуралья.— Изв. АН СССР, серия геол., 1963, № 5.

Бушинский Г. И. Литология меловых отложений Днепровско-Донецкой впадины.— Труды Ин-та геол. наук АН СССР, серия геол., 1954, вып. 156, № 67.

Вассоевич Н. Б. К изучению слоистости осадочных горных пород. В кн.: «Литологический сборник», т. 1. Л.— М., Гостоптехиздат, 1948.

Вассоевич Н. Б. Флиш и методика его изучения, ч. 1—2. Л.—М., Гостоптехиздат, 1948—1949.

Вассоевич Н. Б. Слоистость и фации.— Изв. АН СССР, серия геол., 1949, № 2.

Вассоевич Н. Б. Условия образования флиша. Л.— М., Гостоптехиздат, 1951.

Вассоевич Н. Б. О некоторых флишевых текстурах (знаках).— Труды Львовск. геол. об-ва, геол. серия, 1953, вып. 3.

Вассоевич Н. Б. Текстуры осадочных горных пород. В кн.: «Справочное руководство по петрографии осадочных пород», т. 1. Л., Гостоптехиздат, 1958.

Вассоевич Н. Б., Гроссгейм В. А. Метод определения первичной ориентировки наклона косых слойков. В кн.: «Геологический сборник ВНИГРИ», вып. 1 (4). Л.— М., Гостоптехиздат, 1951.
Вейхер А. А. Опыт изучения осадкообразования в турбулентном потоке. В кн.: «Литологический сборник», т. 1. М.— Л., Гостоптехиздат, 1948.
Галдобина Л. П. Иотнийские образования района Прионежья Карельской АССР.— Изв. Карельского и Кольского филиалов АН СССР, 1958, № 5.
Геккер Р. Ф. Наставление для исследований по палеоэкологии. М., Изд-во АН СССР, 1954.
Гроссгейм В. А. О значении и методике изучения гиероглифов (на материале кавказского флиша).— Изв. АН СССР, серия геол., 1946, № 2.
Гроссгейм В. А. Опыт создания терминологии для морфологического описания гиероглифов. В кн.: «Геологический сборник ВНИГРИ», вып. 3 (6). Л.— М., Гостоптехиздат, 1955.
Давыдова Т. Н., Гольдштейн Ц. Л. Литологические исследования в Буреинском бассейне. М., Госгеолиздат, 1949.
Дельтовые и мелководно-морские отложения. Сборник статей. М., Изд-во АН СССР, 1963.
Жемчужников Ю. А. Цикличность строения угленосных толщ, периодичность осадконакопления и методы их изучения.— Труды Ин-та геол. наук АН СССР, 1947, вып. 90, угольная серия (№ 2).
Жемчужников Ю. А. Слой и пласт.— Изв. АН СССР, серия геол., 1950, № 5.
Жемчужников Ю. А. Периодичность осадконакопления и понятия ритмичности и цикличности.— Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 1955, **30**, № 3.
Жемчужников Ю. А. Сезонная слоистость и периодичность осадконакопления. Труды Геол. ин-та АН СССР, 1963, вып. 86.
Жемчужников Ю. А. и др. Строение и условия накопления основных угленосных свит и угольных пластов среднего карбона Донецкого бассейна, ч. 1—2. М., Изд-во АН СССР, 1959—1960. (Труды Геол. ин-та АН СССР, вып. 15).
Иванов Г. А. Методика фациально-геотектонического анализа угленосных отложений и применение ее в практике геологоразведочных работ.— Труды лабор. геол. угля АН СССР, 1956, вып. 5.
Иванов Г. А. О континентальности угленосных отложений (фациальные условия образования угленосных формаций).— Изв. высших учебн. завед., геология и разведка, 1964, № 8.
Казаринов В. П. Мезозойские и кайнозойские отложения Западной Сибири. М., Гостоптехиздат, 1958.
Королюк И. К. Влияние некоторых беспозвоночных на слоистость илов. – Труды Мурманской биол. станции, 1958, **4.**
Косая слоистость и ее геологическая интерпретация. Сборник статей под ред. Ю. А. Жемчужникова и др.— Труды Всес. научно-исслед. ин-та мин. сырья, 1940, вып. 163.
Кузьмин А. М. Слой и наслоение.— Труды Горно-геол. ин-та Зап.-Сиб. фил. АН СССР, 1950, вып. 11.
Лаврушин Ю. А. Аллювий равнинных рек субарктического пояса и перигляциальных областей материковых оледенений.— Труды Геол. ин-та АН СССР, М., 1963, вып. 87.
Лобанов И. Н. Ятулийские конгломераты Карелии и их происхождение.— Изв. АН СССР, серия геол., 1962а, № 5.
Лобанов И. Н. Слоистые текстуры в ятулийских кварцитах Карелии. – Изв. высших учебн. завед., геология и разведка, 1962б, № 2.
Лунгерсгаузен Г. Ф. Периодичность в изменении климата прошлых геологических эпох и некоторые проблемы геохронологии.— Докл. АН СССР, 1956, **108**, № 4.
Македонов А. В. Парагенезис углей, вмещающих пород и конкреций воркутской свиты и методы прогноза угленосности.— Труды лабор. геол. угля АН СССР, 1956, вып. 5.
Македонов А. В. Некоторые закономерности географического распространения современных конкреций в осадках и почвах.— Изв. АН СССР, серия геол., 1957, № 4.
Македонов А. В. Формации Печорского бассейна и некоторые закономерности образования и развития угленосных формаций. В сб.: «Угленосные формации некоторых регионов СССР». Изд-во АН СССР, 1961.
Методическое руководство по геологической съемке и поискам. М., Госгеолтехиздат, 1954.
Методы изучения осадочных пород. Под ред. Н. М. Страхова, т. 1—2. М., Госгеолтехиздат, 1957.
Наливкин Д. В. Учение о фациях, т. 1—2. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1955—1956.
Николаев Н. И. О строении поймы и аллювиальных отложений.— Вопросы теорет. и прикл. геологии, 1947, сб. 2.
Новожилов В. Н. Методы изготовления пленочных монолитов.— Записки Ленингр. горн. ин-та, 1951, 25, сб. 2.
Орвику К. К. Пленочный монолит.— Ученые записки Тартусск. ун-та, 1948, вып. 4.
Попов В. И., Макарова С. Д., Филиппов А. А. Руководство по определению осадочных фациальных комплексов и методика фациально-палеогеографического картирования. Л., Гостоптехиздат, 1963.

