

Тип косо́й слоистости, как критерий генезиса осадков.

Ю. А. Жемчужников.

Le type de la stratification entrecroisée, comme caractéristique de l'origine des sédiments

par G. Jemtschujnikoff.

1. Возникновение вопроса.

Производя летом 1921 г. по поручению Геологического Комитета геологические исследования в южной части Подмосковского угольного бассейна, я столкнулся с явлениями косо́й (косвенной или диагональной) слоистости ¹⁾, развитой в некоторых хороших обнажениях угленосной песчано-глинистой толщи. Более или менее детальные наблюдения над формами и характером косо́й слоистости дали мне повод поставить перед собой вопрос, не могут ли они служить критерием для распознавания генезиса этой толщи.

Вопрос о генезисе угленосных отложений Подмосковского бассейна до сих пор не являлся предметом специального изучения геологов. Но уже давно установился взгляд, что указанные отложения образовались на дне большого залива ²⁾ русского нижнекаменноугольного моря. Ближе к этому вопросу подходит М. Д. Залесский, на основании микроскопического изучения строения углей. Факт нахождения здесь углей исключительно сапропелевого типа, так называемых, „курных“ и богхедов, образующихся обычно в условиях озерных бассейнов, заставляет названного ученого признать, что площадь Подмосковского

¹⁾ Насколько мне известно, до сих пор диагональная слоистость в угленосной толще не была констатирована в литературе по Подмосковному бассейну.

²⁾ Карпинский. Горный журн. 1880. IV.

залива „представляла собой в эпоху отложения угленосной свиты... сильно заболоченную низину, покрытую массой мелких озер и лагун с пресной или солоноватой водой. Эти водоемы представляли собой наследие предшествовавшей эпохи, когда в этих местах царило море и отлагался известняк“¹⁾). Озера незаметно переходили в топи, а эти последние в озера. В окрестных зарослях терялась граница между сушей и морем. Эта картина, строго говоря, относится к моменту отложения почвы угольных слоев, послуживших материалом для изучения; но так как залежи угля в Подмосковном бассейне находятся на различных горизонтах песчаной толщи, то таковое толкование с известным правом можно распространить и на всю ее толщину. Однако, в виду пестроты возможных физико-географических условий, господствующих на такой заболоченной низине, покрытой озерами, лагунами и топями, иногда и затопленной морем, возможно предполагать большое фациальное разнообразие осадков. Здесь могут быть мелководные песчаные отложения отмелей эпиконтинентального моря, лагунные осадки, отложения морских или озерных дельт, береговых дюн, речных или внезапных потоков, наконец, озерные (к которым относятся и отложения углей) и т. п., т. е. могут встретиться различные фации морских и континентальных отложений.

Мне казалось, что указание на то или иное происхождение песчаных осадков можно почерпнуть и из изучений косо́й слоистости, если возможно будет установить в ней своеобразные черты для каждого генетического типа осадков.

2. Общий характер угленосной толщи.

Прежде, чем перейти к описанию моих наблюдений, следует сказать несколько слов относительно некоторых общих, более или менее установленных прежними наблюдениями, особенностей песков угленосной толщи. Первое, что бросается в глаза при многократном наблюдении по всему бассейну—это полное отсутствие прослоек гравия, гальки и валунов, вообще весьма грубозернистого материала. В большинстве случаев размер зерен песка не превышает одного миллиметра, а чаще и десятых долей его.

Во-вторых—более мелкозернистые и более белые, лишенные железистых примесей пески залегают чаще в верхней части толщи, где она не смыта. В нижней части их сменяет свита более грубых и полосатых желто-красных песков, проникнутых водной окисью железа.

¹⁾ М. Д. Залесский. Очерк по вопросу образования угля. П. 1914. стр. 83.

В третьих—мощность всей песчаной толщи меняется даже на небольших расстояниях и исчисляется цифрами от 12 до 40 метров¹⁾. В известных (по скважинам) разрезах Епифанского уезда, где на угленосную толщу налегают известняки с *Productus giganteus* или пески рязанского горизонта, угленосные отложения не превышают 35 метров.

3. Описание обнажений с косою слоистостью.

Перехожу к наблюдениям этого года.

Обнажения №№ 11, 12 и 13—боковые левобережные вымоины оврага, начинающегося у д. Николаевки и впадающего у д. Грязновки. Глубина оврага около 26 метров.

№ 12—представляет следующий разрез под почвенным слоем (см. рис. 1).

1. Песок охристо-желтый 1,5 м.
2. Песчаник желтый железистый с прослоями песка . 0,3 „
3. Песок-песчаник охристо-желтый с косою слоистостью 1,8 „
4. Песок более светлый с сильно выраженной косою слоистостью и поперечными прожилками из бурого глинистого песка, более 8,0 „

Весь разрез около 12 метров

В характере косою слоистости могут быть отмечены следующие черты. 1) Косые слои чередуются с пачками слоев песка или песчаника с отчетливой горизонтальной слоистостью, выдержанными во всем разрезе. 2) Косые слои залегают сериями, в которых они параллельны между собой, но одна серия с известным направлением срезает другую с иным направлением падения слоев. 3) Косые слои обнаруживают сверху (у кровли из горизонтальных слоев) резкий контакт и несогласие, а книзу контакт не всегда ясен, так как мешают осыпи песка; в некоторых же случаях довольно резкий. 4) В общем, одно направление наклона является преобладающим. 5) Бурые прожилки не нарушают косою слоистости, что заставляет считать их происхождение вызванным последующим заполнением образовавшихся в песчанике трещин.

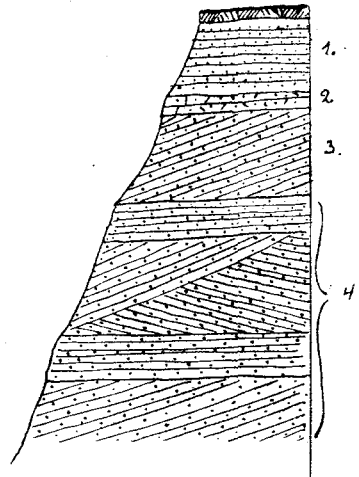


Рис. 1. Обн. №12.

¹⁾ В пределах рудничной полосы.

№ 13. В соседнем небольшом отвершке наблюдается переслаивание охристых и розовато-лиловых песков с песчаниками. И те, и другие с отчетливой диагональной слоистостью, типичный вид которой изображен на рисунке (см. рис. 2). Здесь срезающие горизонтальные слои всегда параллельны друг другу.

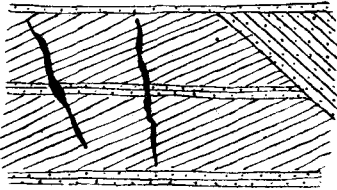


Рис. 2. ДЕТАЛЬ ОБК. №13

№ 33. В соседнем овраге, в боковом отвершке при соединении его с предыдущим (см. рис. 3) имеем:

1. Почвенный суглинок 0,25 м.
2. Бурый суглинок 0,85 „
3. Песчаники красноватые, то более плотные, то более рыхлые, с косой слоистостью 1,5 „
4. Пески желтовато-белые с косой слоистостью 2,0 „
5. Пески охристо-желтые (косой слоистости не видно) 3,0 „
6. Глина темно-серая (сизая) 1,2 „

Вся толща 8,80 метра.

В косой слоистости наблюдаются следующие черты:

- 1) Угол наклона косых слоев до 15°. 2) Вполне горизонтальных слоев вообще нет. 3) Наклон в большинстве случаев в одну сторону, а различие в углах падения может быть объяснено различием в плоскостях разреза. 4) Косые слои небольшой мощности и прямоли-

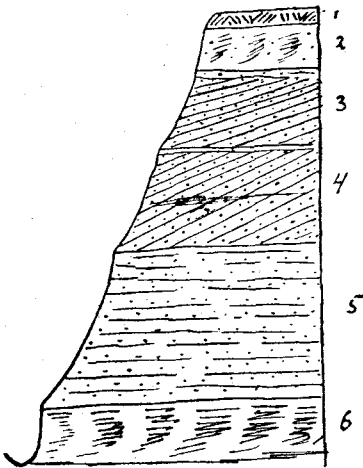


Рис. 3. ОБК. №33

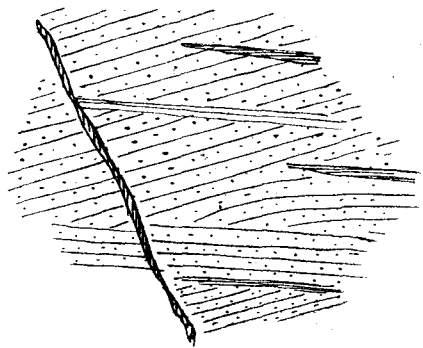


Рис. 4. ДЕТАЛЬ ОБК. №33

нейны. 5) Поперечная трещина заполнена бурым цементированным песком. 6) Имеются и прослои еще более цементированного бурого песчаника, близкие к горизонтальным (см. рис. 4). 7) Только в одном месте мною зарисованы косые слои с перемежающимися параллельными горизонтально-пластующимися слоями (см. рис. 5).

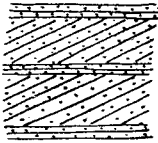


Рис. 5. Деталь
обн. № 33

№ 65. Обнажение у р. Мокрой Таболы в 2-х верстах выше с. Бучалок. Левый берег.

Здесь в боковом отворшке виден следующий разрез (см. рис. 6).

