*БЮЛЛЕТЕНЬ МОСК. О-ВА ИСП. ПРИРОДЫ, ОТД. ГЕОЛОГИИ. Т. XII (2) 1934*
*BULLETIN SOC. NAT. MOSCOU, S. GEOLOGIQUE. T. XII (2) 1934*

# Горючие сланцы зоны Perisphinctes Panderi d'Orb

(Очерк литологии)

*Н. М. Страхов* (*Москва*)

Нефтяной геолого-разведочный институт

Введение. — I. Строение нижневолжской сланценосной толщи. — II. Петрографические, химические и палеонтологические особенности нижневолжских горючих сланцев. — III. Петрографические, химические и палеонтологические особенности вмещающих пород. Породы кровли и подошвы — IV. Физико-географические условия отложения сланцев века Perisphinctes Panderi.

## Введение

Предлагаемая вниманию читателя работа начата была в 1930 г. в качестве аспирантской темы в Научно-исследовательском институте геологии I МГУ (потом МГРИ), закончена же в стенах Нефтяного геолого-разведочного института, предоставившего для этого некоторые средства.

Материалом для исследования послужили, с одной стороны, наблюдения и сборы, произведенные автором в 1930—1932 гг. в районе Ундорского, Каптурского и Макаровского (Общий Сырт) месторождений, с другой — буровой материал из этих же и некоторых других мест, наконец, ряд неопубликованных материалов (отчетов) из фонда Мосгеоразведки и лично А. Н. Розанова. Обработка материала (механические анализы, химические определения) в подавляющей массе была проделана в лаборатории МГРИ лаборанткой А. В. Романчиковой, в меньшей доле — в лабораториях НГРИ, причем большинство определения велось под руководством Э. С. Залманзон, а работы с органическим веществом под руководством В. Г. Пуцилло.

Заканчивая настоящую работу, автор считает долгом выразить глубокую признательность всем лицам и учреждениям, которые в той или иной мере способствовали осуществлению ее.

## I. Строение нижневолжской сланценосной толщи

Когда речь идет об изучении того или иного минерального тела, первое, что необходимо сделать, — это представить себе геометрические очертания этого тела, его форму, размеры, залегание, соотношения с вмещающими породами, наконец, стратиграфический горизонт, к которому приурочено оно. С разбора именно этих вопросов следует начать и изучение нижневолжской сланценосной толщи.

Стратиграфия изучаемого объекта уже давно и достаточно точно установлена работами Розанова [2,3], Кассина [8], Иванова и др. Как показывает самое название «нижневолжские сланцы», это минеральное тело приурочено к отложениям нижневолжского яруса, а внутри последнего в подавляющей своей массе к зоне Perisphinctes Panderi и только частично к самым низам зоны Virgatites virgatus Buch. Пространственное распространение сланцев огромно; можно сказать, что мы знаем их почти отовсюду, откуда известны нижневолжские отложения вообще [1,3]. Так, они известны из Большеземельской тундры (р. Пижма), бассейна Северной Двины (р. Кулой, Пеза), Вятско-Камского района, бассейна р. Унжи, Подмосковного края, бассейна р. Суры и Свияги, Ульяновского района (Ундоры), Сызранского района (Кашпир) и из целого ряда мест Заволжья и Общего Сырта (Орловка, Савельевка, хут. Макаров, Сергеевка, Таловка и т. д.). Степень сохранения сланценосной толщи, однако, далеко не везде одинакова. Если взять за демаркационную линию меридиан с Кашпир (Сызранского района), то окажется, что к востоку от него сланценосная толща сохраняется обычно полностью и достигает поэтому больших мощностей (Орловка — около 15 *м*, Савельевка — 16—17 *м* север Общего Сырта — 22—23 *м*, юг Общего Сырта — около 24 *м*, Вятско-Камский район — около 15—17 *м*), к западу же всегда оказывается более или менее размытой, причем, чем дальше к западу, тем глубже размыв и тем меньше мощность. В бассейне р. Суры, в Подмосковной области, по р. Унже от всей сланценосной толщи остается максимум 1—2 *м*, обычно же гораздо меньше.

Всюду, где производились наблюдения, оказывалось неизменно, что сланцы изучаемой толщи вовсе не слагают ее целиком, образуя сплошной, единый массив, но, наоборот, всегда располагаются отдельными более или менее мощными пластами (от 10—15 *см* до 1,5—2 *м*), разделенными участками «пустой» породы — серой мергелистой глины. В литературе имела место дискуссия о том, представляют ли сланцевые пласты устойчивые весьма протяженные образования или же это мелкие быстро выклинивающиеся линзы (Еремеев, Павлов). Те материалы, которыми располагает автор, приводят его к выводу, что в действительности наблюдаются и те и другие случаи. В доказательство этого можно привести два следующих демонстративных профиля (рис. 1). Первый происходит из Ульяновского района и имеет протяжение около 28—30 *км*, второй — из северной части Общего Сырта протяжением 77 *км*. Из изучения средневолжского разреза вытекает с несомненностью, что в составе изучаемой толщи наблюдаются участки, где пласты тянутся непрерывно на расстоянии свыше 30 *км* и где, следовательно, их никоим образом нельзя назвать мелкими, быстро выклинивающимися линзами. Наоборот, в разрезе Общего Сырта пласты нередко действительно оказываются мелкими, быстро выклинивающимися линзами весьма небольшого протяжения.

Для целей настоящей работы представляется весьма интересным и важным выяснить, как размещаются сланцевые прослои в вертикальном разрезе толщи, а именно: располагаются ли они на любых уровнях, без всякого порядка и закономерности, или же приурочены только к определенным горизонтам и слагают обособленные пачки более или менее обширного протяжения?

Вопрос этот был подвергнут автором подробному изучению в специальной работе [6] на основании обширного фактического материала, который удалось собрать по этому поводу. Не считая нужным повто-

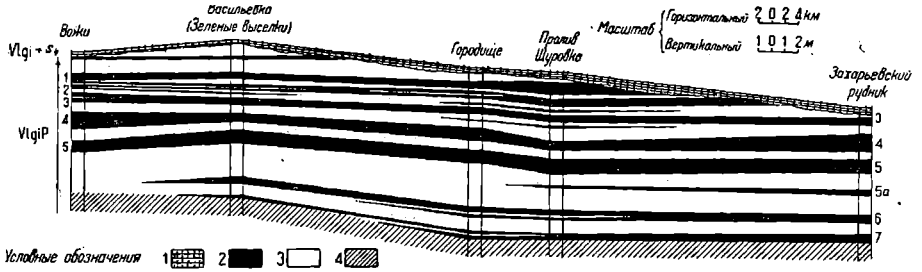



Рис. 1. Разрез сланценосной толщи Ульяновского района. Условные обозначения: 1 — фосфоритоносные песчаники зоны Virg. virgatus; 2 — сланцы зоны P. Panderi; 3 — серые глины той же зоны; 4 — низы зоны P. Panderi, лишенные сланцев.