Русинов И. Я. Строение намытых песчаных грунтов и его влияние на их основные физико-механические характеристики.— Труды Ленингр. краснознаменной военно-воздушной инженерной акад. им. А. Ф. Можайского, 1958, вып. 230.
Рухин Л. Б. Основы литологии. Л.— М. Гостоптехиздат, 1953.
Рухин Л. Б. Основы общей палеогеографии. Изд. 2. Л., Гостоптехиздат, 1962.
Сидоренко А. В., Лунева О. А. К вопросу о литологическом изучении метаморфических толщ. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1961.
Соколов В. А. О цикличном строении терригено-карбонатной толщи протерозоя Южной Карелии.— Материалы по геол. Карелии. Труды Карельск. фил. АН СССР, Петрозаводск, 1960, вып. 26.
Соколов В. А. Геология и литология карбонатных пород среднего протерозоя Карелии. Карельск. фил. АН СССР, М — Л., Изд-во АН СССР, 1963.
Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Т. I — III, М., Изд-во АН СССР, 1960—1962.
Тимофеев П. П. Об условиях формирования генетических типов углей и их связи с циклами — обстановками осадконакопления в Донбассе.— Докл. АН СССР, 1955, 102, № 4.
Тимофеев П. П. О причине циклического строения угленосных отложений среднего карбона юго-западной окраины Донбасса.— Изв. АН СССР, серия геол., 1956, № 2.
Ульст В. Г. Морфология и история развития области морской аккумуляции в вершине Рижского залива. Рига, Изд-во АН Латв. ССР, 1957.
Хабаков А. В. Динамическая палеогеография, ее задачи и возможности. В кн.: «Труды 2-го Всесоюзного географического съезда», т. 2. М., 1948. То же, в кн.: «Литологический сборник», т. I. М., Гостоптехиздат, 1948.
Хабаков А. В. Косая слоистость осадочных толщ как показатель условий их образования.— Природа, 1951, № 4.
Хворова И. В. О некоторых поверхностных текстурах в каменноугольном и нижнепермском флише Южного Урала.— Труды Ин-та геол. наук АН СССР, 1955, вып. 155, геол. серия (№ 66).
Шанцер Е. В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познаний закономерностей строения и формирования аллювиальных свит.— Труды Ин-та геол. наук. АН СССР, 1951, вып. 135, геол. серия (№ 55).
Шахов Ф. Н. Текстуры руд. М., Изд-во АН СССР, 1961.
Швецов М. С. О некоторых вспомогательных приемах изучения осадочных пород.— Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 1954, 29, № 1.
Шрок Р. Последовательность в свитах слоистых пород. Перев. с англ. М., ИЛ, 1950.
Geer G. de A geochronology of the last 12 000 years. В кн.: «Compte rendu de la XI session du Congrès géologique international», fasc. 1—2. Stockholm, 1912.
Kuenen Ph. H. Paleogeographic significance of graded bedding and associated features.— Proc. Kon. nederl. akad. wet. B, 1952, 55.
Kuenen Ph. H. and Humbert F. L. Bibliography of turbidity currents and turbidites. В кн.: A. H. Bouma and A. Brouwer (Editors). Turbidites. Elsevier, Amsterdam, 1964.
Kuenen Ph. H., Migliorini C. J. Turbidity currents as a cause of graded beddings.— J. Geol. 1950, 58, N 2.
McKee E. D. Report on studies of stratification in modern sediments and in laboratory experiments. — U. S. Office Naval Res. Proj., 1953, Nonr. 164 (00), N 081—123; Amer. J. Sci., 1954, **252**, N 6.