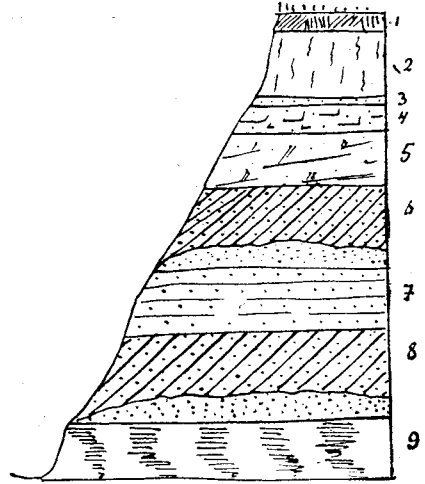


Рис. 6. Обн. № 65

1. Чернозем	0,50 м.
2. Лессовидный суглинок с кротовинами и журавчиками	0,75 „
3. Песчаник желтый рыхлый	0,17 „
4. „ красно-бурый твердый	0,70 „
5. „ более светлый с темнобурыми полосами и отчетливой косою слоистостью	1,40 „
6. Пески и песчаники желтые и белые	2,10 „
7. Песчаник красно-бурый	1,70 „
8. Песчаники и пески желтые, светлые с косою слоистостью	2,25 „
9. Глина углистая черная, более	1,40 „
	<hr/> 10,97 м.

Можно отметить еще некоторые особенности:

- 1) Наклон косых слоев около 45°, почти одинаковый в 6-м и 8-м слоях, и отдельные слои в каждой серии параллельны друг другу.
- 2) Наклон косых слоев в 5-м—весьма пологий, до 5°.
- 3) Контакт и несогласие между 5-м и 6-м, 7-м и 8-м резкие.
- 4) Горизонтальные слои 7-го состоят из более грубого материала, хотя на глаз эта разница почти незаметна, ибо весь песок сравнительно мелкий¹⁾.
- 5) Слоистость

¹⁾ Механический анализ этих песков показывает, что их зерна не превышают 0,3 м/м в диаметре, а большинство зерен находится в пределах 0,1—0,2 м/м.

косых слоев заметна благодаря неодинаковой окраске их, но различия материала по величине зерен в последовательных прослойках не наблюдается. 6) Направление уклона слоев в разрезе в одну сторону. 7) Нижние части косых серий в 6-м и 8-м закрыты осыпью, так что контакта их с ниже-лежащими слоями не видно. 8) В видимой части обнажения наклонные слои строго прямолинейны.

В некоторых других случаях обнажения песчаных пород угленосной толщи не обнаруживают, однако, косой слоистости, иногда вообще неслоисты, а иногда в них можно наметить более или менее мощные свиты песков, различных, главным образом, по цвету.

4. Литература о косой слоистости.

Несмотря на то, что интересующее нас явление—косая слоистость наблюдается весьма часто, в литературе мы находим весьма немного более или менее достаточных его описаний. Обычно же геолог удовлетворяется констатированием факта диагональных слоев, изредка сопровождая его фотографией, а еще реже эскизом. Классификацией же типов косой слоистости занимались до сих пор, насколько мне известно, лишь два автора: А. Грабау (17, 295—6, 19, 400—404, 20, 701—706) в Америке и К. Андре (2, 382—397) в Германии. На самый вопрос, не может ли косая слоистость дать ключ для выяснения генезиса отложений, оба названные автора смотрят различно.

Грабау склонен выделять генетические типы косой слоистости, стремясь подвести под них разнообразие имеющихся фактов. При этом в 1907 г. он предложил различать два типа ¹⁾, а в 1913 г. три основных типа косой слоистости, именно: дельтовый, тип потоков и золотый. Первый, свойственный речным дельтам, по его мнению, характеризуется однообразным наклоном диагональных слоев в одной серии и, особенно, большой величиной угла этого наклона, а также присутствием горизонтальных слоев в кровле и почве косой серии!

Второй тип, наблюдающийся в отложениях периодических потоков, отличается однообразием косых слоев небольшой мощности (длина) в последовательных сериях, разделенных горизонтальными отложениями. Наконец, третий—золотый тип, который является особенностью дюн и барханов, выделяется косой слоистостью, весьма изменчивой по углу и направлению наклона как в одних и тех же, так и в последовательных сериях, и обычным отсутствием разделяющих горизонтальных серий.

¹⁾ К сожалению, этой работы мне достать не удалось.

О косо́й слоистости прибрежно-морских и типично-речных отложений Грабау не упоминает.

Совершенно иначе подходит к этому вопросу Андре. Он справедливо указывает (2,394), что для выяснения характера косо́й слоистости необходимо принимать во внимание не только внешнюю форму ее, но также и целый ряд других свойств, а именно, максимальный угол наклона, направление наибольшего падения по отношению к странам света, величину зерен и форму компонентов, мощность и пр.

Однако, разбирая отдельные элементы косо́й слоистости, Андре констатирует, что ни угол наклона, ни любой из других перечисленных выше признаков в отдельности не может являться решающим для отнесения отложений к тому или иному типу, так как в каждом из них можно наблюдать значительные колебания этих величин. Отсюда автор переходит к отрицанию самой возможности для настоящего момента выделения генетических типов косо́й слоистости. Приводимая им классификация косо́й слоистости на: 1) простую косо́ую, 2) диагональную и 3) перекрещивающуюся (*kreuz-schichtung*)—является чисто морфологической и вовсе не учитывает те элементы, которые Андре сам же считает существенными для характеристики явления.

5. Критика воззрений Андре и новая точка зрения.

Если бы косая слоистость в каждой фации определялась совершенно отличным самостоятельным фактором (волны, течения воды, ветра и пр.), то разграничение ее типов не представляло бы затруднений, и задача легко бы разрешалась экспериментальным путем. Но так как в образовании косо́й слоистости и материала косых слоев в море, в реке и в дельте могут принимать участие все эти факторы в разной мере, то эксперименты, выясняющие эффект того или другого фактора, могут иметь здесь лишь ограниченное значение,—именно, как некоторое наведение при изучении фактов. Из сказанного следует, что в интересующем нас явлении нельзя ждать открытия признаков абсолютно свойственных тому или иному фациальному типу отложений. Речь может идти только о большей или меньшей вероятности их проявления в различных типах, что приводит к статическому подходу к фактическому материалу.

Поэтому аргументация Андре мне кажется недостаточно убедительной. Несомненно, тот или иной угол наклона косых слоев, вообще говоря, не является присущим определенному типу косо́й слоистости, но отсюда отнюдь еще не следует отрицательного вывода Андре.

Ведь каждому типу отложений может соответствовать большая или меньшая вероятность известного максимального угла наклона и

вообще известная вероятность развития и степени проявления того или другого признака. При этом, если констатирование каждого из них в отдельности не может служить решающим доводом в пользу отнесения к данной группе отложений, то известная совокупность нескольких из этих свойств даст уже большую степень вероятности такого отнесения, в некоторых случаях граничащую с достоверностью.

Так, например, крутой угол наклона в 45° еще не решает вопроса о том, что данный осадок образовался в условиях дельтовых отложений, ибо крутой наклон, как увидим ниже, встречается, как правило, и в отложениях периодических потоков; но в связи с большой мощностью косой серии и наличием более грубозернистых горизонтальных слоев в кровле ее — такое предположение приобретает весьма большую вероятность.

Таким образом, задача сводится к тому, чтобы выяснить, на какие свойства косой слоистости следует обращать внимание, т. е. какие ее признаки являются руководящими. Затем необходимо объективным образом определить наиболее вероятные значения этих признаков для каждого генетического типа отложений, изучая их на осадках, происхождение которых точно известно по другим данным.

Тогда имея перед собой частный случай, мы можем убедиться, что из всех его признаков косой слоистости m свойств совпадает с одним типом, n с другим и т. д., при чем эти числа (разумеется только при равноценности признаков, а при разном их удельном весе можно ввести соответствующие коэффициенты) будут указывать относительную вероятность принадлежности к тому или иному типу ¹⁾.

6. Руководящие признаки косой слоистости.

Некоторые из них упоминаются уже Андре, указывающего, как мы видели, на их значение для будущей классификации; другие отмечены в характеристике Г р а б а у, третьи разбросаны в различных описаниях явления. Не останавливаясь подробно на аргументации в пользу каждого из свойств косой слоистости и сводя все воедино, я прихожу к тому перечню руководящих признаков, которые приведены в первом столбце прилагаемой таблицы (стр. 60—63). При этом считаю нужным отметить лишь следующее. Описания могут относиться как к наблюдениям в разрезе, так и к наблюдениям в плане. Вторые являются уже сопоставлениями первых. Наблюдения в разрезах могут касаться

¹⁾ Здесь мы имеем проявление закона вероятности одной общей причины, который состоит в том, что вероятность общей причины (генезиса) тем выше, чем больше количество совпадающих признаков явления.

или внешнего характера слоистости, элементом которой является отдельная серия первично-косых или первично-горизонтальных слоев, или внутренней текстуры отложения, т.е. характера, формы и состава компонентов (зерен). Следует обращать также внимание на характер и сохранность окаменелостей, если таковые встречаются.

Таким образом, мы имеем здесь как бы анкету, которую должен заполнить геолог, имеющий дело с явлением косо́й слоистости; причем большинство наблюдений должны быть сделаны на месте в поле и дополнены изучением обдуманно и целесообразно взятых образцов пород ¹⁾.

Обычно там, где описания сопровождаются фотографиями, уже не приводятся схематические рисунки косо́й слоистости от руки, что, по нашему мнению, является существенным упущением. Действительно, на фотографии часто нежные элементы слоистости бывают затемнены случайными светотенями рельефа обнажения. Поэтому эскиз (с показанием масштаба), сделанный наблюдателем хотя бы по фотографии или с натуры, поможет и лучше оттенить существенное в снимке, и легче оценить масштаб различных элементов явления.