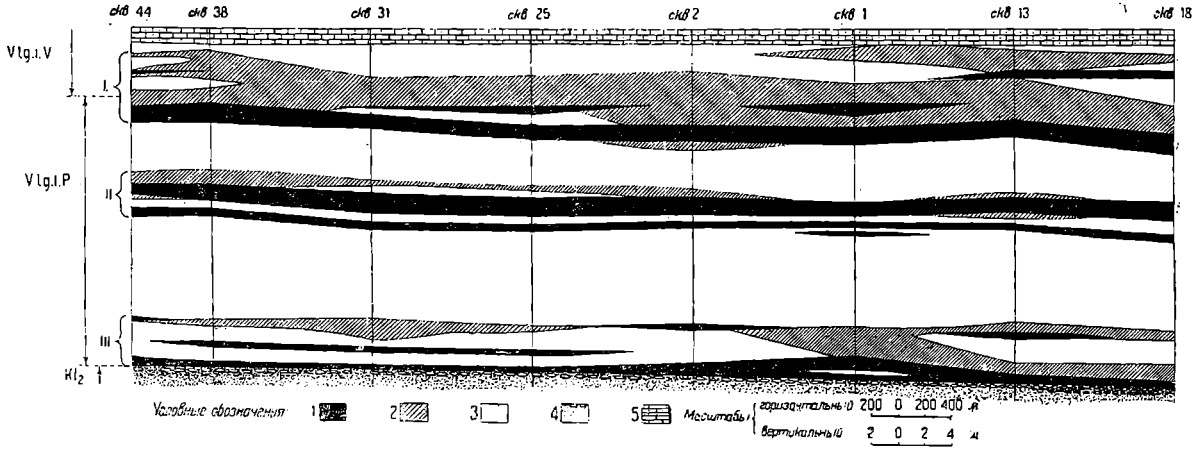



Рис. 2. Разрез сланценосной толщи у хут. Макарова. Условные обозначения: 1—горючие сланцы; 2—битуминозные глины; 3 — серая глина; 4 — фосфоритоносный песок (келловей); 5 — мергелистые песчаники и мергеля зоны Virg. virgatus.

рять подробно этот материал, я приведу только самые основные из установленных фактов, иллюстрируя их по возможности некоторым минимальным графическим материалом.

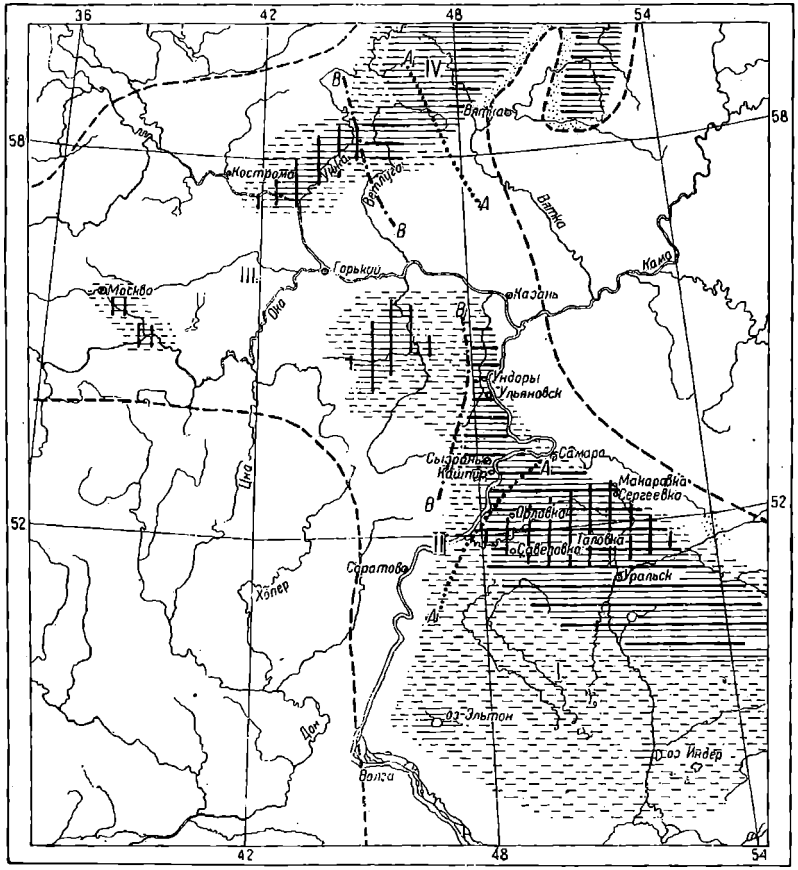
Обследованная территория распространения сланценосной толщи с точки зрения строения последней может быть разбита на 4 района со своими особыми соотношениями (рис. 3).

Первая область захватывает все Заволжье, в частности район палеозойского вала, Общий Сырт и принадлежащие к нему районы на востоке и юго-востоке по р. Илеку. Особенности строения сланценосной толщи в этой области заключаются: 1) в полном сохранении ее и 2) в том, что внутри толщи здесь в общем случае могут быть выделены 4 сланцевых пачки, которые, правда, не везде прослеживаются (рис. 4).

Первая пачка принадлежит самым низам зоны Virgatites virgatus и частью верхам Perisphinctes Panderi и пользуется на описанной территории повсеместным распространением, обнажаясь везде, где имеются сланцы вообще. В состав ее входит меняющееся число (2—3) тесно сближенных пластов от 0,09 *м* до 1,6 *м* мощности. Мощность всей пачки также меняется. На западе, в Орловке, она имеет около 1 *м*, в Савельевке — около 2—3 *м*. Восточнее, у хут. Данилова, мощность точно не определена, но, повидимому, незначительна; у хут. Макарова — 3,27 *м*, у Сергеевки — 6,05 *м*, в бассейне Солянки и Таловки — до 5,4 *м*. Вторая пачка располагается 2—6 *м* ниже и принадлежит уже целиком зоне P. Panderi. Распространена так же широко, как и первая пачка, причем мощности измеряются такими цифрами: Орловка — 1,28 *м*, Савельевка, — около 2 *м*, хут. Данилов — неопределенная, но незначительная, хут. Макаров — 3,61 *м*, Сергеевка — 5,85 *м*, Таловка — 2,5—3 *м*. Третья пачка имеет уже более ограниченное распространение. Максимального развития достигает она на юге Общего Сырта, в бассейне Таловки, где измеряется 3 *м* (местами до 6 *м*). К северу (хут. Макаров, Сергеевка), наоборот, эта пачка выклинивается нацело; к западу, в Савельевке, мощность еще удерживается около 2—3 *м*, но севернее, в Орловке, резко сокращается (1,1 *м*). Наконец, последняя, четвертая пачка располагается в самом основании зоны P. Panderi, то непосредственно на базальном конгломерате, то отделяясь от него незначительным прослоем серой глины. Эта пачка также прослеживается не везде. По настоящему развита она только на севере Общего Сырта (хут. Макаров, Сергеевка), где имеет мощность от 1,06 до 4,00 *м*. На юге (Таловка) эта пачка показывается спорадически; на западе, в Орловке, отсутствует совсем, в Савельевке сводится к незначительному прослою битуминозной глины.