McKee E. D. Primary structure in some recent sediments.— Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 1957, **41**, N 8.
Moore D. G., Scruton P. C. Minor internal structures of some recent unconsolidated sediments.— Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 1957, **41**, N 12.
Pettijohn F. J. Paleocurrents of Lake Superior pre-cambrian quartzites.— Geol. Soc. Amer. Bull., 1957, **68**, N 4.
Seibold E. Jahreslagen in Sedimenten der mittleren Adria.— Geol. Rundschau, 1958, **47**, N1.
Straaten L. M., van. Texture and genesis of Dutch Wadden sea sediments. В кн.: «Proceedings International Congress Sedimentology, Netherlands». Amsterdam, 1951.
Thompson V. O. Original structures of beach, bars and dunes.— Geol. Soc. Amer. Bul 1937, **48**, N 6.
Voigt E. Die Konservierung geologischer und bodenkundlicker Profile mit Hilfe der Lackfilmmethode. Veröffentl. Reichsstelle f. d. Unterrichtsfilm zu d. Hochschulfilm, 1939, N C-236.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 5
Раздел I. Основные положения и терминология 7
1. Слоевые единицы. Основные термины 7
2. Группировка слоевых единиц 11
3. Условность выделения слоев 12
4. Повторяемость слоевых единиц 14
Раздел II. Морфологические признаки слоистости, причины ее появления и механизм образования слоевых элементов, морфологическая классификация слоистости 19
1. Причины возникновения слоистости 19
2. Механизм формирования основных типов слоистости и их признаков 23
3. Морфологическая классификация слоистости 34
Таблицы морфологической классификации слоистых текстур (I—XIV) 43
Раздел III. Методика изучения слоистости 59
Общие замечания 59
А. Полевые наблюдения 59
1. Особенности объектов исследования 60
2. Подготовка объекта для наблюдения 60
3. Зарисовки и фотографии 61
4. Наблюдения слоистости в различных плоскостях 66
5. Замеры и пересчеты 69
6. Отбор образцов и составление коллекций 73
Б. Описание слоистости и анализ ее признаков 76
Определения и предварительные выводы 76
В. Камеральная обработка фактического материала 80
Общие замечания 80
1. Обработка образцов для выявления текстуры породы 80
2. Составление колонки и ее анализ. Другие графические построения 81
3. Обработка результатов массовых замеров и их графическое изображение 84
4. Коннексия — сопоставление отложений с ленточной слойчатостью и ритмичной слоистостью 91
Г. Соотношение слоистости с другими признаками пород и осадочных толщ 94
Общие замечания 94
1. Слоистость и структура породы 94
2. Слоистость и замеры наклона галек 97
3. Слоистость и вещественный состав пород 98
4. Слоистость и органические остатки 100
5. Слоистость и конкреции 101
6. Слоистость и общие геологические данные (условия залегания, протяженность и мощность слоев, связь их с соседними и т. д.) . . . 102
Д. Слоистость и сходные с ней вторичные текстуры, способы их различия 104
1. Диагенетическая слоистость 104
2. Слоистость и окраска пород. Полосчатость 106
3. Слоистость и вторичные текстуры, возникающие на разных стадиях эпигенеза и метаморфизма 106