7. Объективный и субъективный выбор значений руководящих признаков.

Когда мы будем иметь дело с фактическим материалом, собранным по единообразному плану, напр., по предложенному в настоящей статье, то это позволит разработать его чисто статистически, подойти к проявлению каждого признака с количественной стороны и установить таким образом, более или менее объективно (т.е. количественно) вероятность тех или иных значений этих признаков для каждого типа отложений (напр., определенного угла наклона). Следовательно, только тогда впервые возникнет возможность создать объективную генетическую классификацию различных типов косо́й слоистости.

К сожалению, в существующей литературе о косо́й слоистости сколько-нибудь полных описаний почти не имеется, а существующие описания для каждого типа немногочисленны, неполны и разнородны, а потому и трудно сравнимы.

Таким образом, в настоящее время возможна лишь субъективная генетическая классификация косо́й слоистости, т.е.

¹⁾ Как это делается ясным из дальнейшего изложения, образцы песков следует брать из различных частей одного и того же слоя в косо́й серии и из соседних горизонтальных серий в кровле и почве косых слоев и вообще при всяком заметном изменении в величине и характере зерен песка.

основанная на субъективном выборе характерных черт отдельных типов. Этот выбор базируется не на обработке большого количества однородных наблюдений, в которых возможно проявление „закона больших чисел“, а на фиксировании отличий, почерпнутых из описания наиболее характерных типичных случаев. Заранее учитывая все несовершенство подобного метода и предвидя в дальнейшем значительное видоизменение полученной таким образом схемы, я все же настаиваю на ее необходимости, как рабочей гипотезы, как первого приближения к разрешению поставленной задачи. Схема, которая приводится ниже в виде таблицы, является предварительной и при последующем накоплении точного фактического материала естественно преобразуется как в сторону дополнения, так, возможно, и в направлении ее упрощения.

В дальнейшем изложении я постараюсь эту схему обосновать на имеющихся и известных мне немногочисленных описаниях, принимая во внимание и общие соображения о характере действующих агентов, и опытные данные, касающиеся образования осадков.

8. Главнейшие типы осадков с косою слоистостью.

По имеющимся данным явление косою слоистости наблюдается, главнейше, в следующих типах осадков:

- 1) в эоловых отложениях (дюнах и барханах);
- 2) „ отложениях периодических потоков;
- 3) „ речных отложениях;
- 4) „ дельтовых „ ;
- 5) „ прибрежно-морских отложениях.

Кроме того, они встречаются в отложениях аллювиального выноса горных рек и ледникового выноса (флювио-гляциальных). Можно ли косою слоистость этих двух последних типов отложений выделить в самостоятельные типы или рассматривать первую, как разновидность слоистости дельт, а вторую, как частный случай слоистости речной—сейчас не представляется достаточно выясненным за недостатком соответственных наблюдений. Поэтому мы пока воздержимся от их характеристики и рассмотрим здесь только пять вышеприведенных типов отложений.

9. Эоловый тип.

На косою слоистость в современных дюнах давно уже было обращено внимание ¹⁾, и в первое время самый факт нахождения

¹⁾ См., напр., Соколов, Н. Дюны, их образование, развитие и внутреннее строение. СПб. 1884.

косых слоев уже трактовался, как указание на эоловое происхождение осадка. Так, напр., Борнеман ¹⁾ в 1885 г. приписывал такой генезис всей толще пестрого песчаника. В 1880 г. Бриар, описывая „перекрещивающуюся слоистость“ (7, 586—588, stratification entrecroisée) аптских песков Samer в связи с наблюдением над дюнами Фландрии, ставит вопрос „не было ли сделано наблюдений“, помогающих различить „осадочное происхождение“ косой слоистости от эолового?

Бриар констатирует, что в дюнах косая слоистость является результатом наклонных и почти параллельных поверхностей, более или менее вогнутых, причем вогнутость всегда направлена кверху. Эти поверхности внезапно прерываются и как бы выщербляются другими налегающими слоями, идущими в ином направлении.

Косая слоистость присуща всей массе эоловых (дюнных) отложений, тогда как для других типов она составляет более или менее случайное явление.

Прослойки глин, гравия или торфа изредка могут быть в дюнах, как следы бывших прудов, что можно видеть в современных дюнах у Ньюпорта.

В последующей за докладом Бриара дискуссии Ван-ден-Брек (7,589) отмечает, как характерное отличие эоловых образований — постоянство величины зерен в одном слое, что и естественно, т. к. определенной силе ветра соответствует совершенно определенная величина приводимых в движение зерен.

Кроме того, древние дюны, как и современные, характеризуются своим особым положением по отношению к распространению морских, флювио-морских и континентальных отложений.

Он указывает также на обычное отсутствие органических остатков в дюнах; а если они, как редкое исключение, и встречаются, то по степени их сохранности можно отличить дюнные отложения от лагунных. В последних чаще и прослойки глин.

Францен (13,138—176), подробно анализируя косую слоистость пестрого песчаника и возражая против того утверждения, что он представляет из себя отложения дюн, отмечает

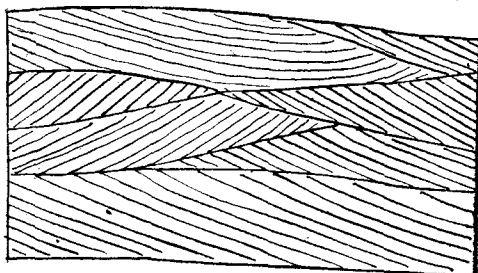


Рис. 7. Эоловый тип (по Трьюбсу)

¹⁾ Bornemann, I. G., — Jahrb. d. k. Preuss. geol. Landesanstalt., 1885 p. 267.

две, по его мнению характерные особенности последних: во-первых, дюнная косая слоистость более неправильная, запутанная, чем другие ее типы; во-вторых, осадки эолового происхождения никогда не дают расчленения на отчетливые банки.

Много наблюдений над слоистостью дюн сделал Вальтер (29,519), который между прочим показал, что в результате последовательного срезывания и мигрирования дюн может получиться многоярусная антиклинальная или синклиналиная структура (см. рис. 8).

Грабау (18,997-9), касаясь генезиса различных типов континентальных осадков, отмечает, кроме самой формы эоловой косой слоистости, еще некоторые признаки эоловых отложений: 1) чистоту материала, главным образом, кварца, 2) хорошую сортировку—зерна почти одинаковой величины и 3) их более или менее совершенную округленность.

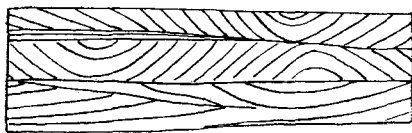


Рис. 8. Эоловый тип. Мигрирующие дюны. (по ВАЛЬТЕРУ)

имея ввиду большую мощность отдельных серий косых слоев (до 50 футов), а также широкое распространение на тысячи квадратных миль. Этот масштаб явления не допускает, по его мнению, представления о речном или прибрежно-морском генезисе этих отложений в результате деятельности волн. Последнее допущение вело бы к предположению о 50 футовой глубине воды, на которую распространяется действие волн, передвигающих обширные и мощные толщи песка, а это мало вероятно.

Huntington обращает внимание на то, что здесь косые слои, гладко и резко срезанные при вершине, имеют наклон до 25° , а при приближении к основанию серии наклон постепенно уменьшается, и слои делаются касательными к плоскостям напластования нижележащих слоев. В тех случаях, когда такие пачки косых слоев разделяются как будто бы горизонтальными и параллельными слоями, при ближайшем рассмотрении оказывается, что они образованы нижними частями (касательными) косых слоев, срезанных новой серией. На это явление еще ранее было указано Девисом (10,8), описавшим эти интересные отложения с характерной косой слоистостью ¹⁾.

¹⁾ Баррель (4,433—434), Грабау (20,705), а за ним Kayser (24,195), ошибочно приписывают это наблюдение Huntington'у. Однако, первое и вполне отчетливое указание на такой характер тех же слоев дает Девис. Но.

Huntington (23,216) сам не считает свое мнение об эоловом характере этих осадков окончательно доказанным и полагает, что вопрос нуждается в дополнительных исследованиях. Но если признать вероятным такое происхождение, то интересно отметить некоторые характерные черты слоистости белых песчаников, описанных Девисом и Huntington'ом. Они указывают на: 1) преобладание одного направления наклона слоев, 2) однородность и мелкозернистость слагающих их кварцевых зерен, 3) полное отсутствие волноприбойных знаков, 4) ровность и горизонтальность усекающих плоскостей.

Наконец Грабау в 1907 г. (17,295—296), в 1910 [(18,997—999) и в 1913 г. (20,690 и 701—706) делает попытку суммировать признаки различных типов косой слоистости. Один из них—эоловый—характеризуется изменчивостью косых слоев по углу и направлению как в одной, так и в последовательных сериях. Другая особенность эоловой слоистости состоит в том, что она обнаруживается, главным образом, различной величиной зерен в последовательных слоях, в связи с изменением скорости ветра, которому дюна обязана своим происхождением.

В 1910 г. Kindle (15,225—230), полемизируя с Грабау, выставил возражение против возможности принимать косую слоистость („cross-bedding“) и отсутствие ископаемых за непреложный и окончательный критерий континентальных отложений, признав эти признаки недостаточными, ибо косая слоистость одинаково свойственна как морским, так и неморским отложениям. Признавая справедливость высказанных американским ученым соображений по существу, нельзя не отметить, что выдвигание их против Грабау, до известной степени основано на недоразумении. Ибо ни Грабау, ни кто-либо другой из исследователей, рассматривающих косую слоистость в качестве генетического критерия осадочных образований, не считал доказательным самый факт наличия или отсутствия cross-bedding, но находили определенную форму ее. Однако, недостаточность фактического материала и неоднородность наблюдений являлись препятствием для его обобщения. Баррель в 1912 (14, с. 433), констатируя это обстоятельство, указал на необходимость более совершенной постановки сравнительного изучения различных типов косой слоистости, чем это делалось до сих пор. Этой постановки изучения мы уже касались несколько выше.