Из этого краткого обзора вытекает, что наиболее полное развитие внутри описываемой зоны сланценосная толща имеет в районе средних частей Общего Сырта — в бассейне рр. Таловки, Солянки и пр., где именно мы и наблюдаем четыре пачки, причем мощность сланцев, в них заключающихся, достигает наибольшей величины. Во все стороны от этого центра сланцеобразование затухает. Так, до северной части Общего Сырта доходят только три пачки (I, II и IV, а III — выклинивается), причем в районе хут. Макарова мощность каждой из них еще довольно значительна; к району же Даниловки мощности отдельных слоев показывают значительное уменьшение. На запад, к Орловке и Савельевке, по-настоящему продолжаются также только три пачки (I, II, III), причем мощности их значительно убывают. К востоку от линии: север Общего Сырта — верховье Ембулатовки —

Илецк — Актюбинск происходит полное выклинивание сланцев и переход всей толщи сперва в глинистую, затем в песчаную фацию. Наконец, к югу от г. Уральска, на некотором расстоянии от него сланцы




Условные обозначения

1 — серая глина, переслаивающаяся со сланцами; 2 — ее гипотетическое распространение; 3 — сланцы нижней половины зоны P. Panderi; 4 — сланцы верхней ее половины и основания зоны Virg. virgatus; 5 — пески; 6 — гипотетические границы нижневолжского бассейна; А ..... А — западная граница территории, где сланценосная толща сохранилась полностью и характеризуется значительными мощностями (свыше 15 *м*). В — · — · — В — западная граница территории со слабым размывом сланценосной толщи сверху и уменьшенными (до 10—12 *м*) мощностями. (Западнее этой границы сланценосная толща претерпела глубокий размыв и характеризуется мощностями в 1—1,5 *м*). I, II, III, IV — районы развития сланценосной свиты, охарактеризованные в тексте.

также исчезают, замещаясь (Эльтон, Индер) глинами. Отметим, что при всех описанных изменениях пачки ведут себя неодинаково. Наибольшей изменчивостью и одновременно наименьшим горизонтальным распространением пользуются нижние две пачки, относящиеся к низам зоны P. Panderi. Наоборот, верхние две пачки, относящиеся частью к зоне P. Panderi, частью к зоне V. virgatus, отличаются наибольшим горизонтальным распространением и наибольшей устойчивостью. Вместе с тем к этим пачкам приурочены и лучшие качественно слои сланца.

Вторая область располагается на правобережьи Волги и включает в себя Сызранский район, с одной стороны, и Ундорско-Буинский — с другой. Этот тип продолжается, повидимому, и северней, в бассейн р. Ветлуги [12]. Особенности второй области по сравнению с первой состоят: 1) в неполной сохранности сланценосной толщи, некоторой размытости ее сверху; 2) в полном отсутствии сланцев в нижней, большей

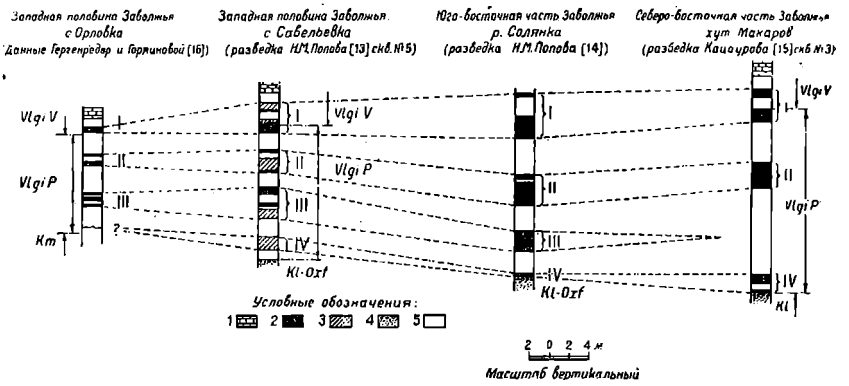



**Рис. 4. Типы разрезов нижне-волжской сланценосной толщи на территории Заволжья (1-й район). Условные обозначения: 1 — мергелистые песчаники зоны Virg. virgatus; 2 — горючие сланцы; 3 — битуминозные глины; 4 — фосфоритоносные песчаники; 5 — серые глины.**

половине зоны P. Panderi, представленной здесь сильно известковистыми глинами и мергелями (рис. 5).

Таким образом на территории второй области наблюдается в сущности всего одна единственная пачка, слагающаяся 5 пластами от 0,08 до 0,4 *м* мощности.

Вопрос об увязке ее с заволжскими пачками решается следующими обстоятельствами. Во-первых, в Каширских и Ундорских сланцах никогда не встречается Virgatites virgatus, но всегда только P. Panderi; это значит, что Ундорско-Каширская пачка отнюдь не может соответствовать первой верхней пачке Заволжья. Во вторых, так как низы зоны P. Panderi лишены здесь сланцев, то, очевидно, отпадают всякие сравнения с четвертой базальной пачкой и остаются возможными сопоставления либо со второй, либо с третьей заволжскими пачками. Следует однако иметь в виду, что третья заволжская пачка отличается гораздо большей изменчивостью сравнительно со второй, и что по направлению с S на N — от Савельевки к Орловке она уже обнаруживает значительное сокращение мощности, т. е. выклинивание. При

этих условиях наиболее правильным представляется отождествление Ундорско-Каширской пачки именно со второй пачкой Заволжья.

Итак, имеющийся сейчас материал позволяет думать, что из четырех заволжских пачек при переходе к западу, на правый берег Волги, две нижних выклиниваются, вторая сверху сохраняется и продолжается в Каширское и Ундорское месторождения. Первая же выпадает из разреза в силу размыва — еще в верхнеюрское же время перед отложением пород зоны Virgatites virgatus.

Третья область обнимает собой район правобережья р. Суры, далее — Подмосковный район, наконец, районы Костромской и Унженский. Здесь размыв сланценосной толщи (частью еще юрский, перед трансгрессией эпохи Virgatites virgatus, частью — предмеловой) пошел глубже, так что от всей толщи сохранялись иногда всего десятки сантиметров, в лучших случаях прослои до одного-полутора метров,

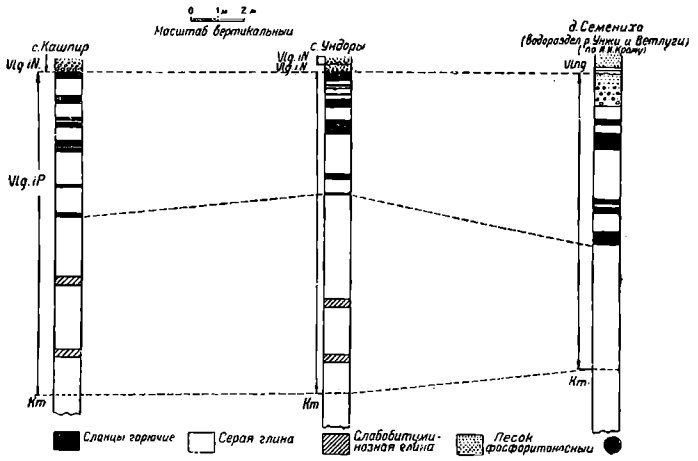



Рис. 5. Строение сланценосной толщи во II зоне.

и только в бассейне Унжи в качестве исключения до 3—4 *м*. И общие соображения и некоторые палеонтологические признаки заставляют относить развитые здесь сланцы к низам зоны Perisphinctes Panderi, и считать их в этом отношении эквивалентными какой-либо из двух нижних пачек Общего Сырта, не предрешая заранее вопроса о том — какой именно. Палеонтологические указания имеются на этот счет: 1) из Подмосковной области, где были обнаружены, с одной стороны Perisphinctes mjatschkowensis, а с другой стороны — вообще перисфинкты биплікатового типа, аналогичные тем, которые в Ундорско-Буинском районе встречаются в подсланцевой глине, т. е. как раз в низах зоны Perisphinctes Panderi; 2) из Унженского района, где Соколовым[10] для сланцевой толщи указываются Aucella rugosa, Auc. striatorugosa, Auc. obicuralis, опять-таки постольку, поскольку сейчас известно, приуроченные к низам сланцевой толщи.