4. Слоистость и выветривание. Плоскости отдельности 108
5. Слоистость и складчатость 109
Е. Нарушения первичной слоистости, их причины и признаки различия 110
1. Деформации слоистости в результате физико-механических процессов . 113
2. Деформации слоистости, обусловленные изменением влажности и температуры осадков 118
3. Деформации слоистости биогенного происхождения 119
Раздел IV. Текстурная характеристика отложений разных фаций 124
Общие замечания 124
А. Слоистость континентальных отложений 124
1. Эоловые отложения 124
2. Речные отложения 131
3. Отложения озер и других континентальных водоемов 140
4. Отложения застойных водоемов и болот. Образования ископаемых почв и подпочв 145
5. Отложения временных потоков, конусов выноса и сухих дельт (пролювия) 150
6. Отложения ледникового комплекса 153
Б. Слоистость переходных и морских отложений 157
1. Подводная часть дельты 157
2. Аккумулятивные прибрежные формы: бары, косы, пересыпи, береговые валы 162
3. Отложения побережья 166
4. Прибрежное мелководье — зона волнений и слабых течений 171
5. Области спокойной прибрежной седиментации (лагуны, мелкие заливы) 174
6. Области спокойной седиментации открытого моря 177
7. Области донных морских течений 181
8. Области отложений мутевых течений 185
В. Особенности слоистости в отложениях различных фаций. Фациально-генетическая классификация слоистых текстур. 189
Таблицы фациально-генетической классификации слоистых текстур (табл. XV—XVIII) 193
Раздел V. Значение слоистости пород для фациального анализа. Фациальные обстановки и их взаимные переходы. Стратификационный фациально-циклический анализ осадочных толщ 202
1. Что дает слоистость для фациального анализа 202
2. Слоистость, фации и фациальные обстановки 205
3. Основные закономерности циклической стратификации. Фациально-циклический анализ 211
4. Основные операции при фациально-циклическом изучении разреза 219
Раздел VI. Специфика изучения слоистости и задачи, решаемые с ее помощью при различных направлениях геологических работ 221
Общие замечания 221
1. Съемка и картирование. Расчленение и корреляция разрезов . . . 221
2. Изучение слоистости при поисках и разведке различных полезных ископаемых 223
3. Изучение текстур современных и четвертичных отложений 234
4. Изучение флиша 236
5. Изучение текстур вулканогенно-осадочных отложений 237
6. Изучение текстур древнейших отложений докембрия и метаморфизованных толщ 238
7. Определение абсолютного времени накопления отложений 240
8. Палеогеографические построения и карты прогнозов 240
9. Детализация элементов тектонического строения разреза (залегание, перерывы, нарушения) 242
10. Слоистость, как дополнительный признак пород при работах по инженерной геологии 246
Заключение 248
Литература 253

