Записки Ленинградского Горного Института, том XIII, вып. 3, 1941
Annales de l'Institut des Mines à Léningrad, vol. XIII, liv. 3, 1941

Слоистость в ископаемых углях

Проф. *Ю. А. Жемчужников*

Stratification in fossil coal (Schieferung in fossiler Kohle)

Prof. *I. A. Zhemchuzhnikov*

1. Введение

Вопрос о слоистости осадочных пород, очень мало разработанный в литературе, имеет, однако, чрезвычайно важное значение для разрешения ряда геологических вопросов. Поэтому очень существенно выяснить и уточнить общие свойства слоистости всех осадочных накоплений. Однако ближайшее рассмотрение вопроса показывает, что в каждой группе осадков: механических, химических и органических, и внутри каждой из них слоистость по своему происхождению и характеру несет некоторые своеобразные черты, не свойственные другим группам. Пожалуй, наиболее своеобразные черты отличают слоистость в группе горючих органогенных пород или твердых каустобиолитов. Поэтому уточнение закономерностей в этом вопросе представляет большой интерес и может дать некоторые отправные точки и для рассмотрения проблемы слоистости в целом.

Обращаясь к литературным источникам, следует отметить, что слоистость в углях никогда не служила предметом отдельных статей или монографий и даже в существующих курсах по геологии или петрографии углей (*1*, *2*) мы не находим обычно соответственных глав, трактующих вопрос о слоистости. Однако некоторые замечания о слоистости углей углистых пород и горючих сланцев находятся в разных местах в различных сочинениях и монографиях по углям и сланцам. Имеются в литературе указания и насчет слоистости в породах кровли и почвы пластов угля. В курсе Общей геологии каустобиолитов Ю. А. Жемчужникова, 1935 г., стр. 265—267 весьма конспективно трактуются некоторые факторы слоистости в углях. Этот параграф требует в сущности развернутого изложения, так как под выдвинутые положения может быть подведено большое количество уже накопленных фактов и наблюдений. В этом вопросе скорее недостает обобщения, увязки и систематического рассмотрения, чем накопления новых данных. Однако эта систематизация имеет смысл только в том случае, если она будет базироваться на некоторой выдержанной методологической основе, позволяющей осветить проблему во всей широте, во взаимосвязи и в динамике развития.

Последнее достигается тем, что мы рассматриваем явление слоистости в широком генетическом аспекте, позволяющем выявить влияние на слоистое сложение угля различных факторов. Согласно нашему обычному способу рассмотрения всех физических свойств угля мы и слоистость будем трактовать прежде всего в зависимости от первичных петрографических различий, а затем и от вторичных изменений, т. е. от ступени развития угольного вещества, выражающегося в углефикации его или метаморфизме.

Поэтому первым этапом нашего исследования мы поставим исследование проявлений слоистости в различных типах углей.

Второй этап направит изучение этого явления к гамме твердых каустобиолитов от современных торфов через бурые и каменные угли различной степени зрелости до антрацита. В этом будет отдана и некоторая дань принципу актуализма, хотя и с соответственными ограничениями.

При изучении физических свойств (цвет, блеск, уд. вес и пр) (*2*), мы помимо природы углей и углефикации должны были приписать известное значение зольности. Так и в данном случае мы будем вынуждены помимо чистых углей рассмотреть и их зольные разности — углистые и горючие сланцы, чтобы сделать выводы о влиянии на слоистость минеральных примесей. Таков будет третий этап нашего исследования.

Четвертый момент заключается в трактовке слоистости не оторванно от других явлений, но в их взаимной связи и взаимодействии и, в частности, в связи с слоистостью пород почвы и кровли угольных пластов. Однако в работе вовсе не предусматривается развернутое изучение слоеобразования вмещающих уголь пород угленосных толщ. Этот вопрос для полного освещения требует большого материала наблюдений и может явиться темой новой работы или скорее ряда работ.

Только при учете всех перечисленных условий трактовка поставленного вопроса может оказаться достаточно многосторонней (не узкой), достаточно историчной (генетичной), поставленной в широкую взаимосвязь с другими явлениями и потому приближающейся к истине.

Материалом для освещения всех поставленных вопросов, помимо имеющихся отрывочных литературных данных, является опыт изучения углей различных угольных бассейнов как в шахтных выработках, так и под микроскопом, производимого мной и моими сотрудниками по лаборатории петрографии углей ЦНИГРИ и ВСЕГЕИ на протяжении десятка лет.

В данной работе мы попытаемся наметить круг вопросов, связанных с изучением характера напластования в угленосных толщах вообще и тем самым определить программу дальнейшего изучения в принятом нами направлении.

Для автора совершенно ясно то большое значение, которое имеет изучение проблемы слоистости углей и вмещающих пород для генетической классификации угольных месторождений и бассейнов. Но помимо того развернутое изучение этого вопроса означало бы шаг вперед и в методологии фациального анализа. Ведь, до сих пор такое основное свойство осадочных пород, как слоистость, очень мало используется для диагностики фациальной принадлежности и во всяком случае недостаточно систематически описывается, чтобы дать решающий материал для определения условий образования осадка. С таким положением отчасти будет неизбежно связана и некоторая неполнота нашего исследования, поскольку оно связано с литературными данными. Настоящую небольшую статью о слоистости угольных пород я рассматриваю лишь как отдельный фрагмент разработки общей проблемы о слоистости и слоеобразовании осадочных пород вообще, — проблемы, несомненно, имеющей большое научное и практическое значение и еще ждущей своего обобщения.

2. Слоистость в углях различных типов

Слоистость проявляется совершенно иначе в сапропелитах, чем в гумитах, и в этих последних не так, как в некоторых липтобиолитах. Это различие зависит от неодинаковости условий накопления различных углей.

1. Слоистость сапропелитов. Происхождение чистых, т. е. с минимальной примесью гумусовых элементов, сапропелитов приписывается очень медленному осаждению взвешенных мелких органических и неорганических частиц в застойном водоеме. При сравнительно небольшом содержании неорганической примеси (до 10%), получающейся главным образом за счет приноса мельчайших глинистых частиц ветром, выпадение органического материала происходит медленно, довольно равномерно и подчиняется закону Стокса и т. п. При этом частицы оказываются почти равномерными (водоросли) и диференциации

по слоям может не происходить.[1] Отложение создает компактную однородную весьма тонкозернистую массу с отсутствием признаков слоистости.

Характерным примером служит подмосковный богхед, например из Товаркова (рис. 1). По внешнему виду в штуфе невозможно различить направления по слоистости и перпендикулярно плоскости напластования, настолько кусок богхеда однороден; только по имеющимся иногда растительным отпечаткам можно догадаться, как идет наслоение в породе. Микроскопическое строение (рис. 2) также не обнаруживает слоистого расположения талломов водорослей (*Pila* и *Cladiscothallus*), которыми слагается главная масса шлифа, так как они расположены как бы в беспорядке.

Опишем с этой точки зрения богхед из первой Селижаровской шахты (западное крыло Подмосковного бассейна).

Штуф имеет темнокоричневый, слегка зеленоватый оттенок и плотное сложение, в котором, однако, намечается ряд трещин усыхания, полос раковистого излома и мелких линзовидных в разрезе белых и серых включений глины (рис. 3). Хотя поверхность излома и однородная, но указанные трещины и ребрышки излома вытянуты главным образом в направлении напластования, почему только и можно установить направление слоистости. Что касается глинистых включений, то длинные оси линз лежат обычно также в плоскостях напластования, но иногда расположены косо по отношению к ним.

Ни в цвете, ни в различии крупности зерна, ни в вещественном составе штуфа по вертикальному его разрезу никакого различия не наблюдается. Таким образом, образец мы можем считать неслоистым или м а с с и в н ы м.

По микроскопическому строению Селижаровский богхед представляет беспорядочное нагромождение талломов водорослей типа *Pila*, настолько тесно сближенных между собой, что не всегда остается место для цементирующей их буроватой зольной гуминовой массы. Овальные тела колониальных водорослей своими длинными размерами и полоски гуминовой массы располагаются более или менее параллельно слоистости. Местами, однако, гуминового вещества бывает больше. Кроме того, также неравномерно рассеяны экзины микроспор, иногда образующие переход к углю кеннель-богхедового типа.

Таким образом, по микроструктуре некоторый намек на слоистое расположение, т. е. на вытянутость или сплющенность частиц в горизонтальном направлении, все же констатируется. Но смены неоднородных слойков или правильного чередования их вообще не наблюдается, почему мы и можем считать, что микрослоистость (или микрозональность) здесь отсутствует.

Подобное же массивное сложение характеризует и другие подмосковные богхеды (Бобриковский и др.). Ближе к ним по характеру слоистости (или, скорее, неслоистости) примыкают некоторые более чистые сапропелиты Иркутского угольного бассейна (Хахарейский, Матаганский, Буртинский).