Наконец, последняя четвертая область охватывает бассейны рр. Маломы, Кобры, Вятки и Сысолы. Сланценосная толща в этом районе вновь достигает полного своего развития (в смысле сохранения) и в этом отношении может быть сравниваема с толщей Заволжья, в частности Общего Сырта [8, 9, 17, 18]. От последней области, однако, сланценосная толща значительно отличается тем, что в бассейнах упомянутых выше рек сланцевые прослои в низах зоны Perisphinctes Panderi, как правило, отсутствуют и приурочены исключительно к верхним частям этой зоны, а также — к низам зоны Virgatites virgatus. Такое положение сланцевых пачек Вятской области делает несомненным, что мы должны в дальнейшем сопоставлять их только с двумя верхними пачками Заволжья, причем по современному состоянию знаний мы не в состоянии точно указать, соответствуют ли они только верхней, первой заволжской или же второй и первой вместе.

Таковы данные, касающиеся распределения сланцев в вертикальном разрезе в различных районах развития сланценосной толщи. Как видим, получающаяся картина не отличается желаемой степенью подробности. Тем не менее, на основании изложенного, можно отметить две важных особенности в распределении сланцев внутри сланценосной толщи. Во-первых, всюду, в любом районе мы с полной отчетливостью можем говорить не о случайном, беспорядочном расположении сланцев по вертикали, но об определенной группировке их в некоторые горизонты, или пачки, которые обладают очень большой устойчивостью и тянутся на большие пространства, несравненно более крупные, чем отдельные слои. Во-вторых, сланцеобразование хотя и шло с самого начала века Perisphinctes Panderi до начала века Virgatites virgatus, но и с точки зрения интенсивности этого процесса и с точки зрения пространственного размещения образующихся пачек картина отнюдь не оставалась постоянной, но претерпевала совершенно определенные изменения.

Если мы возьмем нижнюю половину зоны Perisphinctes Panderi, то окажется, что сланцы на этом уровне имеются: 1) на юге, в области Заволжья, где пачки этого возраста ограничиваются почти исключительно территорией палеозойского вала Заволжья, а также в районе Общего Сырта; 2) в средней части Нижневолжского бассейна, а именно на территории Подмосковного, Костромского и Унженского районов, а также по правобережью р. Суры. Между этими районами, с одной стороны (другими словами — на правобережье Волги, в Ундорско-Буинском и Сызранском районах), а также к югу (Прикаспийская впадина) и северу (Вятский район) от них шло отложение не сапропелитов, а обычного нормального осадка гемипелагического типа. Во вторую половину века Perisphinctes Panderi картина существенно меняется. Правда, мы не знаем, каковы в то время были условия в средних частях бассейна (Подмосковный район, рр. Унжа, Сура), так как осадки, образовавшиеся в это время, до нас не сохранились. Но на остальной территории мы наблюдаем определенные изменения, заключающиеся в том, что образование сланцев не только продолжается в прежних районах (Заволжье), но захватывает и новые места. В связи с этим сланцы появляются, с одной стороны, на правобережьи Волги (Ундоры — Кашпир), с другой — на севере: в бассейне рр. Маломы, Вятки, Кобры и Сысолы.

Если мы прибавим к этому, что во всех перечисленных пунктах именно ко второй половине века приурочивалось отложение наиболее мощных и богатых органическим веществом сланцев, то можно будет со значительной долей вероятия принять, что на эпоху второй половины века P. Panderi и начала V. virgatus падает максимум сланцеобразования за все нижневолжское время.

Познакомившись с условиями залегания сланцев, можно перейти к описанию петрографических, химических и биологических особенностей их, а также и вмещающих их пород.

## II. Петрографические, химические и палеонтологические особенности нижневолжских горючих сланцев

### 1

Нижневолжские горючие сланцы представляют собой образование весьма однообразное по внешним морфологическим признакам. В подавляющем большинстве случаев в свежем, не выветрелом состоянии — это темносерая, почти черная или же коричневая сланцеватая глинистая порода, плотная, в воде не размокающая, сравнительно легкая, деревянистая, в сухом виде более или менее легко загорающаяся от спички и резко пахнущая битумом.

При первом же знакомстве с горючими сланцами две черты их резко бросаются в глаза: обилие фауны и характерная пятнистость породы. Следы органических остатков в виде раковин или отпечатков аммонитов, пелециипод, гастропод, брахиопод и т. д. встречаются в сланцах всюду в огромном количестве, и в сущности почти невозможно выбить ни одного даже незначительного кусочка, на раколе которого не было бы признаков какой-либо органической формы. Следует заметить, однако, что в большинстве случаев раковины чрезвычайно утонены, а иногда от них сохраняется в сущности только тончайшая известковая пленка; в особенности это касается раковин Orbiculoidea maeotis и аммонитов; часто они кажутся точно нарисованными на породе тончайшей акварелью. Наоборот, белемниты, брахиоподы, частью пелециподы сохраняют свои раковины полностью, хотя обычно последние бывают раздавлены, расплющены, раздроблены и совершенно не поддаются извлечению из породы. Только сравнительно в очень редких случаях сланцы (вторично, в силу растворения и выщелачивания $CaCO_3$) оказываются лишенными органических остатков и тогда представляют собой однородный черный или коричневый кусок очень легкой деревянистой породы. Такая «безраковинная» разность известна мне по образцам, показанным И. К. Илларионовым из бассейна р. Свияги, и по собственным наблюдениям — с Общего Сырта (хут. Макаров).

Что касается «пятнистости» нижневолжских горючих сланцев, то она очень своеобразна и характерна для них не меньше, чем богатство фауной. Обычно пятна представляются в виде полос или лент, значительно более светлых, чем окружающая порода, около 1 *см* шириной и несколько (до 10—12) сантиметров длиной. Все эти полосы разбросаны на поверхности раскола в полном беспорядке, пересекают друг друга под любыми углами, то скучиваются, образуя как бы сплетение, то разре-

жаются, только изредка прорезывая общий темный фон породы. Иногда, — хотя и далеко не всегда, — можно наблюдать, как эти ленты, явственно дихотомически, ветвятся. Вероятно, именно эта дихотомия их в связи с общим «водорослеобразным» видом и послужила причиной того, что описываемые образования были приняты за «отпечатки фукоидов» и в таком виде фигурировали до сих пор в литературе [3, 4]. Легко убедиться, однако, что ничего общего с «фукоидами» эти образования не имеют. Так, внимательный осмотр убеждает прежде всего, что описанные образования совсем не отпечатки. Если разрубить сланец перпендикулярно «водоросли», то на поперечном сечении легко видеть, что такой «отпечаток» имеет совершенно осязаемую толщину, обычно в 1—2 *мм*, потому выглядит удлиненным овалом. Так как в действительности настоящие отпечатки толщины не могут иметь (у них есть только два измерения), то ясно совершенно, что наш отпечаток совсем не отпечаток, а какое-то иное образование. Изучая эти образования дальше, можно найти, что порода, их слагающая, в некоторых отношениях совершенно отлична от окружающей. Так, она содержит (по специальным определениям) значительно меньше C и, наоборот, значительно больше $CaCO_3$, т. е., другими словами, это тот же сланец, из которого как бы извлекли значительную часть органического вещества и обогатили углекислым кальцием. Замечательно, что последнее обстоятельство легко уловить и на-глаз: в серой глине, образующей «водорослеобразные» ленты, явственно концентрируется мелкий раковинный детритус, которых хотя в окружающей породе и имеется, но в значительно меньшей степени *.