разумеется, могли быть указания на это и раньше. Девис, между прочим, подчеркивает правильность и параллельность слоев каждой серии, дает фотографии, но, к сожалению, не дает схемы косой слоистости.

Постараемся резюмировать отличительные черты эоловых отложений, поскольку они вытекают из наблюдений над слоистостью современных и ископаемых дюн.

А. По характеру косо́й слоистости эоловые пески отличаются:

1) широким распространением и обязательностью косо́й слоистости,

2) большим возможным масштабом (мощностью) как отдельных серий¹⁾ косо́х слоев, так и всей толщи,

3) отсутствием строго горизонтальных серий между группами косо́х слоев,

4) частым и неправильным срезыванием косо́х слоев одного направления другим направлением; вообще скорее неправильной и запутанной слоистостью,

5) разнообразием углов и направлений падения,

6) преобладанием пологих углов наклона, в особенности при основании (от 0° до 30°),

7) вогнутостью, а иногда и выпуклостью кверху косо́х слоев (мигрирующие дюны),

В. По характеру текстуры:

1) однообразием зерна в слое (совершенная сортировка),

2) разнообразием в различных слоях,

3) в общем тонкозернистостью,

4) чистотой материала и отсутствием рыхлых илистых частиц в общей массе,

5) округленностью и вообще хорошей шлифовкой зерен.

Таким образом эоловые отложения являются сравнительно хорошо изученными и дают ряд характерных и легко констатируемых отличий, раскрывающих генезис осадков.

10. Тип периодических потоков.

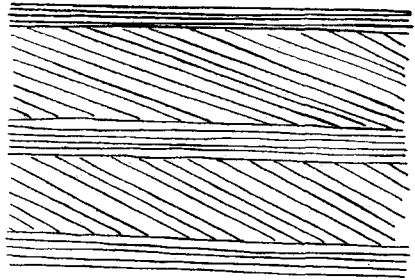
Развит, главным образом, в сухих и жарких странах с резким поверхностным рельефом.

Характер косо́й слоистости в отложениях этого типа был наблюдаем Гоббзом (21, 285—294) и принят Грабау, как один из главных типов косо́й слоистости. Его отличительные особенности заключаются в том, что между почти горизонтальными слоями мелкого песка залегают слои, наклоненные почти под одинаковым и относительно крутым углом к включающим его слоям. Следующие друг за

¹⁾ Вообще единицей при описании и изучении косо́й слоистости следует считать серию или пачку первично-косо́х (или первично-горизонтальных) слоев, т.е. группу слоев с б. или м. однородным направлением наклона.

другом диагональные слои более грубой и неоднородной текстуры имеют наклон в одном направлении, совпадающем с направлением течения. Несогласие заметно как в кровле, так и в почве косых слоев, отложение которых соответствует деятельности бурных периодических дождевых потоков, тогда как гораздо более тонкозернистые слои горизонтальных слоев отвечают периодам относительного покоя и, вероятно, имеют озерное происхождение. Эта структура описана Гоббзом из современных отложений периодических потоков Калабрии и из формации *Quadix* в Гранаде, происхождение которой обязано, по видимому, смене условий сухого и дождливого времени года в сухой (пустынной) области с резким рельефом.

В Калабрии материал косых слоев более грубый, разнородный и включает валуны различного петрографического состава до 1 фута в диаметре. Горизонтальные слои выделяются по тонкому материалу, из которого они состоят ¹⁾.



Таким образом, этот тип в чистом виде характеризуется следующими признаками:

Рис. 9. Тип потоков (по Тоддзу)

- 1) многоярусное чередование горизонтальных и наклонных слоев,
- 2) промежуточные горизонтальные слои строго параллельны в последовательных сериях и состоят из более тонкого и более однородного материала,
- 3) косые слои из более грубого и разнородного материала обычно ограниченной длины (не более 6 фут),
- 4) угол наклона зависит от грубости материала, но всегда относительно крутой (до 45°),
- 5) наклон последовательных слоев более или менее одинаков и
- 6) направлен в одну сторону.

11. Речной тип.

Если осадки отложились в русле реки, то главным агентом, производящим косую слоистость является изменение скорости течения (не непременно потеря скорости, как в дельте), отлагающего осадки на неровной поверхности дна. Для наших рек моментом наиболее рази-

¹⁾ Грабау (20. 701—706) почему-то не останавливается на отмеченной Гоббзом текстуре горизонтальных и наклонных слоев этого типа, что, однако, имеет весьма существенное значение для определения генезиса.

тельного изменения в скорости течения является период половодья, несущий мутные воды и обуславливающий усиленную эрозию и последующее отложение.

Для характеристики весьма разнообразной косой слоистости речных отложений—от грубых конгломератов горных и быстрых речек с сильным падением до тонкозернистых песчаных отмелей болотных, равнинных, часто меандрически изогнутых рек—мы воспользуемся описанием Францена (13, 142—147), Барреля (4, 432 и др.) и характеристикой Траубриджа (27, 423—5). Здесь нас интересует лишь второй случай, типичный для равнинных рек, тогда как первый очевидно приближается по условиям к рассмотренному уже выше типу косой слоистости потоков.

Францен в 1892 году подробно описал любопытные песчаные отложения ледникового периода из окрестностей Мейнингена, несомненно речного происхождения, что явствует из связи с древними террасами речной долины. Залежи песка разделены на отдельные горизонтальные пачки (Lagen) правильно диагонально-слоистые. Слойки имеют в среднем 0,3—0,4 м. мощности. Некоторые из них быстро выклиниваются. Слоистость (Streifung) заметна по различию в величине зерен и по различию цвета. В описываемом месте направление слоистости во всех пачках идет правильно по течению реки, так что максимальный склон совпадает с направлением прежнего ложа реки, не превышая в среднем 23° и в отдельных случаях 30° .

„Каждый косой слой в верхней своей части начинается очень резко и круто, сохраняя свой наклон на большей части протяжения, но вблизи нижней поверхности делается все положе и постепенно переходит в горизонтальную поверхность (с. 145). Способ образования такой слоистости представляется совершенно ясным. Каждая волна увлекает за собой соответствующее ее живой силе количество песка и ила и, при движении сортируя материал по величине зерен, вновь оставляет его, как только живая сила уменьшается, при чем падающая масса при движении получает уклон, отвечающий углу естественного откоса материала и обусловленный величиной зерна“.

„Гюмбель именно по этому назвал удачно диагональную слоистость „периклинальную слоистостью“ (überguss-schichtung)“.

Такая правильность косой слоистости вызывается ненарушенным, спокойным течением вод, что конечно не является правилом. Препятствиями для правильного течения являются: отложения гальки и песчаные отмели в русле реки, сужения и расширения ложа, меандры, впадающие притоки и пр. Всякая новообразованная отмель песка или гальки обычно изменяет положение фарватера реки. Этим естественно вызываются частые перемещения уже отложившихся осад-

ков. Так происходят слои с выклинивающимися поверхностями и мультислойные накопления песка внутри прежних песчаных образований, в которых отложенный песок может иметь иное направление слоистости. Как исключение, может произойти обратное течению реки направление уклона.

Прилагаемая Франценом фотография показывает меняющееся направление слоев в середине и на правой стороне ее, при одном преобладающем и соответствующем направлении потока наклоне в остальной части.

Описание Францена является одним из самых полных, и вместе с иллюстрациями оно дает отчетливое представление о типе.

Баррель (4, 432) указывает между прочим, что косая слоистость речных песков является в результате смывания и заполнения протоков и перемещения отмели вниз по течению; склоны косых слоев обыкновенно круты, от 15° до 30° градусов. Несмотря на значительные колебания все же имеется тенденция косых слоев падать в одном направлении. Часто подобная слоистость весьма прерывиста, что указывает на неравномерность течения. Мощность одной пачки косых слоев речного происхождения нормально ограничена немногими футами и в этом отношении отлична от косой слоистости, которая происходит в результате мигрирующих дюн.

Траубридж (27, 423) дает следующую характеристику флювиальных отложений.

1. Относительно тонкий материал, хотя некоторые аллювиальные выносы (fans) заключают большие валуны.
2. Тектурная разница большая (fans) или небольшая (floodplains).
3. Только грубая сортировка.
4. Линзы и карманы.
5. Распространение полосовое.
6. Плоскости напластования наклонены в одном общем направлении, хотя могут и слегка отклоняться от него.
7. Углы этого падения пологие, варьируют чаще всего до 18°.
8. Осадок утоняется равномерно по мощности в направлении расхождения падения.
9. Материал в литологическом отношении довольно разнообразный.
10. Обломки угловаты или слегка округлены.
11. Ископаемые редки и притом наземные формы.

„Линзовое и карманное сложение“ прибавляет Траубридж (27), повидимому, исключительно свойственно речным отложениям.

Сводя вместе отмеченные особенности этого типа можно наметить наиболее существенные отличия от описанного Гоббзом по-

токового типа косой слоистости, обязанного крайнему проявлению действия течения, как агента седиментации.

Во-первых, менее грубый, более обработанный водой и отсортированный материал, часто более однородный по величине, но менее однородный по происхождению компонентов.