Наибольшей массивностью обладает Хахарейский сапроколлит.[2] В куске Хахарейского угля действительно трудно отличить разные текстурные направления и неодинаковую степень вязкости. Благодаря совершенной вязкости чистый Хахарейский сапроколлит совсем не имеет трещин отдельности и выламывается громадными плитами. Однако, если плита достаточно толста, то на пограничных ее частях сверху и в особенности внизу мы видим некоторое расслаивание, которое знаменует переход плотной разности в так называемую слоистую. Последняя, как нами показано в другом месте, отличается и изменением микроструктуры. Это изменение связано с увеличенным количеством минеральных примесей, а также и с меньшей однородностью органической массы благодаря примеси гумусовых элементов. Еще больше слоистость выражена у так называемого сланцеватого богхеда (*5*), который характеризуется еще большей зольностью, доходящей до 28% против 10% плотного и 21% слоистого сапропелита. Наконец, находящийся внизу того же Хахарейского главного пласта горючий сланец с зольностью в 43% пред-

[1] Корректив к этому положению будет приведен в дальнейшем.

[2] Под сапроколлитом разумеются разности сапропелитов с бесструктурной сапропелевой основной массой, но без ясно различимых форменных элементов сапропеля — водорослей и т. п.

ставляется тонкослоистой и тонкоплитковатой породой. Сравнение микроструктуры всех этих разностей указывает на увеличение в последовательном ряду этих разновидностей примеси минеральных элементов за счет сокращения чистого сапропелевого вещества.

Отсюда мы можем сделать вывод, что усиление слоистого сложения идет параллельно загрязнению сапропелевого вещества.

Для категорического суждения о том, какой из примесей (органической или неорганической) нужно придать наибольшее значение с точки зрения слоистости следовало бы располагать бóльшим фактическим материалом относительно других примеров. Но имеющиеся в нашем распоряжении данные все же позволяют высказать некоторые правдоподобные предположения.

Во-первых, три последние слоя сравнительно мало отличаются друг от друга по количеству гумусовых примесей, проявляющихся главным образом в виде тонких полосок бурого прозрачного бесструктурного вещества. С другой стороны, в отношении минеральных примесей, тонко рассеянных в веществе угля наблюдается значительное различие в пределах от 10 до 43%. Это склоняет к мысли, что фактор зольности здесь имеет большее значение, чем обогащение гумусовым веществом.

Такой вывод находит себе подтверждение и в том анализе, который мы производим для учета влияния зольности на слоистость гумусовых углей. Для последних установлено, что зольные разности обнаруживают гораздо бóльшую слоистость, чем чистые угли. Это особенно подтверждается на так называемых углистых сланцах: сильно зольные углистые и сапропелевые сланцы редко бывают неслоисты (углистые аргиллиты), а обычно обнаруживают резко выраженную слоистость.

Наконец, можно указать на угли смешанного гумусово-сапропелевого происхождения, как, например, угли нижней пачки Зоринского месторождения (*б*). Их смешанная природа, т. е. значительная примесь гумусового вещества к основной массе, выявляется как во внешнем виде, так и во внутреннем строении. Уголь по сравнению с более чистыми разностями Зоринского сапропелита приобретает некоторый блеск, заметный больше всего на поверхностях округлой отдельности (рис. 4), которая появляется у этих углей. Однако, уголь не делается более слоистым. Он сохраняет свою массивную текстуру.

Сопоставляя все эти данные — именно, во-первых, универсальное значение зольности для развития слоистого сложения, во-вторых, отсутствие необходимой связи слоистости с увеличением гумусовых примесей, мы можем уже с наибольшей вероятностью признать, что в Хахарейских сапропелитах переход от массивных разностей к слоистым связан в основном с количеством и характером минеральных примесей. Х а р а к т е р минерального вещества имеет значение, так как в чистом сапропелите это частички мельчайших размеров, очень медленно выпадающие из взвешенного состояния, тогда как в горючих сланцах это нередко принесенные водой частицы значительно более крупного размера.

Обратимся к другим сапропелитам — Матаганскому, Буртинскому и Зоринскому.

Плита Матаганского сапропелита (рис. 5) в основной своей части носит массивный характер. Однако на поверхности излома все же небольшие гребешки указывают на направление напластования. В местах раковистого излома это различие направлений сглаживается. К нижнему краю плотная плита переходит в более слоистую разность, которая характеризуется расщеплением на плитки. Если сравнить микроструктуру этих двух частей, то различие будет состоять в том, что в слоистой разности составные части менее однородны по крупности, но флюидальное микрослоистое расположение основной массы и неясных желтых телец в ней одинаково наблюдается в обоих случаях.

Из этого сравнения вытекает, что слоистость потенциально заложена уже в самой микроструктуре плотного сапропелита, именно в послойном расположении ослизненных колоний водорослей, потерявших свое строение. Еще явственнее это выражено в микроструктуре более слоистой части плиты. Другие сапропелиты Иркутского бассейна обнаруживают те же самые черты.

Следует обратить внимание на микрослоистость сапропелитов вообще.

На монолите из Толпоповского болота, по Алабышеву (7), отмечаются отдельные слои зарастания озера с сапропелитами в основании. Каждый слой содержит прекрасно выраженные микрозоны, которые можно видеть очень хорошо на монолите. На вертикальном шлифе из сапроколла Толпоповского болота эта микрозональность выступает вполне отчетливо. Сапроколл в чуть подсохшем виде имеет плотно желеобразную консистенцию и отличается способностью сохранять острые грани и острые углы. Он кажется массивным, но на самом деле при дальнейшем подсыхании (в карьерах) он расслаивается вертикальными полосами в виде растянутых гармошек. При высыхании, соединенном с промораживанием, он расслаивается на более тонкие слои (1 *мм* и тоньше), которые то расходятся друг от друга, то сливаются между собою (рис. 6). Несомненно, эти микрозоны или слойки представляют сезонные отложения.

«Слоистость сапропелевых отложений» — читаем мы в статье Д. Уайта из Твенхофела (*8*), стр. 367, «может быть сезонной или по крайней мере во многих случаях образуется вследствие генеративных периодов главной органической составной части сырого материала». В мощных горючих сланцах бассейна Уинта (Колорадо) в отложениях Грин-Ривер эта сезонность выражена наиболее ясно. Условия седиментации в этих бассейнах отвечали, повидимому, условиям отложения в плейах (там же). Многие признаки, каковы мелкие (в несколько сантиметров) сбросы, надвиги и другие нарушения, должны быть приписаны моментам осушений. В некоторых местах видны следы небольших несогласий (нарушений слоистости) между слоями, что связывается с условиями крайнего мелководья и изменчивости условий отложения. Вообще же, сланцы Уинта характеризуются выдержанной и тонкой слоистостью, носящей ленточный характер. Диагональная слоистость или действие течений, или волн, если и происходили, то в очень малых размерах (Твенхофел, стр. 369).

Повидимому, также сезонная слоистость наблюдается в богхеде, найденном геологом Д. С. Гантманом из Арктики и изученном Е. С. Корженевской. На прозрачном шлифе уже простым глазом можно различить параллельные полоски, частью светлые, частью более темные, в 1 *мм* толщиной. При этом переход от светлой части к более темной совершается постепенно, а от темной к светлой резко.

Под микроскопом на прозрачном шлифе хорошо видно, что уголь в основном состоит из скопления колоний водорослей, почти потерявших свою внутреннюю ячеистую структуру (рис. 7 и 8). Между отдельными слоевищами водорослей пространство заполнено бурой гуминовой массой. Последняя распределена неравномерно, а через равные промежутки происходит обогащение этой массой и шлиф принимает более темную окраску. Этим и объясняется чередование более светлых и более темных полос. Но в шлифе не столь ясна резкая граница в одну сторону от темной полосы к светлой, хотя она несомненно резче, чем между светлой и более темной частью в другую сторону, где смена происходит постепенно.

Происхождение этой слоистости вероятнее всего объяснить накоплением чистого отмершего планктона водорослей после периода цветения вод и постепенно увеличивающейся долей гумусового осадка, связанного с половодьем, приносящим в озеро гуминовые кислоты из соседних болот или с берега.

Таким образом, каждая пара слойков должна соответствовать годовому осадку сапропеля за два активные сезона в озере.

2. Слоистость липтобиолитов. Эта группа каустобиолитов наименее многочисленна. Мы хорошо знаем встречающиеся в СССР следующие типы липтобиолитов: барзасские листоватые и плотные угли, листоватые угли Подмосковного бассейна, Верхнефуйсунские рабдописситы, Тквибульские смоляные угли. Гораздо менее известны споровые липтобиолиты Кизеловского и Подмосковного бассейнов, встречающиеся, повидимому, линзами среди других матовых углей (*9*).

Обращаясь к кутикуловым липтобиолитам, мы находим в них резко выраженную слоистость, связанную со спрессовыванием материала трубчатой или плоской формы, на чем мы остановимся подробнее.