Далее, в ряде случаев можно видеть, что «водорослеподобное» образование легко откалывается, отскакивает от вмещающей его породы в виде тонкой длинной пластинки, явно представляя собою образование, чуждое по отношению к ней. Наконец, наблюдая достаточное количество разнообразно ориентированных «лент», мне удалось найти среди них такие, которые расположены не горизонтально, а под углом к горизонту и, наконец, даже вертикальные. Чрезвычайно любопытным при этом оказалось то, что поперечное сечение такого «образования» из вытянуто-овального превратились постепенно в округло-овальное и, наконец, почти идеально круглое. Эти наблюдения показывают отчетливо, что «отпечатки фукоидов» в действительности являются отнюдь не отпечатками, а некоторыми цилиндрическими пустотами, как бы ходами, в самых разнообразных направлениях пересекающими сланец и выполненными какой-то иной породой, чем сам сланец. Если бы мы попробовали обсудить, что это могут быть за ходы, то самым вероятным оказалось бы, что это были ходы червей, в колоссальном изобилии живших в илу в момент накопления последнего. В пользу такого объяснения структуры сланца говорит то обстоятельство, что, во-первых, в современных морских условиях (Черное море, лиманы) илистый

---

* Так, содержание C и $CaCO_3$ в сланце и в ходах для трех типичных проб выражается следующими цифрами (в процентах):

| | C в сланце | C в ходах | $CaCo_3$ в сланце | $CaCO_3$ в ходах |
|---|---|---|---|---|
| Кашпир, пласт II . . . . | 13,20 | 3,84 | 10,20 | 21,29 |
| Ундоры, пласт III . . . | 12,45 | 3,45 | 17,64 | 27,64 |
| Общий сырт, пласт II . | 24,86 | 4,21 | 21,68 | 48,84 |

грунт с большим количеством разлагающегося органического вещества действительно дает приют массе мелких и крупных червей; во-вторых, что среди тогдашнего населения моллюсков, которое мы знаем, изучая фауну сланцев (см. ниже), нет родов, которые, насколько мы можем судить на основании сравнения с современностью, отличались бы такой способностью делать ходы; наконец, в-третьих, и размеры, и тип, и расположение таких ходов (в подавляющем большинстве близкое к горизонтальному) резко отличаются от того, что делают моллюски, ходы которых обычно и короче размерами и поставлены под крутым углом к горизонту. Таким образом наблюдения над пятнистостью вскрывают характернейшую текстуру сланца: он состоит из неслоистого, но слежавшегося, спрессованного и потому сланцеватого, сильно обогащенного битумом и раковинными остатками ила, который весь изрешетен, пронизан сетью переплетающихся ходов червей (?), выполненных по всей видимости (по крайней мере отчасти) их копролитами. Из других макроскопических уловимых признаков породы необходимо указать на некоторые минеральные новообразования, наблюдающиеся в сланце. В свежих невыветреных образцах эти новообразования сводятся, в сущности, к двум видам: сернистому железу и $CaCO_3$. Первый из них встречается в двух формах. Это, во-первых, длинные лепешкообразные конкреции неправильных очертаний в самом сланце (здесь $FeS_2$ находится едва ли не в форме марказита), а, во-вторых, псевдоморфозы по раковинам, обращающие порой всю раковинную банку в красиво поблескивающие (желтоватым цветом) пиритовые корочки. Должно сказать, однако, что этот макроскопический пирит не пользуется широким распространением и количественно, несомненно, уступает микроскопическому пириту, о котором говорится ниже.

Новообразования $CaCO_3$ в сланце весьма оригинальны. Они представляют собой продолговатые цилиндрические тела размерами до 2 *см* по большой оси и до 0,5 *см* перпендикулярно ей. Образующее их вещество заметно отличается от вмещающей породы своим светлошоколадным цветом. При погружении в 10%-ную HCl части такой конкреции она начинает первое время очень интенсивно выделять $CO_2$ со всей поверхности кусочка, указывая тем самым на то, что главная масса материала ее состоит из $CaCO_3$. Далее, однако, картина меняется. Сохраняя свою форму полностью, конкреция начинает выделять $CO_2$ только со своего переднего и заднего концов, где есть свежая поверхность разлома, и только с некоторых частей боковой поверхности. По окончании растворения $CaCO_3$ от конкреции остается почти цельная цилиндрическая пленочка, темнобурого, почти черного цвета. Одновременно с растворением конкреции раствор окрашивается в коричневато-бурый цвет, что зависит от наличия мельчайше распыленных частичек того же бурого вещества.

Для дальнейшего исследования бурая масса помещалась в тигель и прокаливалась. При этом бурая окраска исчезала нацело, а в тигельке оставались серые, довольно неплотные комочки (зерна), в HCl не растворяющиеся. Эти пробы показывают, что, хотя главная масса конкреции и состоит из $CaCO_3$, но конкреция включает в себя, кроме того, и некоторую долю органических веществ (бурая окраска, уничтожающаяся при прокаливании).

Таковы минеральные новообразования в свежих, невыветреных образцах. При выветривании число и разнообразие их возрастают. Не входя в подробное описание, отметим только, что минералы, возникающие

при выветривании горючих сланцев, совершенно укладываются в ту общую схему вторичных минералогических новообразований, какая дана покойным Самойловым для глин [80].

Так, мы наблюдаем в сланцах прежде всего $CaSo_4 \cdot 2H_2O$ либо в виде крупных стеклянно-прозрачных, или слегка мутных, загрязненных кристаллов, располагающихся по трещинам, либо в виде белой мучнистой присыпки. Далее — обильные пятна $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$. Наконец, в сильно выветрелых разностях — серножелтую пудру ярозита.

Изучение под микроскопом прозрачных шлифов позволяет глубже заглянуть во внутреннее строение сланцев. При этом оказывается, что в составе их можно, вслед за М. Д. Залесским, давшим первое обстоятельное описание микроскопии сланца [7], различить два хорошо выделяемых компонента: 1) органическое вещество, образующее главную массу породы; 2) разнообразные тела, включенные в органическое вещество и играющие всегда подчиненную роль.

Органическое вещество, образующее основу породы, представляет светложелтую или коричневато-желтую массу, которая состоит из накопления горизонтально залегающих, неясно очерченных и слабо выраженных более или менее линзовидных хлопьев, к центру более темных, к периферии светлеющих и как бы расплывающихся. Благодаря однообразному горизонтальному залеганию хлопьев создается, на первый взгляд, видимость тончайшей слоистости, которая в действительности отсутствует, так как в натуре хлопья не образуют непрерывных прослеживающихся образований и, кроме того, между этими слоями отсутствует слоеобразно же залегающий инородный материал, комбинация которого с органическими слоями и дала бы настоящую слоистость. Мне кажется поэтому необходимым выделить наблюдающуюся текстуру в особый тип текстур, который можно было бы назвать пленчатым или хлопьевидным.