CONTENTS

Introduction 5
Chapter I. Fundamental principles and terminology 7
1. Sedimentation units. Main terms 7
2. Grouping of sedimentation units 11
3. Differences in distinguishing sedimentation units 12
4. Recurrence of sedimentation units 14
Chapter II. Bedding morphology and the factors of its appearance; mechanism of the formation of sedimentation units. Morphological classification of the bedding 19
1. Factors causing the formation of beading 19
2. Mechanism of the formation of main bedding types and their features 23
3. Morphological classification of bedding 34
Tables of morphological classification (I—XIV) 43
Chapter III. Methods of studying bedding 59
General notes 59
A. Field observations 59
1. Specific features in the objects of research 60
2. Preparation of an object for observation 60
3. Drawings and photographs 61
4. Bedding observations in different planes 66
5. Measurements and computations 69
6. Sampling and collections 73
B. Bedding description and analysis of its features 76
Determinations and preliminary conclusions 76
C. Laboratory work on factual material 80
General notes 80
1. Sample treatment for the establishment of rock structure 80
2. Column compilation and its analysis. Other graphs 81
3. Computation of the results of mass measurements and their graphic representation. 84
4. Connection — correlation of varves and rhytmical bedding 91
D. Bedding relations with other features of rocks and sedimentary rock masses 94
General notes 94
1. Bedding and rock texture 94
2. Bedding and measurements of pebble inclination 97
3. Bedding and the material composition of rocks 98
4. Bedding and organic remains 100
5. Bedding and concretions 101
6. Bedding and general geological data (occurence, extent, and thickness of beds, their relations with adjacent strata etc.) 102
E. Bedding and similar secondary structures, ways of their distinction . . . 104
1. Diagenetic bedding 104
2. Bedding and rock coloration. Banding 106

3. Bedding and secondary structures originating at different stages of epigenesis and metamorphism 106
4. Bedding and weathering. Joint planes 108
5. Bedding and folding 109
F. Break in primary bedding, its causes and differences 110
1. Bedding deformation as a result of physico-mechanical processes . . . 113
2. Bedding deformation determined by changes in the humidity and temperature of sediments 118
3. Bedding deformations of biogenic origin 119
Chapter IV. Structural characteristic of deposits of differen facies 124
General notes 124
Bedding of continental deposits 124
1. Aeolian deposits 124
2. Fluvial deposits 131
3. Deposits in lakes and other continental water bodies 140
4. Deposits of stagnant water bodies and swamps. Formation of fossil soils and subsoils 145
5. Deposits of intermittent streams, alluvial fans and dry deltas (proluvium) 150
6. Deposits of the glacial complex 153
Bedding of transition and marine deposits 157
1. Submerged delta part 157
2. Accumulative coastal forms: bars, spits, bay-bars, beach barriers . . . 162
3. Deposits of the coast: plage, beach, watt and oth. 166
4. Littoral shallow waters — zone of waves and slow currents 171
5. Areas of calm littoral sedimentation (lagoons, small bays) 174
6. Areas of calm sedimentation in the open sea 177
7. Areas of bottom sea currents 181
8. Deposition areas of turbidity currents 185
Specific bedding features in the deposits of different facies. Facies-genetic classification of bedding structures 189
Tables of facies-genetic classification (XV—XVIII) 193
Chapter V. Significance of rock bedding for facies analysis. Facies environments and their mutual transitions. Stratification facies-cyclic analysis of sedimentary rock masses 202
1. The significance of bedding for facies analysis 202
2. Bedding, facies and facies environments 205
3. Main laws of cyclic stratification. Facies-cyclic analysis 211
4. Main procedures in a facies-cyclic study of a section 215
Chapter VI. Specific features in the study of bedding and their importance in the solution of various geological problems 221
General notes 221
1. Survey and mapping. Subdivision and correlation of sections 221
2. Study of bedding in a search and reconnaissance of different mineral resources 223
3. Structure study of Quaternary and Recent deposits 234
4. Study of flysch 236
5. Structure study of volcano-sedimentary deposits 237
6. Structure study of old Precambrian deposits and of metamorphic rock masses 238
7. Determination of the abosolute time of sedimentation 240
8. Paleogeographic reconstructions and prognostic maps 240
9. Element detalization in the tectonic structure of sections (occurence, intervals, dislocations) 242
10. Bedding as an additional rock feature in engineering geology 246
Conclusion 248
Bibliography 253