Давно уже был известен из Подмосковного бассейна пример так называемого бумажного или листоватого угля, который состоит из тончайших листочков, легко отдираемых друг от друга и представляющих кутикулу растения *Bothrodendron*. Весь уголь состоит из обрывков кожицы этого растения, едва сцементированных тончайшим неорганическим материалом.

Другой пример подобного же рода представляет кутикуловый же липтобиолит угля — так называемый барзасский сапромиксит, именно его слоистая разность или так называемая «рогожка». По исследованиям З. В. Ергольской (*10*), она слагается из спрессованных остатков стволов древних псилофитов, загрязненных илом и песком по плоскостям напластования. От псилофитов сохранилась лишь их толстая кутикула, а изредка и остатки трахеид. В основном же рогожка состоит из переплетающихся и сплющенных макаронообразных кутикул почти без других элементов, а потому является чистым липтобиолитом. Слоистость здесь определяется самой плоской формой сплющенных растительных остатков. Как и в предыдущем случае, текстурный признак (слоистость) совпадает с структурным признаком липтобиолита — формой его макросоставляющих.

Нечто подобное, хотя и в слабее выраженном виде, наблюдается в таких дюреновых и клареновых разностях гумусовых углей, для образования которых послужили листья или хвоя.

Между чистым кутикуловым липтобиолитом, дюреном и кларено м из листьевого материала мыслимы и действительно наблюдаются все переходы. Различие определяется главным образом степенью сплюснутости листьев и сохранения внутри контура кутикулы гумусового вещества в виде более или менее выпуклой и толстой линзы витрена или ксиловитрена. Этот тип превращения наиболее обычен для паренхимной ткани мякоти листа. Если этой витренизованной массы оказывается много по сравнению с нитями кутикулы и она явно преобладает, то листьевой уголь приближается к кларену. Если внутренняя часть листа мало сохранилась, то происходит обогащение кутикулой и уголь должен быть отнесен к дюрену. Полное исчезновение гумусового вещества приводит к сохранению и скоплению одних кутикул. Получается липтобиолит.

Таким образом, кутикуловые липтобиолиты и близкие к ним угли получают слоистую текстуру, зависящую от основных структурных особенностей — их вещественного состава. Что касается других липтобиолитов, например смоляного и спорового, то там обычно слоистость отсутствует, если нет для нее особых условий, связанных с накоплением (аллохтония).

Для крупных капелек или иголочек смолы эта неясность слоистости естественна, как и для всякого крупнозернистого материала (гравий, конгломерат), где наслоение часто маскируется различными величиной, густотой и расположением галек. Для более мелкозернистой породы (споровые липтобиолиты Подмосковного и Кизеловского бассейнов) скорее всего характерна неясная слоистость. Следует, однако, отметить, что под микроскопом такой липтобиолит с обилием сплющенных оболочек макроспор имеет явно слоистое расположение крупных элементов, что отражается несколько и на макротекстуре. Имеет значение и способ образования липтобиолита, т. е. условия накопления исходного материала. В случае длительного переноса и отложения водой получаются более заметная сортировка и признаки слоистости, тогда как в случае образования на месте порода бывает обычно лишена слоистости.

Таким образом, в классе липтобиолитов слоистость зависит главным образом от величины и характера слагающих элементов, а отчасти и от способа накопления.

3. Слоистость гумитов. Слоистость разнообразных гумусовых углей, естественно, весьма разнообразна. Угли каждого угольного бассейна в этом отношении несут ряд частных отличий, которые можно описать. Однако в данной работе мы совершенно отвлечемся от этого разнообразия и посмотрим только различия текстуры основных типов гумитовых углей, выделенных предыдущими исследованиями, а также проследим изменения слоистости в одном типе в различных степенях углефикации. Для полноты картины следует рассмотреть слоистость отдельных ингредиентов угля и во избежание недоразумений

разграничить явления полосчатости углей от слоистости, которые нередко смешиваются.

4. Слоистость и полосчатость углей. В иностранной углепетрографической литературе давно уже фигурирует термин, который М. Д. Залесским (*11*) впервые был переведен на русский язык словами полосчатый уголь. Англичане чаще всего применяют понятие banded coal, что можно переводить, как полосчатый или ленточный уголь, французские и бельгийские ученые говорят о houilles rubanées, что также соответствует указанному переводу. У немецких ученых установился научный термин Streifenkohle, что правильнее всего перевести как полосчатый уголь.

Все основоположники угольной петрографии, когда писали о полосчатом угле, banded coal или Streifenkohle, постоянно имели в виду видимость на образце угля полос известного протяжения и вещества, отличающегося по своим физическим свойствам (например по блеску) от окружающей массы. Суть дела заключается здесь не столько в форме полосы, сколько именно в этом чередовании вещественных отличий. Когда М. Стопс еще в своей первой работе (*12*), посвященной видимым составным частям углей, уже отметила различие в формах проявления отдельных ингредиентов, то она указала на обычно линзовидную форму залегания витрена и фюзена в пласте. А так как именно эти ингредиенты придают полосчатый внешний вид углю, то не может быть и речи о том, что основательница угольной петрографии мыслила, будто полосчатый уголь должен состоять обязательно из полос бесконечного протяжения. Если в небольшом образце линзы ингредиентов и кажутся в некоторых случаях полосами, то на больших штуфах, а тем более в пласте линзовидный характер полос обнаруживается гораздо яснее. А потому понятие полосчатого угля, как научного термина, не должно быть тесно связано с представлением о полосчатости как простирании параллельных лент. Поэтому перевод Streifenkohle словом полосатый едва ли удачен (*13*), так как отводит нас от внутреннего смысла, т. е. от основного содержания, вложенного и повседневно вкладывающегося в понятие полосчатого угля.

Для пояснения этого возьмем следующий пример (рис. 9). Пусть у нас будет матовый уголь, в котором разбросаны довольно беспорядочно крупные полосы-линзы блестящего угля — витрена. Такой случай мы имеем, например, в Байконурском угле, в Артемовском угле и ряде других. Спрашивается, будет ли такой уголь полосчатым вообще, или он будет таковым только в маленьких штуфах, на которые не попадет окончание линз, или вообще его нельзя признать полосчатым? С точки зрения М. Стопс и большинства углепетрографов, он будет полосчатым, так как состоит не из одного, а из нескольких (в данном случае двух — дюрена и витрена) ингредиентов. М. Стопс в своей исторической работе показала, что полосчатые угли состоят из двух-четырех видимых простым глазом и выделяемых механическими средствами ингредиентов. В этом смысле они противопоставляются однородным углям, как состоящим из одного какого-нибудь ингредиента.

Таким образом, со времени работы М. Стопс (1919 г.) об ингредиентах угля термины полосчатый и однородный приобретают определенное структурное значение, отходя далеко вперед от донаучного чисто внешнего определения видимости или отсутствия полос.

Этим нисколько не устраняется возможность дальнейшего разделения полосчатых углей по форме, величине, роду и расположению составляющих угля, а наоборот, дается ему надлежащее основание. С дальнейшими подразделениями мы познакомимся несколько далее.

Мы констатируем, таким образом, что термин полосчатый уголь в настоящее время — это термин не описательный, а технический, т. е. имеющий вполне уточненное научное значение. Конкретно он обозначает сложный состав угля из нескольких (2—4) ингредиентов. Термин этот структурный, т. е. связан с веществом, формой и величиной составных частей, но не с их расположением (текстурный принцип).

Сейчас же важно было подчеркнуть содержание понятия о полосчатом угле, так как оно нередко служило поводом для недоразумений.

Об одном из них мы уже говорили — это подчеркивание одной формы составных частей, что нашло себе отражение в термине полосатый. Второе недоразумение состоит в том, что некоторые углепетрографы стали ограничивать понятие полосчатого угля только такими сложными углями, в которых присутствуют полоски витрена (Бодэ в последних статьях). Однако такое произвольное ограничение не оправдывается никакими научными соображениями. Действительно, почему включения в блестящий или матовый уголь крупных гнезд фюзена делает его менее полосчатым, чем такие же линзы витрена? И если витрен четко выделяется на фоне матового угля, чем подчеркивается его полосчатый вид, то фюзен лучше выделяется среди блестящей клареновой основы, чем витрен. Так что и принцип наглядности здесь также не позволяет принять указанное выше ограничение.

Наконец, не менее часто смешивают понятия полосчатости и слоистости. Между тем, логический анализ и тщательные наблюдения позволяют эти два понятия легко и четко отграничивать друг от друга. Другое дело, что в данном угле могут вместе существовать и явление полосчатости, т. е. сложность структуры, и явление слоистости, т. е. особое расположение частиц угольного вещества. Наличие таких ингредиентов, как витрен, представляющий в угле превращенные остатки стеблей, сплющенные в плоскости напластования, — резче подчеркивает слоистое сложение угольного пласта, как всякой осадочной породы. Но степень этого проявления бывает различной. Слоистость надо наблюдать не на небольшом штуфе, а в самом пласте, или на больших глыбах угля. Именно там, где выклиниваются отдельные полоски витрена или фюзена, — лучше всего можно видеть степень расслоенности угля. И мы часто можем констатировать в этой матовой или блестящей основе полосчатого угля почти полное отсутствие слоистости, т. е. сугубо горизонтального расположения частиц внутри одного и того же ингредиента или вещества угля. При этом не обнаруживается заметного различия между горизонтальным и вертикальным расположением частиц. Напротив, в случае выраженной слоистости это различие явственно проявляется.