Применение больших увеличений (до 500) позволяет глубже заглянуть во внутреннюю структуру органического вещества. При этом оказывается, что центральные уплотненные части хлопьев обычно сохраняют свою гомогенность; на периферии же, где плотность меньше, становится возможным обнаружить более сложную структуру. В этих периферических частях на фоне гомогенного вещества вскрываются многочисленные мельчайшие гранули, которые при подвижках тубуса вверх и вниз то появляются, то исчезают, свидетельствуя, что такие гранули располагаются по всей толщине шлифа. При скрещенных николях гранули, как и гомогенное вещество, гаснут, что и указывает на их одинаковую химическую природу.

Можно думать, что эти гранули входят и в центральные части хлопьев, но только не заметны там из-за большей плотности этих участков.

Таким образом можно принять, что органическое вещество вообще состоит из накопления мельчайших органических зерен, спаянных аморфным, гомогенным же органическим цементом.

На фоне органического вещества выступают различные включения. Из них наиболее часто встречается кальцит. Формы его довольно однообразны. Это — либо отдельные мельчайшие зернышки, либо мелкие перекристаллизованные обломки самых неправильных очертаний. Количество их варьирует от очень незначительного до сравнительно большого. При скрещенных николях, когда органическое вещество погасло, радужные

пятна кальцита поэтому то светят одинокими точками, то сияют целыми гнездами и кучками.

Вторую категорию тел, включенных в органическое вещество, образуют остатки организмов растительного и животного происхождения. Из них мне удалось наблюдать только разрезы раковин фораминифер и споры в виде продолговатых линзовидных образований со следами полости посредине. Замечательно полное отсутствие в шлифах узнаваемых остатков раковин тех многочисленных форм животных, какие прекрасно видны на сланце макроскопически. Это стоит, несомненно, в связи с тем, что, как было уже отмечено выше, подавляющая масса раковин истончена, растворена и сведена почти к отпечаткам. Залесский [7] упоминает еще о ряде образований в сланце, которые в моих шлифах либо отсутствуют, либо не были узнаны. «Из остатков растительного происхождения, — пишет он, — обнаружены нередко встречающиеся обрывки тканей, особенно много их в виде трухи. Остатки сильно измененные, побурившие; из узнаваемых обрывков тканей нередки части трахеид». Далее, им установлено наличие водорослей из родов Oscillatoria и Pediastrum. Наконец, «несомненно, к водорослям надо отнести нити, обнаруженные в студенистой массе препарата сланца из Кашпирского рудника, пласт II. Эти нитчатые водоросли могли быть зелеными нитчатками или сине-зелеными, близкими к современным осцилляториям. Решить этот вопрос не представляется возможным». «К остаткам животной жизни надо отнести те ходы, которые обнаружены были в слизистой массе оранжево-желтого цвета...

Находящиеся в ходах шаровидные тельца могут быть приняты за яички. Вероятно, остатками животной жизни надо также признать небольшие, — иногда большие, — оранжевые массы лепешковидной формы. По сходству их с такими же образованиями в богхедах и горючих сланцах, описанных Ch. Bertrand'ом, надо признать их за копролиты, за которые подобные тельца признаются этим ученым. В нижневолжском горючем сланце они резко бросаются в глаза только при более значительной величине, так как при небольших размерах своих трудно отличимы от обычных комочков геля. К числу интересных находок в нижневолжском горючем сланце надо отнести членистые тела, в которых можно видеть членистых червей из группы щетинконогих малощетинковых (Oligochaetae) или, быть может, членистых личинок насекомых (? — *Н. С.*)».

Из других образований, наблюденных в шлифе, нужно упомянуть о мелких остроугольных зернах кварца (размерами 0,01—0,15 *мм*), редких зернах глауконита, обычно более крупных, чем зерна кварца, находец, о сернистом железе. Последнее встречается в двух формах. Во-первых, в виде заполнений пустот раковин фораминифер. Во-вторых, в виде мелких идеально округленных зернышек, то одиночных, то сливающихся в конкреции размерами в 0,01—0,02 *мм*. Заметим, что эта вторая форма распространена не везде равномерно. Так, например, в шлифах из пласта II (пачка первая) Общего Сырта описываемая точечная разность крайне редка, и вообще сернистого железа очень мало. Наоборот, в шлифах из Кашпирского и Ундорского месторождений микроскопические шарики его чрезвычайно обильны и, так сказать, насыщают шлиф. Любопытно при этом, что никакой приуроченности к отдельным хлопьям или центральным частям их шарики не обнаруживают, но распределяются совершенно независимо от сгущений и разрежений органического вещества.

Чтобы закончить характеристику микроструктуры породы, остается

сказать, что перечисленные выше образования даже в том случае, если их в шлифе много, никогда не образуют никакого слоеобразного расположения. Все они включены в породу беспорядочно и как бы «висят» в ней.

2

Из предыдущего следует, что в образовании нижневолжских сланцев как породы принимают участие четыре явственно различимых компонента, а именно: терригенный, обломочный материал, карбонат кальция (возможно и магния), органическое вещество и, наконец, минеральные новообразования, представленные единственной почти формой — сернистым железом. При изучении горючих сланцев невозможно, конечно, ограничиться только качественно констатацией такого состава, но необходимо подвергнуть его и количественному изучению. Наиболее удобным путем для этого будет количественное химическое определение каждого из указанных компонентов. Что касается методики, применявшейся при этом, то она очень проста.

Наиболее легким является определение карбонатов. Здесь возможно итти двумя путями: либо определяя $CaO + MgO$ в слабой солянокислой вытяжке, либо определяя $CO_2$ — в аппарате Кноппа — и потом перечисляя на $CaCO_3$. Нами был выбран этот последний путь как наиболее быстрый и удобный.

Перечисляя полученное количество $CO_2$ на $CaCO_3$, мы, конечно, совершаем некоторую ошибку и качественно и количественно, потому что в минеральных остатках, конечно, кроме $CaCO_3$ встречается еще $MgCO_3$. Ошибка эта, однако, совершенно ничтожна, ибо, как показали специальные определения, содержание $MgCO_3$ обычно незначительно *.

Несколько сложнее обстоит дело с определением количества органического вещества, заключенного в породе. Наиболее правильным путем было бы производство для каждой пробы элементарного анализа, т. е. определение C, H, O, N, S. Дороговизна подобного рода определений заставляет, однако, искать других, более простых и доступных путей. Таких путей, собственно, два. Первый из них заключается в том, чтобы, проделав ряд элементарных анализов, определить коэфициент перехода от углерода ко всей массе органического вещества и в дальнейшем вести определение только одного углерода, каждый раз пересчитывая его на органическое вещество. Благодаря любезности Н. М. Попова, а также литературным данным, в моих руках имеется 13 полных анализов, и таким образом мы можем вывести нужный нам коэфициент. Не приводя этих анализов здесь, — это сделано несколько ниже, — укажу только, что полученные значения переходного коэфициента колеблются от 1,40 до 1,60, в среднем же 1,50. Несомненно, применяя этот коэфициент, мы в каждом частном случае делаем некоторую ошибку. Нужно иметь в виду, однако, что: 1) ошибка эта невелика и обычно не будет превосходить 10—15% от общего количества органического вещества; 2) что при массовых анализах ошибки эти уравновесят друг друга и полученная картина будет близко передавать действительность. Другой путь значительно проще. Проба, высушенная при 100°, прокаливается, опре-

* По данным лаборатории НГРИ, имеются следующие соотношения $CaCO_3$ и $MgCO_3$ (в процентах):

| | $CaCO_3$ | $MgCO_3$ |
|---|---|---|
| Кашпир, слой 1-й . . | 31,88 | следы |
| Ундоры, пласт II . . . | 29,69 | 0,74 |
| Общий Сырт . . . . . | 18,18 | 2,18 |

деляется потеря; затем эта потеря поправляется вычитанием $CO_2$, специально определенного, и остаток рассматривается как приближенное содержание в породе органического вещества. Что такой прием возможен, вытекает из того обстоятельства, что в наших условиях потеря при прокаливании может состоять только из $CO_2$ и органического вещества. Правда, здесь участвует еще и вода, которую нельзя изгнать указанным выше высушиванием, но количество последней незначительно, а значит, при массовых наблюдениях она не может оказать вредного действия. В дальнейшем мы будем пользоваться и тем и другим путем.