Любовь Николаевна Ботвинкина
Методическое руководство по изучению слоистости
Труды ГИН, в. 119

Утверждено к печати Геологическим институтом Академии наук СССР

Редактор издательства *В. С. Журавлев*
Контрольный редактор Трудов ГИН с 1 по 119 вып. *С. Т. Попова*
Технический редактор *С. Г. Тихомирова*

Сдано в набор 11/XI 1964 г. Подписано к печати 22/II-1965 г.
Формат 70×108¹/₁₆. Печ. л. 16,25+1 вкл. Усл. л. 22,26+1 вкл.
Уч.-изд. 20,3 (20,2+0,1 вкл.). Тираж 3500. Т-01880. Изд. № 3318/04
Тип. зак. № 1447. Темплан 1965 г. № 389

Цена 1 р. 52 к.

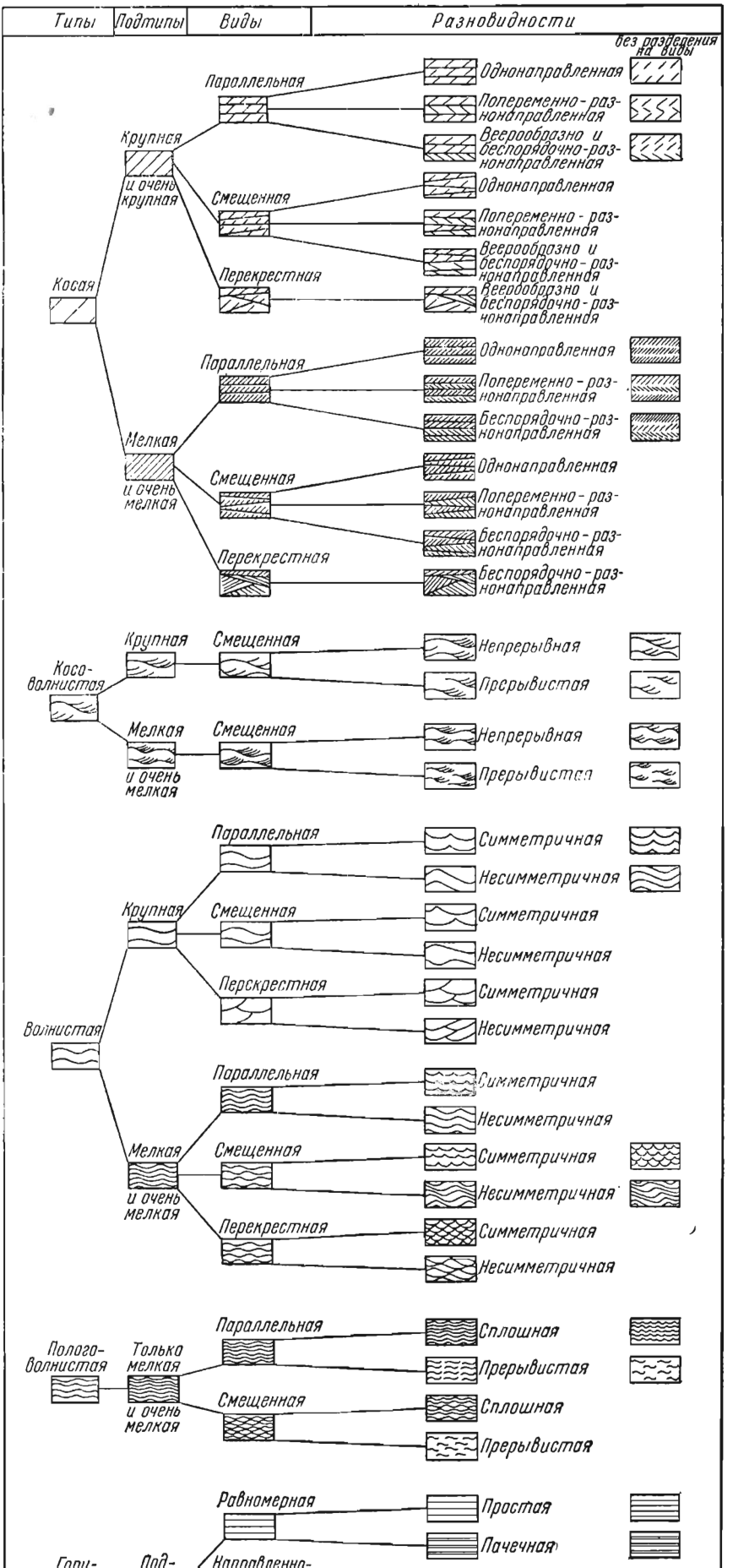
Издательство «Наука»
Москва, К-62. Подсосенский пер. 21