Однако, как показывают данные, изложенные в других разделах этой работы, гумусовые угли всегда в той или иной мере слоисты. Поэтому здесь скорее возможно говорить о неясной или ясной слоистости, чем о массивной текстуре. Последняя свойственна, как мы видели выше, чистым сапропелитам.

Из изложенного ясно, что слоистость углей ничего общего не имеет с полосчатостью их, т. е. с наличием нескольких ингредиентов в их составе. Однородные, например дюреновые, угли могут быть как ясно слоистыми, так и неясно-слоистыми. И полосчатые угли не обязательно всегда бывают слоистыми, а могут обладать и неясными слоями.

5. Слоистость ингредиентов угля. Витрен. Из четырех ингредиентов гумусовых углей витрен обычно является гомогенным и не обнаруживает никакой слоистости. Однако в случае структурных витренов, гагата и ксилитов (лигнитов) иногда в них становится заметной волокнистая структура древесины, напоминающая слоистость, хотя и не имеющая с ней ничего общего с генетической точки зрения.

Фюзен как ингредиент часто располагается именно на плоскостях напластования угля, а иногда попадается исключительно в виде мелких обломков на этих плоскостях, отсутствуя в самом угле, сложенном, например, кларен. Таким образом, примазки фюзена подчеркивают слоистость угля, образуя как бы пленку между двумя слоями. Если же фюзена много и он образует линзы, сложенные из крупных фрагментов, то слоистость, скорее, не наблюдается. Это можно объяснить тем, что в первом случае обломки фюзена были принесены и отложились водой, тогда как во втором они, повидимому, накопились на месте, падая в беспорядке на дно заболоченного водоема.

Дюрен и кларен. О дюрене и кларене мы здесь скажем вкратце. Определить, который из этих двух ингредиентов вообще имеет лучше выраженную слоистость невозможно, так как это зависит от конкретного случая. Кроме того, слоистость дюрена и кларена происходит от нескольких неодинаковых при-

чин. Образование дюрена связано обычно (хотя отнюдь не всегда) с некоторым движением воды, переносом, некоторой сортировкой. Этим определяется его повышенная зольность за счет перенесенных минеральных частиц. Кларен образуется в анаэробных условиях, т. е. под достаточным слоем воды. Вещество его основной массы, происшедшей из растительного аттрита, проходит стадию жидкого или полужидкого состояния и имеет склонность к послойному флюидальному расположению, в различной степени выраженному. Таким образом, в дюрене слоистость определяется преимущественно расположением составляющих его форменных элементов, тогда как в кларене она зависит от большего или меньшего расслоения основной массы.

Если сравнить кларен с витреном одного угля, то, помимо блеска и трещиноватости витрена, один из важных диагностических признаков кларена состоит в его всегда намечающейся тонкой штриховатости, параллельной напластованию, чего нет в гомогенном витрене.

Этим можно ограничиться, говоря о слоистости различных ингредиентов углей.

6. Микрослоистость в гумусовых углях. Относительно микрослоистости в углях можно сказать очень много, если останавливаться на деталях и описывать отдельные случаи во всех подробностях. Однако в настоящей работе мы ограничимся только некоторыми обобщениями и теми примерами, которые иллюстрируют высказанные положения.

Лучше всего микрослоистость наблюдается в клареновых углях. Нередко клареновые блестящие и полублестящие угли обнаруживают под микроскопом полосчатое (послойное) и линзовидно-полосчатое сложение. При небольшом увеличении уже становится видимым чередование полосок основной массы почти без форменных элементов и полосок или линз, насыщенных такими элементами, в частности микроспорами. Первый случай наблюдается в углях Минусинского бассейна, второй в углях Донецкого бассейна. В обоих случаях участки с микроспорами обогащены непрозрачной основной массой, т. е. дают типичную картину дюрена. Здесь полоски будут различаться не только по количеству форменных элементов, но и по основной массе. Следовательно вещественный состав чередующихся полосок будет совсем иной. Так образуется один тип микрослоистости в кларене.

Другой тип микрослоистости связан с обогащением какого-нибудь слойка минеральными образованиями, т. е. с различной зольностью угля. Чаще всего это происходит на границе перехода к дюрену, но может и внутри кларена появиться прослойка (или микропрослойка) углистого сланца.

Иногда такое чередование более зольных и менее зольных прослоек, более или менее обогащенных включениями форменных элементов (оболочек спор, кутикулы и т. п.), принимает ритмический характер и заставляет думать о сезонном характере колебаний условий угленакопления и превращения. Но это явление требует особых дополнительных наблюдений и пока еще не может выйти из стадии вопроса.

Кроме указанных выше примеров ясной слоистости в углях, совпадающей в сущности с микрополосчатостью, в кларенах может быть микрослоистость, связанная исключительно с послойным расположением основной массы, принимающей как бы флюидальное (текучее) сложение.

Нечто подобное мы видим в углях Челябинского или Буланашского месторождений, где такая микрослоистость образована желто-оранжевыми полосками расплывшейся кутикулы, превратившейся местами в бесструктурное вещество, подобное основной массе, но своим более светлым оттенком отличающейся от окружающего гумусового вещества. Однако в случае полного расплывания слоистость может утратиться и эта масса будет вести себя, как жидкая среда среди более твердых красновато-бурых участков, которые она огибает.

Суммируя все эти случаи, можно сказать, что более или менее ясная микрослоистость кларенов определяется главным образом характером ее основной массы и отчасти характером и количеством органических и неорганических примесей в ней, т. е. форменных растительных элементов и минеральных зерен.

Признаки микрослоистости в блестящих углях наблюдаются почти всегда. Если они отсутствуют, то чаще в тех случаях, когда блестящий уголь не является типичным кларeном, а носит аттритовый характер. Уголь сложен тогда скоплением различных элементов, из которых витреновые и ксиловитреновые участки могут преобладать, определяя этим блеск углей, но основного бесструктурного вещества, главным образом в виде прожилок, здесь будет мало. Чаще всего в этих случаях и блеск угля будет менее ярким, отличаясь от типичного кларена и имея все переходы к дюрену, куда подобные примеры скорее всего и относятся.

Слоистость дюренов столь же разнообразна, как разнообразны и сами дюреновые (и переходные) угли. Поэтому мы не будем останавливаться на их специфических особенностях.

3. Слоистость и степень углефикации

Хотя слоистость является первичным свойством горных пород вообще и углей в частности, но ее п р о я в л е н и я, естественно, должны меняться вместе с прогрессирующим метаморфизмом.

Для того чтобы наблюдать влияние только одной углефикации, следует взять такой ряд углей с увеличивающимся метаморфизмом, который состоит из углей одного генетического типа и лучше всего — кларенового. Клареновые угли, как состоящие преимущественно из основного гуминового вещества, метаморфизуются очень закономерно и легче могут быть сравниваемы, тогда как для дюреновых углей с их различным составом, неодинаковой насыщенностью форменными элементами и изменчивой зольностью трудно подобрать однородную гамму различно углефицированных представителей от бурых углей до антрацита.

Между тем, для клареновых каменных углей всех степеней углефикации мы имеем почти непрерывный материал в Донецком бассейне. Начинаясь от длиннопламенных углей, стоящих почти на границе бурых с 49% летучих веществ (Лисичанский район), гамма Донецких углей доходит до настоящих (или даже сверх) антрацитов с 1,5% летучих. Мы воспользовались подобранной углепетрографом Л. И. Сарбеевой коллекцией из 17 образцов углей Донбасса для установления различного проявления слоистости в гамме углефикации. Описательный материал приводится ниже.

Что касается бурых углей, то можно привести многочисленные примеры как слоистых, так и неслоистых или неяснослоистых бурых углей. Так, бурый уголь из Осиновского месторождения третичного возраста (Приморский край) представляется массивным и в нем почти отсутствует слоистость. Под микроскопом видно, что он сложен из весьма мелкого отмученного органического материала, повидимому отлагавшегося на подобие ила, т. е. в условиях, характерных для сапропелевых углей.

Как пример слоистых бурых углей можно указать ачинские, некоторые челябинские и ряд других. В большинстве случаев слоистость в них весьма явственная, ничем не затушевывается и в более зольных углях или в разностях, богатых фюзеном, выражается наиболее резко и отчетливо.