Во-вторых, менее крутая и более правильная косая слоистость и отсутствие разделяющих промежуточных горизонтальных слоев и т. п.

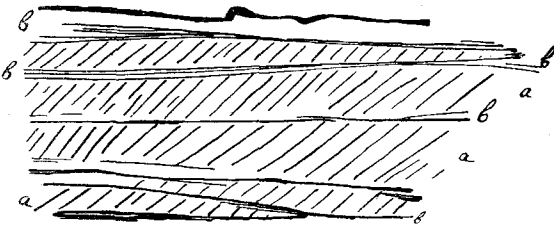


Рис. 10. Речной тип

а. - Слои битой ракушки и пр.
в. - Прослой глины.

Разумеется, речные отложения могут обнаруживать всевозможные переходы между обоими типами.

Хорошие рисунки косой слоистости отложений, обязанных деятельности текучих вод и дающих представление о типе, приводятся у Geikie Text-book of geology, p. 636—8, из которых я заимствую два (см. рис. 10 и 11).

12. Дельтовый тип.

Образование и строение дельт было изучено Креднером (1878 г., 8), а в последнее время американскими учеными, главным образом, Баррелем (4,377—446) и Грабау (19,399—528) как над современными, так и над ископаемыми осадками.

Дельтовые отложения являются осадками текущей воды (реки) в массе стоячей воды (озера или моря). Дельта является победой речного отложения над разрушительной деятельностью приливов, волн и течений, и ее место и распространение определяется относительным значением противоположных процессов. Приливы, вообще говоря, препятствуют образованию дельт, которые поэтому легче образуются в озерах и внутренних морях, чем в океанах.

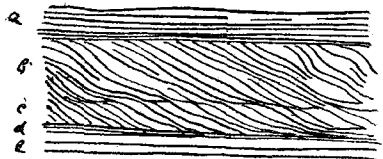


Рис. 11. Речной тип

Отложения дельт состоят из серии косых слоев, мощность которых может доходить до нескольких сотен футов, — и срезывающих их несогласно сверху горизонтальных слоев. Косые слои или fore-set beds отлагаются сильными, теряющими свою скорость, течениями на растущем фронте дельты при переходе в стоячую воду озера. Они срезываются

сверху горизонтальными слоями или „top-set beds“ из более грубого материала. Уклон последовательных косых слоев изменяется по направлению к внешнему краю дельты, а в каждом слое уменьшается от кровли к почве, переходя постепенно в горизонтальные или почти касательные к подлежащему горизонту „bottom-set beds“

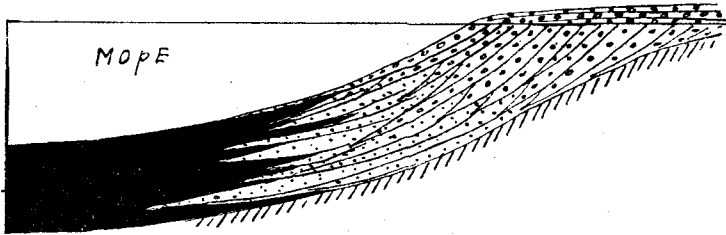


Рис 12. РАЗРЕЗ ДЕЛЬТЫ (по Кайзеру)

(см. рис. 12 и 13), которые отличаются более тонкозернистым, чаще глинистым материалом. В каждом таком косом слое зерна грубее в верхних частях и постепенно уменьшаются книзу.

Если после отложения дельты уровень озера повышается, то может образоваться новая дельта и, следовательно, два яруса диагональных слоев, разделенных горизонтальными слоями. В этом случае отличие типа косой слоистости от потокового будет заключаться по форме в постепенном переходе к bottom-set beds, т. - е. вогнутости кверху слоев и отсутствии несогласия внизу, а в некоторых случаях (для больших дельт) и значительной мощностью диагональных серий, не наблюдающейся в отложениях потоков.

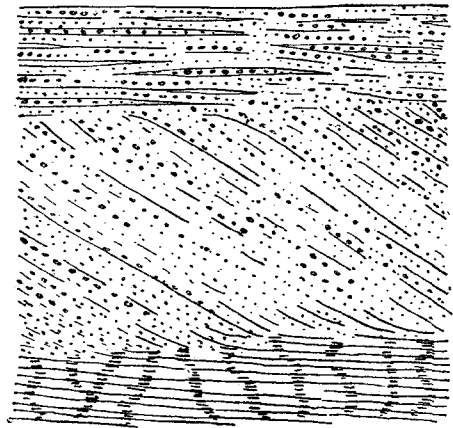


Рис. 13. Дельтовый тип (по Джильбертчу)

Другое отличие заключается в текстуре. В дельтовых отложениях текстура горизонтальных слоев кровли (top-set beds) грубее, а в потоках тоньше. В косых слоях разница крупности зерна на короткой длине их от кровли к почве во втором типе не успевает сказаться, тогда как в первом может быть прослежена. Кроме того, материал дельт в среднем гораздо более тонко-зернистый, более отсортирован-

ный и не содержит крупных валунов, которые обычны в отложениях потоков.

Таким образом, при более тщательном наблюдении в крайних формах эти два типа легко различимы.

Что касается формы зерен песка, то по указанию Барреля (4) этот признак сам по себе не может являться решающим для установления дельтового происхождения, ибо эти зерна раньше, чем попасть в русло реки, или после отложения могли подвергнуться действию волн или ветра. Таким образом, следует различать происхождение осадка от генезиса, составляющего его материала (зерен), как это показал Сорби еще в 80-х годах прошлого столетия. В общем все же наличие и большой масштаб эоловой обработки говорят скорее в пользу речного, а не морского происхождения, ибо чаще связываются с первым.

Большой интерес представляют многочисленные опыты Файоля (12, 1—544), направленные к выяснению условий седиментации в проточных бассейнах и в стоячей воде. Файоль доказал, что небольшой угленосный бассейн Комментри в Центральной Франции представляет из себя не что иное, как площадь дельтовых отложений реки каменноугольного времени. Для доказательства он сравнивал наблюдающуюся наклонную слоистость угленосной толщи с типом отложений, получающихся в опыте. Нас особенно интересует опыт № 17, который довольно близко воспроизводит условия отложения в дельтах, т.е. отложения текучей воды в массе стоячей воды. В бассейн вместимостью около 500 куб. метров ($120 \times 4 \times 1$) с слегка наклонным дном впадает ручеек со скоростью истечения 40 литров в секунду. Ручеек несет различного размера зерна песка, ила, пирита и угля. В результате опыта по заполнении всего бассейна осадком Файоль констатирует следующее (12, 478):

(а) слоистость отчетливая и стоит в зависимости к скорости образования осадка;

(б) крупные зерна остаются обыкновенно в верхних частях осадка вместе с известной долей тонких частичек; эти последние преимущественно располагаются в нижней части отложения;

(с) осадки состоят из трех серий слоев:

1. верхняя серия (аллювиальная часть) с настолько пологим склоном, что его можно рассматривать, как горизонтальный.

2. промежуточная серия, со слоями различного наклона от 0 до 40°.

3. нижняя серия, со слоями почти горизонтальными.

Последняя состоит почти исключительно из мельчайших илистых частиц, выпадающих из взвешенного состояния. Напротив, аллювиальная часть слагается преимущественно из более грубых зерен (с. 473).

Таким образом, результаты экспериментального изучения Файоля приводят к тем же выводам, что и непосредственные наблюдения над дельтовыми осадками. Это позволяет считать отличительные черты дельтового типа косой слоистости довольно твердо установленными и с достаточной уверенностью пользоваться ими при анализе генезиса диагонально-слоистых ископаемых осадков.

Сводя все отмеченные признаки дельтовых отложений воедино, получим:

1) обычно большой вертикальный масштаб и распространенность явления;

2) наличие несогласия и горизонтальных слоев top-set на срезанных головах косых слоев (fore-set);

3) менее резкий переход в горизонтальные слои bottom-set;

4) угол наклона крутой и варьирует в зависимости от угла естественного откоса материала, уменьшающийся к внешнему краю дельты и идущий во всех направлениях, кроме обратного течению реки;

5) материал более грубый в горизонтальных слоях кровли и в верхних частях каждого косого слоя;

6) текстурная разница может быть довольно большая;

7) средняя грубость дельтового материала тоже может быть значительная, но зависит от источника и предварительной переработки исходного материала.

13. Морской тип косой слоистости.

Косая слоистость, обязанная своим происхождением воде, как было уже сказано, может иметь различный характер в зависимости от того, в каком водном бассейне она образовалась. От этого последнего зависит преобладание того или другого агента, принимающего участие в создании косых слоев.

В руслах рек течениям принадлежит преобладающая роль при образовании осадков, что находит наиболее отчетливое выражение в отложениях периодических, образованных после ливней, потоков.

Отложения дельт, как образованные в массе стоячей воды при замирании течения — носят переходный характер от речных к морским или озерным, отличаясь, однако, некоторыми своеобразными чертами, о которых было сказано выше.

Напротив, в прибрежной полосе моря действие волнения (прибоя) в общем случае имеет несравненно более значения, чем течения, хотя в некоторых случаях и в более глубоких зонах последние могут выступать на первый план в качестве седиментационного агента.

Морской тип косої слоистости был описан Госсле, Франце-ном, Джилльбертом, Баррелем и некоторыми другими учеными.

Госсле (16, 76—83) в 1882 г. один из первых указал, что косая слоистость может явиться в результате не только деятельности ветра, реки или потока, но может свидетельствовать и о деятельности моря. При этом он различает условия, господствующие выше линии отлива и ниже этой линии. В первой зоне преобладающим агентом является еще ветер, дующий во время отлива и только отчасти—перенос волнами. Во второй—действуют волнение и течения, которые благодаря неровности дна содействуют образованию косых слоев. Последние, как это видно из приложенных им эскизов, отличаются: 1) быстрой и неправильной сменой направления косої слоистости, беспорядочной и не разделенной горизонтальными пачками слоев на серии, и 2) в общем пологими углами наклона косых слоев.