Способы выделения минеральных новообразований также просты. Как мы знаем, в сланце (если брать достаточно свежие образцы) минеральные новообразования чрезвычайно однообразны и сводятся, в конечном счете, к трем телам: сернистому железу, гипсу и глаукониту, причем последний играет по сравнению со вторым исчезающе малую роль. Таким образом количественное определение минеральных новообразований можно свести к определению сульфатной и сульфидной серы и к соответствующим пересчетам. Эта методика и была принята. Что же касается количественного определения терригенной части, то за характеристику ее принималося остаток от прокаливания за вычетом CaO.

Возможность такого приема вытекает из того, что минеральные новообразования, определенные по изложенному выше методу, оказываются количественно незначительными (не свыше 3—4%). Данные, полученные изложенной методикой, выраженные в процентах, собраны в таблицах I, II и III (стр. 215, 216 и 217).

Изучая данные приведенных анализов, можно сделать несколько не безинтересных выводов и наблюдений.

Если исключить нижние IV, V и VI пласты разреза у с. Кашпир, которые правильнее назвать битуминозною глиною, то окажется, что количество органического вещества в сланцах варьирует чрезвычайно сильно, начиная от 11—14% до 50—54% как максимум. Наибольшим распространением при этом пользуются сланцы с относительно низким содержанием органического вещества от 14 до 30%. Следует отметить, однако, что и более высокие значения органического вещества от 40 до 50% встречаются отнюдь не как исключение. Сланцы с таким именно содержанием его образуют верхний пласт у Кашпира, низы первой пачки (2-й слой) на Общем Сырте (север и юг), наконец, встречаются в третьей пачке на юге Общего Сырта (Солянка, Таловка). Эти максимальные значения органического вещества очень любопытны. Если мы припомним, что класс углей по современным представлениям[240a] начинается как только содержание органических веществ достигнет (и превысит) 60%, то окажется, что нижневолжские сланцы образуют почти всю гамму постепенных переходов от обычного морского осадка к настоящим углям.

Соответственно с колебаниями в содержании органических веществ и остальные два существенных компонента осадка испытывают значительные изменения в количестве. Так, содержание $CaCO_3$ изменяется от 3,76 до 43,81%, хотя в огромном большинстве случаев колеблется между 10% и 20%. Количество обломочного материала изменяется от 18,56% как минимум до 65% как максимум, причем наиболее часто встречаются значения от 40 до 60%.

Несмотря на описанную большую изменчивость компонентов, входящих в состав сланцев, все же одна основная черта нижневолжских сланцев выступает совершенно отчетливо: это настоящие пелиты, основ-

*Таблица I*

Сланцы Общего Сырта

| Местонахождение образца | Влажность | $CO_2$ | $CaCO_3$ | C | Органическое вещество | Терригенный материал. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **С. Сергеевка** | | | | | | | |
| **Первая пачка** | | | | | | | |
| 1 слой (средняя проба) . . . | 3,50 | 7,34 | 16,66 | 9,51 | 13,76 | 69,58 | Данные И. С. Забнина, обработанные согласно изложенн. методике |
| II пл. Первая (средн. проба) | 12,13 | 1 66 | 3,76 | 33,56 | 50,24 | 40,3 | |
| II пл. Вторая „ „ | 8,35 | 15,99 | 36,30 | 33,22 | 49,81 | 18,56 | |
| II пл. Третья „ „ | 7,18 | 7,88 | 17,88 | 32,91 | 49,37 | 31,67 | |
| **Вторая пачка** | | | | | | | |
| III пл. Первая (средн. проба) | 5,63 | 8,97 | 20,36 | 12,46 | 18,69 | 60,14 | |
| III пл. Вторая „ „ | 7,53 | 8,05 | 18,27 | 11,90 | 17,85 | 62.44 | |
| III пл. Третья „ „ | 5,68 | 10,60 | 24,06 | 13,51 | 20,26 | 56,48 | |
| **Четвертая пачка** | | | | | | | |
| IV пл. Первая (средн. проба) | 5,40 | 14,28 | 32,41 | 11,96 | 17,94 | 52,41 | |
| IV пл. Вторая „ „ | 4,20 | 1,98 | 4,49 | 17,62 | 26,43 | 65,86 | |
| **Хут. Макаров** | | | | | | | По данным Кацаурова [15] |
| **Первая пачка** | | | | | | | |
| 2 сл. Первая (средн. проба) | 14,16 | 2,43 | 5,51 | 33,49 | 50,23 | 41,41 | Сев.-вост. часть |
| 2 сл. Вторая „ „ | 7,40 | 4,81 | 9,71 | — | 54,70 | 35,59 | Вост. часть |
| 2 сл. Третья „ „ | 6,76 | 5,26 | 11,93 | — | 41,80 | 46,28 | Юго-вост. часть |
| 2 сл. Четвертая „ „ | 10,23 | 2,71 | 6,15 | — | 38,89 | 54,97 | Сев.-зап. часть |
| 2 сл. Пятая „ „ | 14,12 | 2,81 | 6,37 | — | 50,85 | 42,18 | Зап. часть |
| 2 сл. Шестая „ „ | 1,93 | 9,55 | 21,67 | — | 38,70 | 39,63 | Юго-зап. часть |
| Генер. проба этого же пласта . . . . . | 11,26 | 3,18 | 7,21 | 32,87 | 49,30 | 41,20 | |
| Первая пачка: Первая проба . . . | 4,78 | 9,78 | 22,20 | — | 22,57 | 55,23 | Сев.-вост. уч. |
| Первая пачка: Вторая „ . . . | 4,56 | 6,85 | 15,54 | — | 21,68 | 62,78 | Вост. уч. |
| Первая пачка: Третья „ . . | 5.27 | 8,47 | 19,16 | — | 22,16 | 58,68 | Юго-вост. уч. |
| Первая пачка: Четвертая „ . . | 5,22 | 7,89 | 17,91 | — | 20,32 | 61,77 | Сев.-западн. уч. |
| Первая пачка: Пятая „ . . . | 6,28 | 6,48 | 14,70 | — | 21,73 | 64,10 | Зап. уч. |
| Первая пачка: Шестая „ . . . | 2,70 | 10,40 | 23,60 | — | 21,71 | 54,59 | Юго-западн. уч. |
| Генеральная проба . . | 5,66 | 6,91 | 15,68 | 13,51 | 20,21 | 62,65 | |
| Третья пачка — нижний надфосфоритовый горизонт, генеральная проба . . . . | 5,85 | 11,34 | 25,74 | 12,74 | 19,11 | 53,30 | |
| **Юг Общего Сырта, Солянка, Таловка** | | | | | | | Данные Н. М. Попова [14] (обработанные) |
| 1) Дудка 4, пл. I . . . . . | 5,00 | 7,28 | 16,52 | 19,1 | 27,98 | 55,50 | Вторая пачка |
| 2) Шурф 10, пл. II . . . . | 7,25 | 7,25 | 16,48 | 22,0 | 31,27 | 52,25 | Вторая пачка |
| 3) Шурф 17, пл. I . . . . | 7,69 | 6,85 | 6,85 | 34,81 | 48,43 | 36,52 | Повидимому пачка первая, сл. 2-й |
| 4) Дудка 20, пл. III . . . . | 4,74 | 7,08 | 16,07 | 24,38 | 35,15 | 48,77 | Третья пачка |
| 5) Шурф 22, пл. I . . . . | 4,89 | 8,01 | 18,18 | 27,39 | 45,49 | 41,33 | Третья пачка |
| 6) Шурф 22, пл. I . . . | 4,59 | 7,88 | 17,88 | — | 47,23 | 34,89 | Третья пачка |
| 7) Дудка 36. . . | 9,21 | 6,68 | 15,16 | 25,97 | 36,57 | 48,26 | Третья пачка |
| **Савельевка** | | | | | | | |
| Скв. 1, сл. 51а . . . . . | 3,26 | — | — | 4,53 | 6,80 | — | |
| „ 1, сл. 52б . . . . . | 4,02 | 10,43 | 23,67 | — | ок. 28 | 48,00 | Вторая пачка |
| „ 1, сл. 38 . . . . . | 3,20 | 7,60 | 17,20 | — | — | 69,14 | |
| „ 1, сл. 39 . . . . | 4,05 | — | — | — | — | — | |
| „ 1, сл. 47 . . . | 2,77 | 10,39 | 23,60 | — | 25 | 51,28 | Вторая пачка |