Если слои бурого угля довольно толсты, то внутри резко отграниченного слоя, по которому уголь легко ломается, на вертикальных плоскостях обычно можно наблюдать неясную слоистость или л я м и н а ц и ю, определяющуюся некоторым изменением материала или его концентрации, но не образующую отчетливых плоскостей напластования.

Переходим к каменным углям и к описанию характера слоистости гаммы углей различной степени углефикации из Донецкого бассейна. Коллекция заключает 17 образцов угля, характеризующихся различием летучих веществ от 1,5 до 49%. Описание слоистости начинаем с наименее углефицированных углей.

1. Образец 49% летучих веществ. Уголь плотный с заметной, но редкой вертикальной отдельностью, отчетливо развитой только в одном направлении. Уголь полублестящий, довольно тусклый, клареновый.

Слоистость параллельная, довольно тонкая, ясно выражена и лишь более подчеркивается тонкими и вытянутыми полосками витрена с параллельными краями. В самой клареновой массе заметно выделение тончайших нитей и полосок более блестящих и более матовых, что очевидно связано с послойным чередованием полос, более и менее насыщенных форменными элементами. Особенно хорошо видна слоистость на выветрелой поверхности.

2. Образец 41% л. в. На ровной поверхности вертикальной отдельности обнаруживается тот же характер слоистости. Но здесь местами видны включения линзовидных витреновых полос и некоторое огибание их остальной массой. При этом по тонким полоскам и блестящим штрихам наблюдается местами некоторое, хотя и небольшое, изгибание слойков. Хотя на свежей поверхности излома, слоистости и незаметно, но все же по легкой горизонтальной струйчатости можно отличить вертикальное направление от горизонтального.

3. Образец 40,5% л. в. Этот образец производит более тусклоев печатление; плоскости отдельности у него очень неровны. Слоистость местами определяется тонкими до 0,5 *мм* минеральными прослоями, в остальном она хорошо чувствуется на поверхности излома, давая ряд ступенчатых неровностей. На поверхностях напластования, довольно частых, почти сплошь находятся примазки фюзена. Повидимому, более явственная слоистость этого образца по сравнению с предыдущим (по излому) объясняется именно этим периодическим отложением фюзена на поверхностях некоторого перерыва в отложениях кларенового материала.

Напротив, в предыдущем образце мы имеем собственно не слоистость, а ляминацию.

4. Образец 40% л. в. Слоистость этого плотного угля с более ровными плоскостями отдельности похожа на предыдущую, но прослои фюзена обогащены глиной и встречаются значительно реже (5—10 *см*). Слоистость поэтому менее заметна (ляминация).

5. Образец 35% л. в. Слоистость сильно затушевана развитой экзогенной отдельностью. Редкие полоски витрена.

6. Образец 30% л. в. На свежем и неровном изломе выделяются полоски с более развитой эндогенной отдельностью (витрен) и промежуточные более плотные слои (кларен). В последних уже трудно различать какую бы то ни было слоистость, но все же горизонтальная штриховатость слегка местами намечается.

7. Образец 28% л. в. Слоистость почти незаметна и затушевывается развитыми «глазка́ми» на плоскостях отдельности. Фюзен на плоскостях напластования встречается только спорадически.

8. Образец 24,5% л. в. В части образца развита экзогенная отдельность. Там, где ее нет, видна редкая (через 2—3 *см*) слоистость, связанная с тонкими фюзеновыми прослойками. Вне их внутри кларенового вещества слоистости, вернее ляминации, незаметно.

9. Образец 18,5% л. в. Слоистости незаметно вовсе. Неровная (в мелком и в крупном) поверхность излома не дает различий и ингредиентов. Сильно выражена чистая эндогенная отдельность.

10. Образец 17,5 л. в. То же, что и предыдущий образец.

11. Образец 14% л. в. Слоистость местами выражается только примазками фюзена. Остальная однородно блестящая масса неслоиста.

12. Образец 11,7% л. в. Фюзеновые прослои проходят через 3—4 *см*. В остальном однородный уголь.

13. Образец 11,5% л. в. На глянцевитой поверхности вертикальной отдельности заметен ряд тонких горизонтальных параллельных нитей — границ, которые, повидимому, отвечают плоскостям напластования. На последних видны не марающие пальцы, глинистые и фюзено-ксиленовые графитовидные пленки.

14. Образец 7,7% л. в. Несмотря на небольшое количество летучих веществ, заметна слоистость того же типа, как предыдущая, и кроме того выделяются более блестящие полосы витрена от менее блестящего и неровного кларена. Имеется экзогенная отдельность.

15. Образец 4,5% л. в. Уголь — антрацит плотный. На плоскости эндогенной отдельности хорошо видны тонкая слоистость и некоторые границы слойков, хотя и очень тонкие.

16. Образец 2,5% л. в. Антрацит плотный. Слоистость ясная и проявляется в тонких полосках более матовых и блестящих параллельных. Но это не полосчатость и, скорее всего, не слоистость, а ляминация.

17. Образец 1,5% л. в. Антрацит плотный. Прослойки колчедана и полоски витрена с более выраженной отдельностью намечают направление слоистости, однако не очень ясной в однородных полосах.

Просматривая весь этот ряд различно углефицированных углей и отвлекаясь от отдельных частностей, связанных с данными образцами углей, мы можем констатировать некоторые общие закономерности.

Прежде всего бросается в глаза то, казалось бы, неожиданное явление, что слоистость оказывается как будто более ясной в низшей и в высшей степенях углефикации, а в средних — представленных паровично-жирными и особенно коксовыми и паровично-спекающимися углями (т. е. от 35 до 14% л. в.), — наблюдается почти полное исчезновение слоистости.

Однако это явление, в значительной степени кажущееся, связано с затушевыванием слоистости, достигающим максимума в средине гаммы углей, явлениями эндогенной и экзогенной отдельности. В особенности неровные штриховатые поверхности последней со следами скольжения мешают распознанию слоистой текстуры.

Напротив, резкое различие ингредиентов, т. е. полосчатая структура с более или менее послойным расположением их, что особенно характерно бывает для фюзена, скопляющегося по плоскостям напластования, способствует подчеркиванию слоистого сложения углей. Однако нельзя смешивать полосчатость и слоистость.

Если приглядеться к различиям в слоистости низших и высших степеней углефикации, то можно констатировать все же большее развитие ее в первых. Это выражается в том, что в самой блестящей массе кларена, как будто однородной, намечается некоторое расслоение на более блестящие и более матовые полосы. Это расслоение мы вместе с иностранными учеными можем назвать ляминацией или слоеватостью (lamination). Отличие ляминации от истинной слоистости состоит в том, что она не образует плоскостей напластования и не связана с какими-либо перерывами в седиментации. Поэтому ляминация видна только в вертикальном разрезе, тогда как слоистость обнаруживается и по плоскостям наслоения, иногда покрытым глинистой пленкой или нагромождением фюзена.

В антрацитах слоистость определяется именно этими минеральными или фюзенизированными остатками, оставляющими параллельные нитевидные следы на вертикальной плоскости. Органическое вещество угля представляется блестящим однородным; и не только витрен и кларен, но, повидимому, и дюрен с преобладающей прозрачной основной массой, превращаются в этой стадии в гомогенное бесструктурное вещество. Поэтому никакого различия и, в частности, элементов слоистости в самом органическом веществе, кроме прослойков фюзена, не обнаруживается.

Это явление, резко выраженное в антрацитах, в сущности, имеет место и в коксовых, и тощих углях, но там степень однородности и неслоистости органического вещества трудно распознать вследствие затушевывания развитием кливажа и отдельности.

4. Факторы слоистости углей

1. Общие соображения. Во всех нормальных осадочных породах слоистость происходит за счет неодинаковости условий осаждения минерального вещества во времени от слоя к слою. В углистых породах, как образованных органическим и минеральным веществом, условия соответственно осложняются. В известные моменты могут происходить изменения в приносе того или другого материала. Помимо неравномерности отложения органического материала, один

из факторов слоистости несомненно лежит в условиях осаждения мелкого, преимущественно глинистого минерального вещества. Это хорошо видно на рентгеноскопических снимках тонких пластинок угля, вырезанных по вертикальному направлению. Здесь всегда обнаруживается штриховатость, параллельная напластованию, причем иногда можно видеть, что слои несколько волнисто изгибаются и дают то более густые скопления минерального материала (более темные слойки), то более слабые (светлые). Иногда это чередование делается ритмическим и тогда темные и более светлые полосы переслаиваются через почти равные промежутки. Здесь слоистость, возможно, носит сезонный характер.

В некоторых случаях, особенно в сильно загрязненном угле у кровли пластов (Донбасс), можно видеть на рентгеноснимке явление косого наслаивания очень мелкого масштаба. Это вполне согласуется с тем представлением об образовании верхних частей угольного пласта как результате переотложения растительного материала, которое рисуется и по другим данным.

Широкое применение рентгеноскопических снимков для углей может пролить свет на многие стороны слоистости и слоеобразования в угольных пластах разного происхождения.