Францен (13, 147—157) изучал диагональные слои ¹⁾ в „пенистом известняке“ триасовой толщи у Мейнингена. Здесь диагональная слоистость делается заметной благодаря некоторому различию в составных частях материала, слагающего Schaumkalk. Обыкновенно голубой безоолитовый известняк в виде тонких прослоек чередуется с пористым пенистым известняком, что сопровождается и различием



Рис. 14. Морской тип (по Францену)

в оттенках. Отдельные прослойки имеют толщину в 0,4—1,2 сантиметра. Направление слоистости меняется на коротких расстояниях, напр., 4 раза в одной пачке, на изображенном обнажении. Разделяющие отдельные серии слоев поверхности неясны. Как видно из чертежа, крутых углов здесь не наблюдалось. Мощность этих серий не-

большая. (Крутые углы могут обуславливаться только вязкостью материала). По мнению Францена голубые прослои известняка с горизонтальной слоистостью являются, очевидно, отложениями короткого периода, во время которого вода находится в состоянии относительного покоя.

В пестром песчанике, которому Францен в главной массе приписывает морское происхождение, он отмечает два основных

¹⁾ При изложении я придерживаюсь терминологии автора.

явления, подтверждающие, как будто, его мнение: 1) быструю смену направлений и 2) небольшую мощность отдельных серий косой слоистости.

Джилльберт (15, 135—139) описал особый вид косой слоистости в Мединских песчаниках, где она встречается вместе с волноприбойными знаками. Джилльберт ставит происхождение ее в связь с перемещением волноприбойных валиков песка под влиянием течения в Мединском море. Если направление этого течения находится под углом к направлению волнения, то происходит перемещение системы валиков (ripples).

Если скорость перемещения превосходит некоторый определенный предел, то происходит отложение осадка на одной стороне желобка между двумя соседними гребнями и эрозия на другой стороне. В этом случае получается две системы косых слоев. Одна происходит при отложении, и отдельные слойки (laminae) представляют последовательные положения вогнутых профилей волноприбойных знаков. Другая система создается эрозией, и их плоскости представляют перемещение профилей волноприбойных желобков вдоль известных направлений. Это, так наз., составная перекрещивающаяся слоистость (compound cross-bedding).

Если направление волнения изменяется, то новая серия косых слоев несогласно перекрывает прежнюю составную косую слоистость, давая новый тип—сложного несогласного перекрещивающегося напластования.

Однако, перекрещивающееся напластование далеко не всегда сопровождается волноприбойными знаками, и такой случай все же является редкостью. Общий же случай возникновения косой слоистости в море подробно трактуется Баррелем, особенно в его статье, посвященной древним дельтовым отложениям. Баррель констатирует, что многие морские песчаники обнаруживают диагональную структуру. То-же явление иногда сопутствует и известнякам (Kindle).

„Где волны движутся по мелкому дну и воздвигают отмели, говорит Баррель (4,428), там поперечный разрез обнаруживает линзы песчаника, верхняя поверхность коих выпукла кверху, с пологими склонами и диагонально-слоистой структурой. Напротив, каннеллирование (выдалбливание) течениями, подтачивает слои снизу и сбоку и дает кривые выпуклые книзу. Таким образом и течения образуют перемещающиеся отмели с выпуклыми верхними поверхностями в местах застоя. Склоны каналов и речных отмелей, однако, круче, а осадки застойных вод носят более местный и неправильный характер“.

Баррель отмечает еще умеренную степень (масштаб) косой слоистости, как особенность морского типа. „Если косая слоистость

(4,430) в песчанике или известняке, считаеом за морской, развита в большом масштабе, то можно допустить, что она обязана своим возникновением действию ветра над материалом, покинутым морем или унесенным ветром вглубь страны". Г р а б а у указывает на эоловые известняки у берегов Красного Моря, составленные из скорлупок морских фораминифер, унесенных на несколько миль внутрь страны (4,429).

Что касается самого наслоения, то Баррель отмечает противоположный характер морской и речной деятельности. „В морских отложениях более грубый материал переносится и отлагается в результате больших штормов; более тонкий материал прослоя указывает на меньшую силу деятельности. В речных условиях, напротив, более тонкозернистые осадки на площади потока образовались в результате действия воды большего течения“ (4,432).

Некоторые указания о слоистости морских осадков прибрежной зоны (зоны большого волнения) мы находим у Траубриджа (27,432) В его перечислении признаков этих отложений, кроме наличия косой слоистости, упоминаются между прочим следующие интересные для нас: 1) плоскости наслоения падают во все стороны, но, главным образом, от берега, 2) угол наклона варьирует в зависимости от угла естественного откоса различных материалов, 3) материал довольно грубый ¹⁾, 4) неоднородность частиц большая (от валунов до ила) ¹⁾, 5) различные текстурные подразделения постепенно переходят одно в другое по горизонтальному и вертикальному направлению, 6) сортировка по размерам и отчасти по минералогическому составу, 7) крупные зерна несколько приплюснены ²⁾, 8) мощность осадков значительно разнится на коротких расстояниях.

В общем, косая слоистость прибрежно морских отложений не носит ярко выраженной физиономии,—что, вероятно, зависит от недостаточной изученности этого явления,—и характеризуется, главным образом, отрицательными признаками, т. е. отсутствием характерных отличий, свойственных другим типам. Из положительных же особенностей можно подчеркнуть: 1) небольшой вертикальный масштаб косых серий, 2) частую смену направлений, 3) постепенный переход от более грубого материала к более тонкому в одном слое и 4) округленность и, главным образом, приплюсненность окатанных элементов (галек).

Ниже приводится схема, на которой все вышеописанные отличительные признаки различных типов косой слоистости сведены в одну сравнительную таблицу с добавлением некоторых черт, хотя и не относящихся непосредственно к характеру напластования, но

¹⁾ Это, однако, далеко не может считаться правилом.

²⁾ Следует, однако, заметить, что другие авторы (Гернес, Зюсс и др.), напротив, приписывают плоскую форму речным галькам, в отличие от морских.

имеющих отношение к рассматриваемой фации осадков (напр., наличие тех или иных окаменелостей и пр.).

14. Сравнение типов.

Просматривая нашу таблицу (стр. 60) нетрудно убедиться, что некоторые из этих генетических типов косой слоистости по своему строению или морфологии стоят ближе друг к другу, а другие дальше и в некоторых не типичных случаях с трудом различимы между собой. Так, дельтовый тип и тип периодических потоков—имеют общие существенные черты: 1) наличие промежуточных между косыми слоями горизонтально напластованных серий, 2) однообразный и притом часто крутой всегда правильный уклон косых слоев, почти прямолинейных. С морфологической стороны эта форма слоистости составляет первую группу видов косой слоистости.

В пределах ее две разновидности этого типа—дельтовый и поточковый—отличаются некоторыми особенностями в распространении, в мощности, в углах наклона, в текстуре и т. п.

В поточковых отложениях мощность отдельных серий обычно меньше, распространение скорее линейное, чем площадное, угол наклона круче, текстура грубее и разнообразнее, но материал более местного характера.

Материал горизонтальных слоев, соответствующий периодам относительного покоя, значительно тоньше и выделился, повидимому, из взвешенного состояния. Обратное наблюдается в дельтах, где горизонтальные слои, срезающие косые серии, состоят из более грубого материала ¹⁾ и знаменуют собой настоящую трансгрессию, благодаря которой косые слои подвергаются некоторой предварительной эрозии.

Однако, все эти различия в частных случаях могут затушевываться благодаря разнообразию исходного материала, смешанному действию различных агентов и колебаниям в масштабе отложения, создавая более сложную и пеструю картину.

Вторая группа включает эоловый и морской виды косой слоистости. Она характеризуется отсутствием разграничивающих горизонтальных серий и частой сменой направлений и углов наклона косых слоев.

Переходным между обоими типами является тип речной косой слоистости, тоже по существу неправильный, но заключающий в себе тенденцию к одному направлению, т. е. несущий в себе очевидные признаки деятельности проточной воды.

¹⁾ Нижние горизонтальные слои (bottom-set beds), напротив, весьма тонкозернистые.

Признаки различных ти

1. Общие наблюдения в разрезе а. <i>Форма слоистости</i>	1. Эоловый	2. Тип потоков
1. Имеются ли кровля и почва из горизонтальных слоев	Вообще нет	Имеются
2. Параллельны ли косые слои в одной серии	Нет, расходящиеся	Строго параллельны
3. Прямолинейны ли они	Редко. Чаще вогнуты или выпуклы	Прямолинейны
4. Наблюдается ли резкое несогласие в кровле или в почве	Обычно в кровле	И в кровле, (с горизонт. серией)
5. Мощность отдельных серий (косых и горизонтальных)	Может быть весьма большой (до 100 метров)	Сравнительно небольшая (до 2 метр.)
6. Угол наклона косых слоев в разрезе и истинный, средний и максимальный	Преобладание пологих углов (0—5°) до более крутых (30°) с подветренной стороны	Обычно крутой (до 45°)
7. Направление наклона в разрезе и истинное, при различных — преобладающее	Изменчивое и часто запутанное	В одну сторону
8. Наличие знаков ряби (ripple-marks)	Часто сопутствует. Гребни несимметричны	Нет
9. Присутствие прослоек глин, их направление и мощность	Обычно нет	Могут быть
10. Присутствие окаменелостей, их характер и сохранность	Вообще нет. В редких случаях обтертые. Чаще наземные	Наземные
в. <i>Текстура и состав</i>		
11. Чем определяется слоистость (различие в величине компонентов, цвете, уд. весе, минер. составе и пр.)	Различием в величине и уд. весе в последовательных слоях.	?
12. Сортировка	Совершенная	Только грубая
13. Изменение величины зерен в одной слое	Нет	Весьма значительное
14. Пределы текстурных различий (в толще)	Небольшие (от крупного до мелкого песка)	Значительные (от валунов до ила)
15. Средняя крупность зерна	Мелкозернистый песок	Скорее крупные компоненты

П О В К О С О Й С Л О И С Т О С Т И .