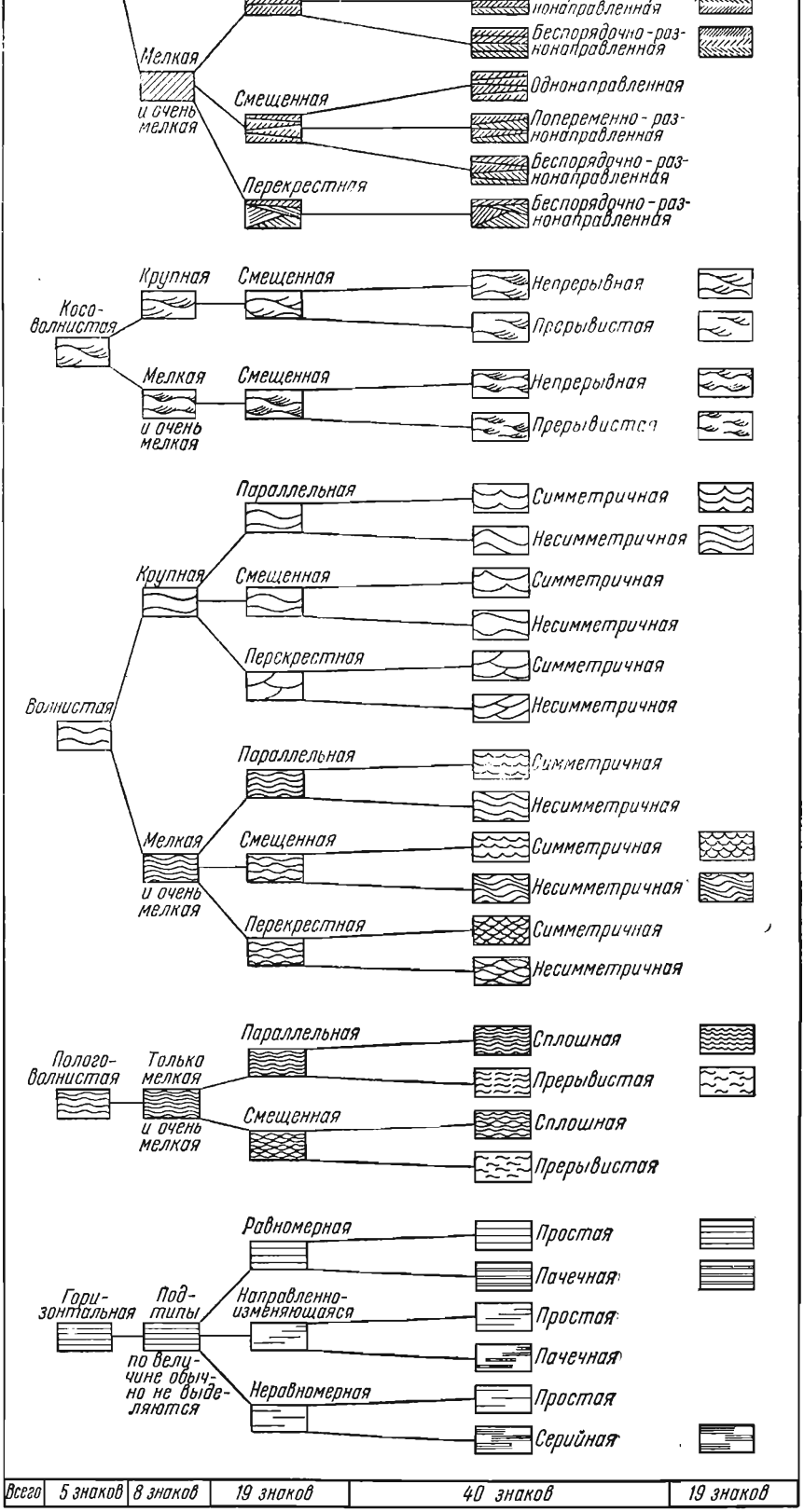
2-я типография издательства «Наука»
Москва. Г-99, Шубинский пер., 10

ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
51	1 св.	волнистой	косо-волнистой
62	11 сн.	из серии в серию	из пачки в пачку
67	24 сн.	сечения, но...	сечения. Последнее влияет на углы наклона слойков, но...
71	21 св.	При замерах	Кроме замеров
108	27 сн.	Из	На

Л. Н. Богвинкина «Методическое руководство...» Тр. ГИН, вып. 119


Типы
Подтипы
Виды
Разновидности
без разделения на виды
Косая
Крупная и очень крупная
Параллельная
Однонаправленная
Попеременно-разнонаправленная
Веерообразно и беспорядочно-разнонаправленная
Смещенная
Однонаправленная
Попеременно-разнонаправленная
Веерообразно и беспорядочно-разнонаправленная
Перекрестная
Веерообразно и беспорядочно-разнонаправленная
Мелкая и очень мелкая
Параллельная
Однонаправленная
Попеременно-разнонаправленная
Беспорядочно-разнонаправленная
Смещенная
Однонаправленная
Попеременно-разнонаправленная
Беспорядочно-разнонаправленная
Перекрестная
Беспорядочно-разнонаправленная
Косо-волнистая
Крупная
Смещенная
Непрерывная
Прерывистая
Мелкая и очень мелкая
Смещенная
Непрерывная
Прерывистая
Волнистая
Крупная
Параллельная
Симметричная
Несимметричная
Смещенная
Симметричная
Несимметричная
Перекрестная
Симметричная
Несимметричная
Мелкая и очень мелкая
Параллельная
Симметричная
Несимметричная
Смещенная
Симметричная
Несимметричная
Перекрестная
Симметричная
Несимметричная
Пологоволнистая
Только мелкая и очень мелкая
Параллельная
Сплошная
Прерывистая
Смещенная
Сплошная
Прерывистая
Горизонтальная
Под-
Равномерная
Простая
Пачечная



Фиг. 38. Условные обозначения, рекомендуемые для типов, подтипов, видов и некоторых разновидностей слоистости

Л. Н. Ботвинкина