Помимо этих, так сказать, первичных факторов, обусловливающих слоистость в углях, имеется еще ряд моментов, относящихся к процессу превращения торфа или гумусового вещества в уголь и к дальнейшему превращению каменных углей в процессе метаморфизма.

2. Слоистость и усадка торфа. Как известно, при гумификации торф постепенно сокращается в объеме и уплотняется. При значительном спрессовывании породы происходит некоторая переориентировка частиц, отчасти подобная той, которая наблюдается при метаморфическом превращении осадочных пород в кристаллические сланцы. Но здесь происходит нечто другое, т. е. не кристаллическая ориентировка частиц, а изменение в расположении аморфных элементов. Если они лежали несколько наклонно к плоскости слоистости, то сейчас при уменьшении мощности спрессованной породы в 5—10 раз они ложатся уже вполне горизонтально и слоистость, т. е. выраженность горизонтальной ориентировки, делается больше, а отдельные слои сближаются между собою.

Коэфициент усадки первоначального торфа, превращающегося в уголь, можно вычислить, исходя из утонения слоев угля по сравнению с тем местом, где в уголь попадали минеральные тела или образовались минерализованные тела, не менявшие своего объема при метаморфизме. Сюда могут быть отнесены: эрратические валуны, линзы песчаника в угле, «угольные почки», минерализованные стволы деревьев и т. п. Недавно Э. Штах воспользовался для такого вычисления и микрообъектом, а именно шаровой склероцией, которая в угле при известном способе сохранения не сплющивается. Слои угля, расходясь, огибают ее и вновь сходятся после. Измеряя в вертикальном шлифе толщину склероции и первого вмещающего слоя с одной стороны и толщину того же слоя в его нормальном развитии, он установил, что теперешний слой составляет только 1/5 первоначальной мощности. Это указывает на соответственную усадку торфяного материала.

Первое применение этого метода на угольных почках дала М. Стопс (*14*) в своей известной работе о «Coal Balls» (см. также у Штуцера *15*).

3. Выводы. Резюмируя все вышеизложенное, мы можем заключить, что слоистость в углях происходит от следующих основных факторов:

1) неодинаковости в природе и характере органического вещества, различающегося изначально или после разложения в торфе и угле;

2) неодинаковости приноса неорганических примесей, что выражается в различной зольности; зольные угли и углистые сланцы имеют обычно более выраженную слоистость;

3) усадки торфа в процессе гумификации, т. е. до покрытия кровлей и непосредственно после нее:

4) уплотнения (спрессовывания) угля в процессе углефикации. Этот фактор не имеет самостоятельного значения, так как может только несколько усиливать или затушевывать уже имеющуюся слоистость.

Последнее явление скорее имеет черты сланцеватости (Schieferung), а не слоистости как выражения первичных условий накопления материала. Но так как их трудно выделить в каждом отдельном случае, то мы и рассматриваем эти явления вместе со слоистостью.

5. Слоистость в почве и кровле угольных пластов

Непосредственной почвой и кровлей угольных пластов обычно служат глинистые породы. Однако встречаются случаи нахождения и песчаников в кровле или почве пласта, еще реже конгломератов и известняков. Конгломераты в кровле обычно указывают на размыв пласта в этом месте, следовательно отвечают ложной кровле. Известняки чаще встречаются в кровле, налегая на пласт угля также с размывом, и почти не встречаются в почве его.

Слоистость в почве и кровле может быть горизонтальная или косая.

По обстоятельным исследованиям Б. Ф. Мефферта (*16*), в Донецком бассейне глинистая почва большинства угольных пластов вовсе не слоиста и прорезана во всех направлениях аппендиксами, т. е. корневыми придатками стигмарий. Это обстоятельство, пишет Мефферт, делает породу стигмариевых слоев почвы совершенно неслоистой и она раскалывается по любым направлениям в зависимости от расположения этих остатков (*16* стр. 69). Такие глинистые сланцы почвы пласта угля представляют, по мнению этого геолога, глинистые отложения стоячих вод болотистых водоемов и являются автохтонной почвой угля. Но самые верхние горизонты этих слоев нередко заключают мелкораздробленные растительные остатки, лежащие в плоскости напластования, и имеют явную слоистость, свидетельствующую о переносе (стр. 71—72). Напротив, все породы кровли отличаются ясно выраженной слоистостью иногда весьма тонкой (стр. 73).

Наблюдения в других бассейнах подтверждают слоистый характер отложений кровли, но заставляют считать неслоистость почвы не столь обычным явлением. Так, по наблюдениям Е. П. Брунс, в Кузнецком бассейне в некоторых частях разреза ерунаковской и балахонской свит не наблюдалось различия между кровлей и почвой в смысле характера породы и слоистости.

Кроме того факты переслаивания тонких пропластков угля с глинистыми осадками, констатируемые в почве и кровле пласта угля в Донецком, в Кузнецком бассейнах и ряде других, свидетельствуют об участии текучих вод в их отложении.

Еще больше данных в пользу деятельности движущейся воды доставляют явления косого переслаивания угля и осадков почвы или кровли, также констатируемые в Донецком бассейне Меффертом. Косое переслаивание с породами кровли говорит о потоплении и размыве пласта угля.

Косая слоистость в кровле угольных месторождений встречается также в слоях Баракар месторождения Ранигани Индии, в Челябинском месторождении и на Черновских копях.

В пласте Чанг месторождения Ранигани в баракарских слоях в Индии (Фокс) мы видим косослоистую серию значительной мощности (до 30—40 *м*) песчаников спускающихся к кровле угольного пласта и постепенно выполаживающихся и выклинивающихся. Непосредственно над углем лежит, однако, толща (рис. 10) согласно залегающей с углем глины, в которую упираются, сходя на нет, отдельные песчаные слои. Нигде не видно следов эрозии в угле и, напротив, каждый слой угля продолжается без перерыва на несколько миль. Изображенный на рис. 10 случай указывает, что уголь образовался не в субаэральных условиях. Косые слои весьма правильно изгибаются, давая выпуклость книзу, постепенно переходя в горизонтальные слои. Такой характер песчаников говорит за дельтовое их происхождение, как отложение в спокойной воде озера или моря, мощного и полноводного постоянного потока (реки), расширяющегося у устья и теряющего постепенно живую силу движущейся воды.

К сожалению, у Фокса отсутствует петрографическая характеристика этих песчаников.

Весьма близкий к этому характер носят отложения слоев в кровле I пласта Южной группы Челябинских копей, как это можно видеть в открытом разрезе (рис. 11). Здесь мы наблюдаем то же выполаживание довольно круто падающих в верхней части слоев песчаной серии и выклинивание их, отчетливо видимое на фотографии (рис. 12). Сближение отдельных слоев песчаника и выклинивание промежуточных слоев можно легко констатировать по сближению тонких углистых слойков накоплений мелко раздробленного растительного материала, обильного на некоторых плоскостях наслоения песчаников. При приближении к кровле угольного пласта песчаник делается более тонкозернистым и его слойки, принимая постепенно горизонтальное положение, близкое к касательной к кривой пласта, незаметно переходят в глину с растительными остатками; тонкий слой ее до 15—20 *см* составляет непосредственную кровлю пласта. Никаких следов эрозии пласта в этом случае также не наблюдается.

Эту серию косослоистых слоев мы также должны рассматривать как дельтовые осадки, накопленные в условиях довольно спокойного течения реки, впадающей, повидимому, в озерный пресно или солоноватоводный бассейн.

Третий случай такого залегания можно констатировать в Черновских копях Забайкалья. В последнем случае косые песчано-глинистые слои кровли в разрезе спускаются к угольному пласту без всяких следов эрозионной деятельности. Направление слоев, как и в предыдущих случаях, более или менее однообразное, показывающее общее направление потока в данном районе.

Быстрое накопление этой прикрывающей уголь толщи не подлежит сомнению. За быстроту образования говорит и относительно крупное зерно песчаников, слагающих косослоистые серии, отложение которых может произойти только в условиях быстрого выпадения при уменьшении скорости течения. Еще лучшей иллюстрацией этой скорости служит горизонтальное положение ископаемого ствола (до 2,5 *м* длины и 20 *см* толщины), залегающего в Челябинском разрезе над глинистой кровлей в основании косослоистых слоев песчаника и прорезывающего эти слои (см. рис. 11). Очевидно, это дерево было принесено вместе с илистым материалом и быстро засыпалось подвигающимся вперед фронтовым склоном дельтовых песков, накопляющихся столь быстро, что оно не успело ни сгнить, ни обломаться, а было засыпано до конца следующими слоями. Все эти месторождения угля, очевидно, образовались под водой, а не в субаэральных условиях.

Таким образом косослоистые осадки, залегающие над угольным пластом, дают отчетливое свидетельство об условиях накопления в момент, наступивший вскоре за отложением пласта угля. Напротив, отделение этих слоев от угля, хотя бы тонким прослоем горизонтальнослоистой глинистой породы, указывает на то, что прекращение накопления растительного материала произошло в условиях спокойной воды, т. е. момент, непосредственно следующий за концом угленакопления пласта, отвечает застойному бассейну.