3. Речной	4. Дельтовый	5. Прибрежно-морской
Вообще нет	Имеются	Нет
Не обязательно	Более или менее параллельны	До известной степени
Часто прямолинейны, но не ровны	Прямолинейны вверху, вогнуты внизу	Разнообразны
и в почве (с косой серией)	Только в кровле	И в кровле, и в почве, но не резкое
Невелика (до 1 метра)	Скорее значительная (до нескольких десятков метр.)	Чаще небольшая (до 0,5 метра)
Варьирующий. Чаще 0°—20°	Часто 30°—45°. Внутри дельты более крутое, по краям пологое	Разнообразный, скорее пологий (до 20°)
Преобладающее в одну сторону. Вообще в разные	В одну сторону	В разные стороны. Часто перистое (зигзагообразное)
Нет или весьма редки	Редки	Довольно часты. Чаще симметричны
Часто в виде линз и карманов	Часто в виде правильных прослойков	—
Редко пресноводные и наземные	Скорее пресноводные и наземные; иногда морские (солончатководные)	Морские
?	?	?
Скорее грубая	Скорее хорошая	Обычно хорошая
Может быть значительным	Постепенное довольно значительное	Постепенное. Скорее небольшое
Значительные (от валунов до ила)	Умеренные (от гальки-гравия до ила)	Разнообразные
Разнообразная. Скорее крупные компоненты	Средней толщины, часто тонкозернистые	Средняя

	1. Эоловый	2. Тип потоков
16. Различие в грубости материала косых слоев и в горизонтальных в кровле и в почве	—	Гориз. слои из более тонкого материала
17. Форма компонентов	Округленная; шлифованная	Угловатая
18. Минералогический состав	Обычно кварц.	Разнообразный. Местного происхождения
19. Степень чистоты основного материала	Весьма чистый	Н е
II. Наблюдение в плане		
20. Постоянство или эпизодичность самого явления	Весьма постоянное и обязательное	Частое
21. Колебания в направлениях наклона слоев	Большие	Небольшие (в одном направлении)
22. Колебания в мощности всей толщи	Большие и неопределенные	Значительные в две противоположные стороны
23. Распространение	Неправильной площадью	Линейное

П и м е ч а н и е. Вопросительные знаки означают недостаточную изученность.

Эоловые отложения легко отличаются своим почти неизменным присутствием косой слоистости и большим вертикальным масштабом отдельных серий, а также тонкозернистостью и чистотой материала, однородного по величине в одном слое и различающегося в соседних.

С другой стороны, морская косая слоистость, носящая на себе следы деятельности то волн, то морских течений, обладает несколькими признаками. Именно, спорадичностью самого явления, ее меньшим масштабом, присутствием илестых частиц в песке, менее совершенной сортировкой и т. п.

Речная косая слоистость в случаях правильного потока приближается к 2-му типу (2-потокосый), но в случае различных нарушений его правильности в отмелях, водоворотах, меандрах, порогах и т. п. может дать комбинацию признаков, общих с морскими отложениями. Здесь для выяснения генезиса надо тщательно изучить текстурные особенности слоев и характер линз, пачек и т. п.

Продолжение.

3. Речной	4. Дельтовый	5. Прибрежно-морской
—	Гориз. слои из более грубого материала	—
Угловатая слегка округленная	Довольно округленная	Галька округленная, иногда приплюснутая, зерна песка угловатые
Разнообразный. От отдаленных источников		Гл. обр. кварц и полевой шпат
ч и с т ы й		Часто илистый
Редкое	Довольно постоянное (в небольших дельтах)	Иногда постоянное
Большие. Преобладание одного направления.	Во все стороны (кроме одной)	Большие (во все стороны)
Весьма значительные	Большие во все стороны, но постепенные	Большие на коротких расстояниях
Линейное	Ограниченная площадь	Площадное, вытянутое в одном направлении

вопроса.

15. Некоторые выводы в приложении к наблюдениям в Подмосковном бассейне.

Закончив экскурсию в область небогатой литературы по кривой слоистости, обратимся снова к описанным мною обнажениям в угленосной толще Подмосковного угольного бассейна и начнем с обнажения № 65, как наиболее характерного.

Здесь мы отчетливо наблюдаем чередование косых и горизонтальных серий, что уже дает много вероятности отнесению слоев к отложениям дельт или периодических потоков. Сличая наше описание с последним из них, мы видим совпадение наблюдаемых признаков с последним типом в пунктах: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, т. е. в большинстве признаков, относящихся к форме слоистости. Не противоречит оно и особенностям формы кривой слоистости дельтовых отложений, которые, однако, в типичных случаях отличаются большим вертикальным

масштабом отдельных серий (слой 5-й мог бы быть принят за аллювиальную часть дельты). За дельту мог бы говорить и несколько более грубый материал горизонтальных более сцементированных слоев песча-песчаника против более тонкозернистого песка косых слоев. В дельтах иногда переход косых слоев в нижние горизонтальные слои почвы совершается довольно быстро и создает впечатление несогласия в нижней части диагональной серии (как и в типе потоков). В нашем обнажении контакт диагональных серий с нижележащими скрыт осыпями песка, и потому остается нерешенным, соответствует ли этот контакт (пункт 4-й) потоковому или дельтовому типу.

С другой стороны, ввиду того, что вся масса песка довольно однородна и в общем мелкозерниста (зерна не превышают 0,5 мм. в диаметре), и текстура не дает решительных указаний в ту или иную сторону ¹⁾, то несколько большая крупнозернистость горизонтальных слоев говорит скорей в пользу дельтового происхождения. Отсутствие других обнажений с косой слоистостью в ближайших окрестностях обн. № 65 не позволяет связать эти наблюдения с другими и с достаточным основанием категорически решить вопрос о том или другом генезисе этих отложений. Участие текущих вод здесь является все же несомненным и, следовательно, наличие условий континентальных, а не прибрежно-морских.

Это еще в большей степени относится к другим обнажениям с косой слоистостью: 12, 13 и 33. Во всех последних случаях мы имеем дело со сменой направлений наклона слоев, причем в разрезе № 33 слои направлены более или менее в одну сторону, в других же случаях мы встречаемся только с наличием преобладающего направления. Горизонтальные слои в виде тонких прослоев, разделяющих косые серии может быть представляют из себя тоже косые слои, но другого направления, случайно обнаруженные по простиранию, возможность чего не исключается. Мы встречаемся здесь также с более глинистыми горизонтальными прослоями, свойственными речным отложениям. Все эти данные допускают наиболее вероятное толкование косой слоистости, как обязанной деятельности проточных вод, то нормальной речной, то периодической. Для более решительного отнесения ее к типу были бы необходимы более детальные и тщательные наблюдения на основе приложенной к настоящей статье программы, которая была продумана и выработана автором уже после полевых наблюдений.

¹⁾ Эта однородность и мелкозернистость свидетельствует о длительной предварительной переработке песков в условиях озерного или континентального режима. Дельты, если они здесь были, скорее относятся к рекам, впадающим в озера, чем в море. За это говорит и небольшой масштаб косых серий.

Таким образом основной вывод, который вытекает из наблюдений—это участие деятельности проточной воды, как седиментационного агента в некоторых местах развития угленосной толщи ¹⁾.

16. Общие заключения.

Таким образом, попытка разобраться в фациальном характере угленосных отложений Подмосковского бассейна, с наблюдающейся иногда косой слоистостью, привела к необходимости пересмотра литературы о косой слоистости вообще и к установлению следующих положений:

1. Имеющиеся описания косой (или диагональной) слоистости неполны, неоднородны и немногочисленны и потому несравнимы между собою. Односложные же определения, вроде „косая“, „косвенная“, „диагональная“, „перекрещивающаяся“ слоистость, не сопровождаемые эскизами и рисунками, благодаря неразработанности терминологии,—очень мало говорят о характере явления (Ср. Андре стр. 397).

2. В общем можно наметить следующие пять фациальных типов отложений, в которых косая слоистость более или менее часто обнаруживается: 1) эоловый, 2) тип периодических (дождевых) потоков, 3) речной, 4) дельтовый, 5) прибрежно-морской.

3. Так как во всех этих случаях при образовании косых слоев, являются доминирующими различные агенты (или их комбинации), то естественно ожидать, что каждый из них несет своеобразные черты, отражающиеся на внешней форме, размерах и внутренней текстуре косослоистых отложений.

4. Наблюдение показывает, что каждый из признаков косой слоистости (напр., угол наклона слоев) варьирует в известных пределах для каждого типа, и потому в отдельности не является решающим доводом в пользу отнесения к тому или другому. Каждый из генетических типов может характеризоваться поэтому лишь определенной совокупностью наиболее вероятных значений признаков, относящихся к форме, характеру и текстуре слоистости.