Все эти соображения указывают на важность изучения слоистости вмещающих уголь пород с целью выяснения их генезиса и определения условий осадконакопления угленосных толщ. Разумеется, не только породы, непосредственно связанные с углем, но и все промежуточные отложения в их последовательности закономерной смене и взаимной связи требуют изучения, без чего генетические выводы будут базироваться на отрывочных и не всегда достаточных данных.

Изучение слоистости угленосных толщ является естественным и необходимым продолжением генетических исследований, касающихся самого угольного пласта.

Заключение

1. Основные выводы. Изучение слоистости в группе таких пород органического (правильнее — смешанного) происхождения, как твердые каустобиолиты, показало известную общность ее происхождения со слоистостью кластических пород.

Эта общность состоит в основной зависимости от неравномерностей в при-

носе и отложении материала как органического, так и неорганического, т. е. от различий в вещественном составе слоев.

Однако наряду с этим в слоистости углей есть и специфические особенности, свойственные только горючим ископаемым. Они связаны с значительным уменьшением материала и объема и уплотнением при гумификации и углефикации от свежего торфа до антрацита, которое может быть оценено цифрой около 5—7 раз. Горизонтальная ориентировка растительных остатков частично связана с этим именно явлением.

В различных степенях углефикации она различно выражена в зависимости от неодинаковой силы затушевывающих влияний, в частности кливажа и отдельности, особенно сильно развитых в средней части гаммы каменных углей, т. е. в коксовых и отчасти в марках ПЖ и ПС.

С другой стороны, в случае прозрачной основной массы углей при растущем вместе с углефикацией единстве вещества дюрена и кларена слоистость в антрацитах и близких к ним углях определяется только включениями минеральных или фюзеновых скоплений.

Слоистость аллохтонных и автохтонных углей должна в известной мере различаться в сторону большей выраженности в первых, но этот вопрос требует еще проработки.

Слоистость сапропелитов, связанная с условиями отложения не на месте произрастания, а «под местом», т. е. путем выпадения из взвешенного состояния по закону падения мельчайших частиц, — естественно, имеет некоторые отличия. Последние сводятся к следующему. При весьма спокойном накоплении текстура получается неслоистой. При различиях в условиях приноса органического (сапропелитового или гумусового) и минерального материала (песка, глины) всегда образуется более или менее выраженная слоистость, видимая невооруженным глазом. Однако иногда и в массивном сложении микроскоп обнаруживает микрослоистость и даже некоторую ритмичность в ней. Есть много оснований думать, что дальнейшие исследования в этом направлении обнаружат гораздо более широкое распространение этой ритмичности или сезонной слоистости в отложении сапропелитов.

Что касается липтобиолитов, то они имеют тенденцию к массивному сложению. Однако в случае сложения из кутикулы стеблей или листьев — в связи с плоской и сплющенной формой составляющих элементов уголь принимает слоистое, даже листоватое сложение.

При сравнении слоистости с другими физическими свойствами углей мы видим, что ее проявление определяется в основном теми же факторами, т. е. природой углей, зольностью и степенью углефикации.

Слоистость, ее характер, происхождение и степень выявленности тесно связаны с условиями происхождения самих углей и могут дать существенный материал для расшифрования углей.

Однако вопрос об условиях накопления углей весьма сложный и выходит за рамки настоящей работы.

2. Задачи дальнейших исследований слоистости угленосных толщ. Уже из изложенных выше выводов становится ясным большое значение слоистости для расшифрования фациальной смены отложений при накоплении угленосных толщ. Хотя настоящий уровень изучения и представляет значительный шаг вперед по сравнению с тем, что было еще 10—15 лет назад, но все же ряд вопросов остается до сих пор недостаточно выясненным. Если мы можем почти безошибочно констатировать по типу слоистости участие текучих вод в образовании тех или иных осадков, то самый механизм образования слоистости и факторы, обусловившие ее характер, еще требуют раскрытия точными методами гидрологии и эксперимента.

Но прежде чем говорить о точном расшифровании фациального характера осадков на основании слоистости, надо иметь хорошо собранный материал детальных наблюдений и описаний текстуры пород. Чтобы возможно было их сравнение, необходимы известное единообразие таких наблюдений и систематические описания и зарисовки. Следует констатировать, что до настоящего време-

ни такого опубликования материала очень еще мало, хотя некоторый сдвиг в этом направлении и наблюдается при новейших литологических работах.

Однако для того, чтобы «стратификационный» метод фациального анализа прочно встал на ноги, он должен опираться на массовые наблюдения, на статистические данные и из них черпать свои заключения и выводить закономерности. Вот почему в этом вопросе нужен еще сбор фактического материала тщательных наблюдений.

Что касается угленосных толщ, то здесь можно высказать следующие соображения. Несомненно, что фациальные условия карбонового, пермского, юрского и третичного углеобразований во многом различны. Это положение, которое в данной работе я только констатирую, мной обосновывается в другом месте. Поэтому надо каждый тип угленакопления изучить с точки зрения слоистости отдельно и сравнить с другими. По всей видимости, фациальные признаки даже нижнекарбоновых толщ несколько отличны от особенностей аналогичных фаций среднего карбона, поскольку в одном случае речь идет о более или менее платформенных образованиях, а в другом — о более или менее геосинклинальных. Поэтому изучение слоистости как одного из важнейших фациальных признаков следует вести в порядке, так сказать, историко-геологическом и учитывать положение бассейна относительно геосинклинальных областей.

Исходя из этих и ряда других соображений, я считаю необходимым двигать проблему слоистости в углях и в угленосных осадках в следующих двух направлениях.

С одной стороны, следует собирать опыт и теоретические достижения гидрологии, изучения наносов, речных осадков настоящего времени с переносом их по принципу актуализма и на ископаемые фации. С другой стороны, нужно вести наблюдения и сбор материала по слоистости угленосных пород в угленосных толщах, начиная с палеозоя.

К этому следует прибавить и необходимость сводки всего разрозненного материала по слоистости осадочных пород вообще, материала, хотя и разрозненного, но все же представляющего в совокупности определенную ценность в случае его целеустремленной обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stutzer O. Allgemeine Kohlengeologie. 1923.
2. Moore R. Coal. 1920.
3. Жемчужников Ю. А. К вопросу о блеске и матовости углей. Хим. Тв. Топл., № 1, 1934, стр. 46.
4. Жемчужников Ю. А. Тип косой слоистости как критерий генезиса осадков. Зап. Горн. Ин-та, т. VII, 1926.
5. Жемчужников Ю. А. и Егоров К. Д. Результаты разведочных работ на богхеды и горючие сланцы в Хахарейском м-нии. Мат. по общ. и прикл. геол., в. 101, 1928.
6. Жемчужников Ю. А. и Грачева О. Ф. Петрографическое и химическое изучение зоринских сапропелитов в Иркутском бассейне. Хим. Тв. Топл. № 3, 1936, стр. 189.
7. Алабышев В. В. Материалы по вопросу о задачах и методах биологического анализа сапропеля. Изв. Сапроп. Ком., в. 4, 1928, стр. 178—9.
8. Твенховел. Учение о происхождении осадков. 1936.
9. Жемчужников Ю. А. Введение в петрографию углей. 1934.
10. Ергольская З. В. Изменения углей в процессе углефикации. Доклад в секции XVII сессии Международ. Геол. Конгресса. 1937. Труды Конгресса, т. II, 1939.
11. Залесский М. Д. Угли и основания классификации их по строению и генезису. Изв. Сапроп. Ком., в. 4, 1928, стр. 153—164.
12. Stopes M. On the four visible ingredients of the bituminous Coal. 1919.
13. Потонье Г. Происхождение каменных углей и других каустобиолитов. Пер. под ред. А. Н. Криштофовича. 1934.
14. Stopes M. C. and Watson D. M. On the present distribution and origin of the calcareous concretions in coal-seams, known, as Coal-Balls. Philos. Trans. Roy. soc., London. Ser. B. V. 208, 1908, p. 167—218.
15. Stutzer. Ibidem.
16. Мефферт Б. Ф. и Крым В. С. Ископаемые угли Донецкого бассейна. Вып. II. Угли Алмазного и Марьевского районов. 1926.

Summary

The study of schistousity of rocks of organic (more correctly — mixed) formation, such as a solid kaustobiolithes, has been shown a known community of its formation with the schistousity of a clastic rocks. This community greatly depends upon the irregularity of bearing and sedimentations of organic, as well as inorganic material, i. e., upon the difference of material composition of layers.

Though, equally with this schistousity of coal, there are specific particularities attributed only to the combustible minerals. They are connected with a considerable decrease of material and volume, as well as condensation at the time of humification and carbonization, beginning from a green peat up to the antracite; corresponding cypher of this variation could be estimated as about 5—7.

Horizontal deposition of a vegetable remains is partly connected with this phenomenon.

The schistousity of allouchthonous and autochthonous coal should be in a certain degree distinguished in the way that it is more pronounced in the first one: though this question is not yet settled.

The schistousity of sapropelites has, naturaly, some difference, as far as it is not connected with the conditions of deposition at the place of growth but «under place», i. e. by means of a falling out from the suspended position according to the law of falling of small particles.

As far as leptobiolites is concerned, they have a tendency to get a massive constitution.

Comparing the schistousity with the other physical properties of coal, we see that it is connected with the same factors as with a nature of coal, quantity of ashes and a degree of carbonization. Schistousity, its character, formation and a degree of development are closely connected with the conditions of fromation of coal itself. These factors can be used as a substantial material for the interpretation of coal.



Рис. 1. Внешний вид массивного Товарковского богхеда из Подмосковного бассейна.

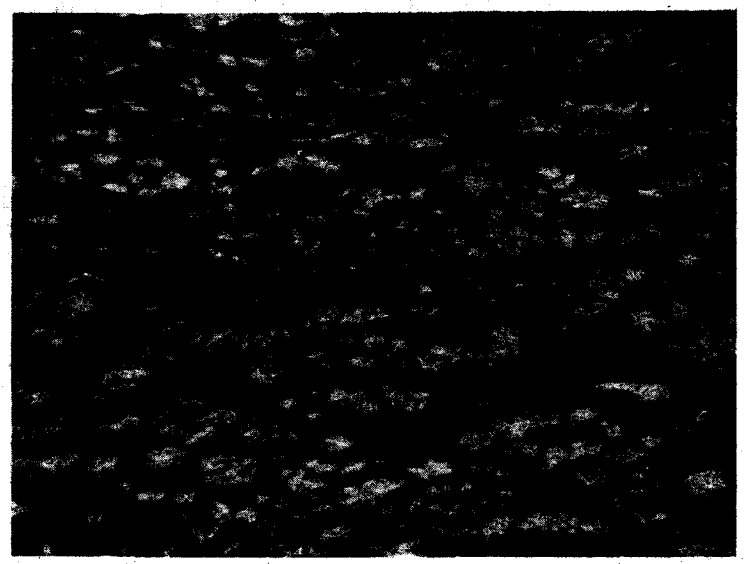


Рис. 2. Микроскопическое строение Подмосковного богхеда. Видны талломы водорослей.



Рис. 3. Внешний вид неслоистого Селижаровского богхеда.



Рис. 4. Внешний вид гумусово-сапропелевого угля Зоринского месторождения.



Рис. 5. Вертикальный излом плиты Матаганского сапропелита.

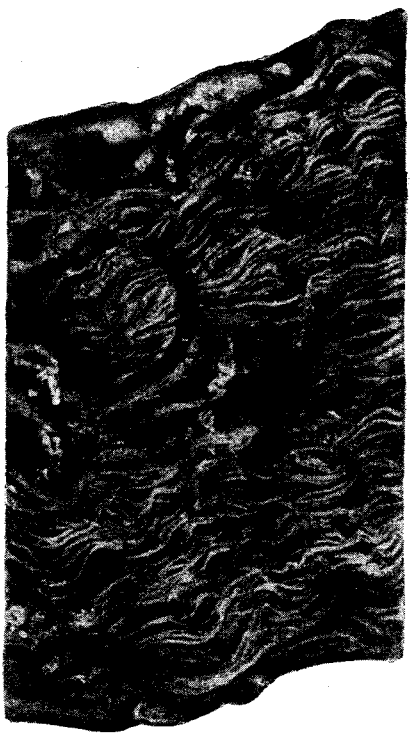


Рис. 6. Расслаивание промороженного сапропеля из Толполовского болота (по Алыбышеву).

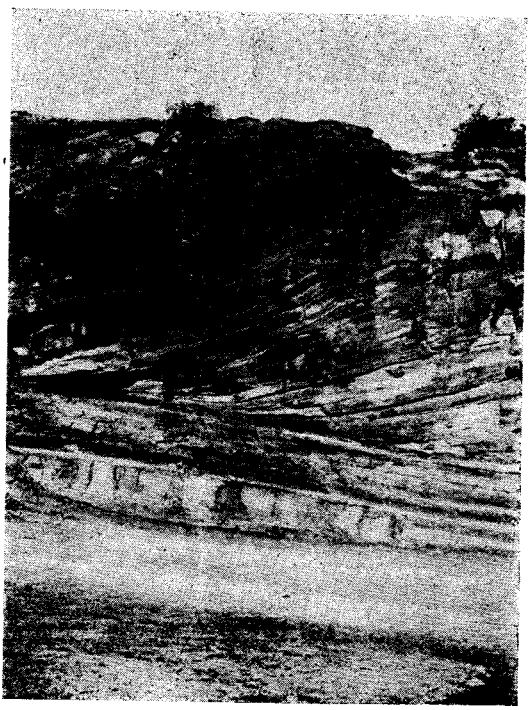


Рис. 10. Косая слоистость в песчаниках Баракар в месторождении Ранигани, Индия.



Рис. 9. Байкорунский полосчатый уголь.

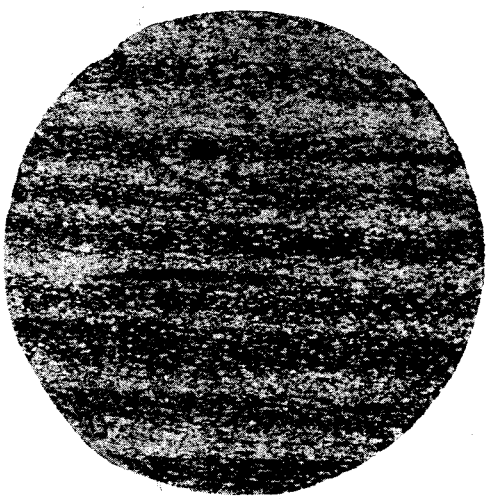


Рис. 7. Ритмическая слоистость богхеда из Арктики. × 16.

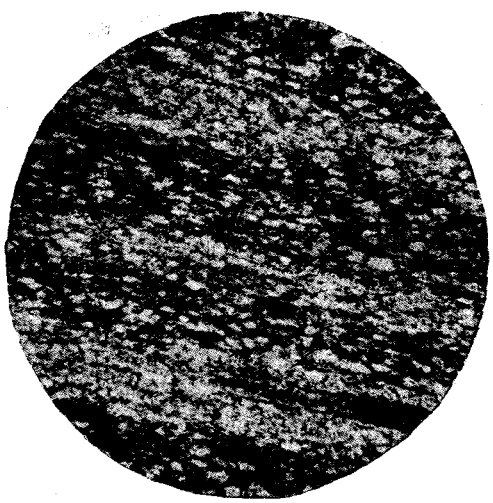


Рис. 8. То же, что и на рис. 7. × 40.

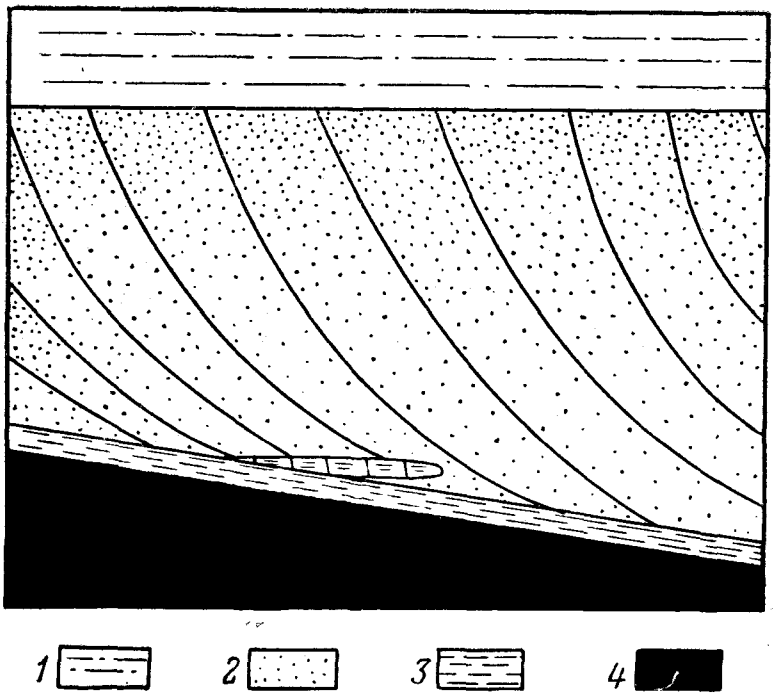


Рис. 11. Косая слоистость в кровле пласта Челябинского месторождения.

1 — третичные опоковидные глины; *2* — рыхлый песчаник, *3* — глина, *4* — уголь.



Рис. 12. Выклинивание и выполаживание косых слоев книзу в Челябинском открытом разрезе.