5. Чтобы построить объективную характеристику различных типов необходимо иметь большое число полных и однородных описаний косой слоистости каждого вида, чего пока не имеется. Поэтому ближайшая задача состоит в систематическом накоплении

¹⁾ Факт прорезывания пласта угля речными отложениями каменноугольного же возраста был констатирован уже давно М. М. Пригоровским в шахте XVI Победенского рудника.

материала, для которого предполагается примерная программа¹⁾ руководящих признаков (см. таблицу—левый столбец, 23 пункта).

6. В настоящий момент возможно создать лишь субъективную рабочую характеристику, как первое приближение к поставленной задаче, на основании субъективного выбора наиболее вероятных значений руководящих признаков из изучения типичных (хотя и единичных) описаний в связи с общим соображением о характере действующих агентов (опыты и наблюдения над современными процессами).

7. На основании литературных материалов выводится такая характеристика для всех 5 типов и делается их сравнение в виде таблицы (стр. 60—63).

8. Прилагая полученные результаты к описанным в данной статье случаям косої слоистости делается вывод о дельтовом или потоковом в одном случае и о потоковом или нормальном речном типе отложений в других случаях в соответствующих пунктах, и во всяком случае об участии текучих вод в отложении некоторых частей угленосной толщи Подмосковного бассейна.

В заключение отмечу, что задачей настоящей работы является:

1) возбудить интерес и наметить программу для детальных и тщательных наблюдений над весьма своеобразными явлениями косої слоистости, 2) указать подход к их интерпретации (при настоящем состоянии наших знаний) и 3) прилагая эти общие соображения к наблюдаемым конкретным случаям, поставить вопрос о возможном выяснении генезиса угленосной толщи Подмосковного бассейна и вообще континентальных отложений при посредстве изучения характера напластования.

Поэтому на предлагаемую работу следует смотреть, как на предварительную попытку поставить интересующий нас вопрос и дать некоторую планомерную основу для накопления дальнейших наблюдений косої слоистости.

17. Главнейшая использованная литература.

1. Andréе, K. Über sedimentbildung am Meeresboden.—Geologische Rundschau, III, 1912, SS. 324—360; VII, 1916, SS. 123—170. Литература.

2. Andréе, K.—Wesen, Ursachen und Arten der Schichtung.—Geologische Rundschau, VI, 1915, SS. 351—397. Литература.

¹⁾ Инструкция по наблюдениям над косої слоистостью напечатана в ст. Ю. А. Жемчужникова: „Типы косої слоистости осадочных образований и инструкция для ее изучения“. „Известия Географического Института“. 1922 г. № 4. с. 41—48.

3. Barrell, J.—Relative geological Importance of Continental, Littoral and Marine sedimentation.—*Journal of Geology*, v. XIV, 1906, pp. 336—354, 430—457, 524—568.

4. Barrell, J.—Criteria for the Recognition of Ancient Delta Deposits.—*Bull. of Geol. Society of America*, v. XXIII, 1912, pp. 377—446.

5. Barrell, J.—Relation between Climate and Terrestrial Deposits.—*Journal of Geology*, v. XVI, 1908, pp. 159—190, 255—295, 363—384.

6. Bornemann, J.—Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias nebst Untersuchungen über Sand- und Sandsteinbildungen im allgemeinen.—*Jena. G. Fischer*. 1889, SS. 10—15 „Diagonalschichtung“.

7. Briart, A.—Sur la stratification entrecroisée.—*Bull. de la Soc. Geol. de France*, III serie, v. VIII, 1879—80, p. 586—588 и дискуссия: Соваж, Ван-Ден-Брек, Госсле, Дувийе, pp. 588—591.

8. Credner, G.—Die Deltas, ihre Morphologie, Geographische Verbreitung und Entstehungsbedingungen.—*Petterm. Geogr. Mitth.*, 1878, Ergänzungsheft № 56, pp. 1—74, 3 taf.

9. Dacké, E.—Grundlagen und Methoden der Paläogeographie.—*Jena, G. Fischer*, 1915, SS. 1—500. Kreuzschichtung, SS. 193, 222, 226, 329, 337 и 339.

10. Davis, W.—An excursion to the Plateau Province of Utah and Arizona.—*Bull. of Museum of Comparative Zoölogy, Geol. serie VI*, v. XLII, 1903—5, № 1, pp. 1—50. „Cross-bedding“, p. 8.

11. Dienemann, W.—Das oberhessische Buntsandsteingebiet.—*Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanstalt f. 1913*, t. XXXIV, II (Berl. 1914), SS. 317—404, taf. 5. „Kreuzschichtung“, SS. 343—347.

12. Fayol, H.—*Etudes sur le terrain houiller de Commeny, St. Etienne*. 1887. pp. 1—544. av. atlas.

13. Frantzen, W.—Untersuchungen über die Diagonalstruktur verschiedener Schichten mit Rücksicht auf die Entstehung derselben im Buntsandstein.—*Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanstalt f. 1892*, s. 138—176, taf. XI—XVI.

14. Geikie, A.—*Text-book of geology*, 1903, p. 636—638. „Crossbedding“.

15. Gilbert, G. R.—Ripple-marks and Cross-bedding.—*Bull. of Geol. Soc. of America*, 1899, v. X, p. 135—139, pl. XIII, 5 fig.

16. Gosselet, A.—Sur l'origine de la stratification entrecroisée.—*Annales de la Soc. geol. du Nord* 1882, IX, p. 76—83.

17. Grabau, A.—Types of cross-bedding and their stratigraphical significance.—*Science*, N. ser. v. XXV, 1907, p. 295—296.

18. Grabau, A.—Continental formations in the North American Palaeozoic.—*Comptes Rendus du XI Congrès Geol. Intern.*, Stockholm, 1910, pp. 997—1003, 1913.

19. Grabau, A.—Early Palaeozoic Delta Deposits of North America.—Bull. Geol. Soc. of America, v. XXIV, 1913 № 3, pp. 399—528, особенно стр. 400—404, рис. 1 и 2.

20. Grabau, A.—Principles of stratigraphy.—N. Y. 1913, pp. 1—1200. „Cross-bedding“, pp. 701—706.

21. Hobbs, W.—Guadix formation of Granada, Spain.—Bull. of Geol. Soc. of America, v. XVII, 1906, pp. 285—294; особенно с. 291.

22. Huntington, E.—Some Characteristics of the Glacial Period in non glaciated Regions.—Bull. Geol. Soc. America, v. XVIII, 1907, pp. 351—388, pl. 36—38, особенно с. 380—381.

23. Huntington, E. and Goldthwait.—The Hurricane Fault in the Toquerville District, Utah.—Bull. Mus. Comparat. Zoölogy Harv. Coll. v. XLII, 1904, pp. 199—260. „cross-bedding“ pp. 214—216.

24. Kayser, E. m.—Lehrbuch der Geologie, B. I, 1921 SS. 193—196. „Schrägschichtung“.

25. Kindle, G.—Cross-bedding and Absence of Fossils, considered as Criteria of Continental Deposits.—American Journal of Science, v. XXXII, pp. 225—230.

26. Toulou, Fr.—Über die Kongerien-Melanopsisschichten am Ostflusse des Eichkogels bei Mödling (Eine studie über Diagonalschichtung)—Vortrage der Ver. z. Verbreitung d. naturw. Kenntnisse in Wien. 1897, XXXVII, Heft 13. Wien.

27. Trowbridge, A.—A Classification of common sediments and some Criteria for identification of the various classes.—Journal of Geology, 1914, pp. 420—436.

28. Vaughan, Cornish.—On the Formation of the Sand Dunes.—The Geographical Journal, v. IX, 1897.

29. Walther, J.—Denudation in der Wüste.—Abhandl. d. Math. Phys. Classe d. k. Sachs. Gesel. d. Naturw. v. XVI, 1891, SS. 347—569.

30. Walther, J.—Einleitung in die Geologie, als historische Wissenschaft. Jena. 1893, 1056 s. Особенно с. 639—641.

Résumé.

L'observation des cas de stratification entrecroisée dans le bassin de Moscou permet à l'auteur de poser la question, si la stratification de ce genre peut caractériser les conditions de l'origine des sédiments.

D'après les descriptions, assez rares dans les publications, la stratification entrecroisée se rencontre: 1) dans les dépôts éoliens, 2) dans ceux des courants périodiques, 3) fluviaux, 4) dans ceux des deltas et 5) dans les sédiments marins littoraux.

L'auteur établit les caractères de cette stratification, au nombre de plus de 20, qui ne sont pas les mêmes dans tous les cas. Chacun d'eux pris séparément (la valeur de pendage des couches par ex.) est insuffisant pour déterminer le type des sédiments, étant donné que, dans tous les cinq cas, on a plusieurs agents de sédimentation (vague, courant, vent etc.). Ce n'est que l'ensemble de ces caractères qui détermine l'origine probable des sédiments donnés:

1. Le type éolien se caractérise par une série entrecroisée à puissance importante, à faible inclinaison des couches tournant leur concavité vers le ciel, et composée de petits grains de quartz arrondis et de même taille.

2. Le type des courants périodiques se caractérise par l'alternance des couches horizontales et inclinées à fort pendage et à composition hétérogène.

3. Le type fluvial; à faible pendage assez régulier, se caractérise par une composition hétérogène.

4. Le type des deltas se rapproche partiellement de celui des courants périodiques, par les forts pendages et la surface inférieure rasée, mais s'en distingue par le passage progressif aux couches horizontales sous-jacentes.

5. Le type marin littoral est moins prononcé, à stratification entrecroisée de petites dimensions, à pendage variable.

Ce travail se présente comme le premier essai d'une étude de la stratification entrecroisée. Ce n'est qu'après toute une série de descriptions systématiques des cas de stratification qu'on pourra établir définitivement les différents types.