*Таблица II*

Сланцы Кашпира

| Местонахождение образца | Влажность | $CO_2$ | $CaCO_3$ | C | Органическое вещество | Терригенный материал (потеря от прокаливания — CaO) | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Слой 1-й** | | | | | | | |
| Верх (скв. 7) . . . . . | 3,38 | 16,74 | 37,99 | — | около 30 | 29,61 | |
| То же низ (скв. 11) . . . | 4,10 | 15,22 | 34,54 | — | около 35 | 26,08 | |
| **Слой 2-й** | | | | | | | |
| Скв. 11 . . . . . | 4,17 | 7,80 | 17,70 | — | около 39 | 39,72 | |
| Скв. 7 . . . . . | 4,77 | 7,52 | 16,77 | — | около 44 | 38,03 | |
| **Слой 3-й** | | | | | | | |
| Скв. 7 . . . . . | 5,00 | 6,60 | 14,98 | — | около 29 | 51,89 | |
| Скв. 11 . | 5,31 | 8,11 | 18,40 | — | около 42 | 34,62 | |
| **Слой 4-й** | | | | | | | |
| Скв. 11 (верх) . . . . | 3,22 | 19,30 | 43,81 | — | около 15 | 37,69 | |
| Скв. 11 (середина) . . . | 4,72 | 10,53 | 23,90 | — | около 6 | 66,63 | |
| Скв. 11 (низ) . . . . . | 5,08 | 16,92 | 15,70 | — | около 6 | 74,36 | |
| Слой 5-й . . . . . | 4,65 | 7,1 | 16,11 | — | около 4 | 74,94 | |
| **Слой 6-й** | | | | | | | |
| Скв. 11 . . . . . | 4,31 | 6,67 | 15,14 | — | около 4 | 74,66 | Данные Вайполина |
| Без указания слоя, вероятно 1-й . . . . . | 8,35 | — | — | 40,94 | около 61 | — | |
| То же, вероятно, сл. 2—3-й | 16,68 | 6,93 | 14,82 | 25,10 | 37,6 | 39,61 | Анализы Саратовского университета |
| То же, вероятно, сл. 3—2-й | 11,13 | 10,88 | 24,69 | 14,50 | 21,7 | 49,17 | |
| Без указания слоя, вероятно, 2—3-й . . . . . | — | 5,60 | 12,71 | 25,41 | 42,49 | 44,80 | |
| То же . . . | — | 5,00 | 11,35 | 21,47 | 35,00 | 53,65 | |

*Таблица III*

Сланцы Ундор

| Местонахождение образца | Влажность | $CO_2$ | $CaCO_3$ | Органическое вещество | Терригенный материал |
|---|---|---|---|---|---|
| I пл. дудка 17 | 6,53 | 7,12 | 6,16 | 13 | 64,63 |
| I пл. дудка 19 | 8,12 | 4,73 | 10,73 | 38 | 44,00 |
| II пл. дудка 17 | 7,91 | 0,84 | 1,90 | 44 | 45,19 |
| II пл. дудка 19 | 4,96 | 11,84 | 26,87 | 22 | 46,36 |
| III пл. дудка 17 | 3,83 | 10,89 | 21,72 | 12 | 59,62 |
| III пл. дудка 19 | 4,70 | 13,22 | 30,00 | 16 | 48,85 |
| IV пл. дудка 17 | — | — | — | — | — |
| IV пл. дудка 19 | 3,72 | 14,12 | 31,62 | около 20 | 44,80 |
| V пл. дудка 17 | — | — | — | — | — |
| V пл. дудка 19 | 3,79 | 14,30 | 32,46 | около 20 | 43,92 |
| VI пл. дудка 17 | 4,19 | 6,69 | 15,20 | около 18 | 62,39 |
| VI пл. дудка 19 | — | — | — | — | — |

ную массу которых всегда составляет либо один обломочный материал, либо обломочный материал вместе с органическим веществом, и в которых карбонаты всегда и неизменно играют весьма подчиненную роль. В этом — основное отличие нижневолжских сланцев от палеозойских морских битуминозных пород, которые, наоборот, всегда бывают (по крайней мере на территории Союза) прежде всего карбонатными образованиями, с той или иной примесью пелитового и органического материала.

Что касается содержания минеральных новообразований, то оно в общем очень невелико и вместе с тем весьма изменчиво.

В нашем распоряжении имеются 10 серий определений, дающих в процентах следующую картину:

| Местонахождение образца | S (сульфат) | $CaSO_3$ | S (сульфид) | $FeS_2$ | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|
| **Хут. Макаров** | | | | | |
| Генеральная проба II пласта первой пачки | 0,76 | 3,23 | 0,73 | 1,39 | |
| То же для второй пачки | 0,02 | 0,085 | 0,026 | 0,048 | |
| **Ст. Сергеевка** | | | | | |
| Индивидуальные пробы II пласта первой пачки | от 0,09 до 0,75 | от 0,38 до 3,18 | от 0,40 до 1,13 | от 0,72 до 2,12 | 6 проб |
| **Ундоры, пласт II** | 0,32 | 1,38 | 0,28 | 0,53 | |
| **Кашпир** | 0,16 | 0,69 | 0,06 | 0,11 | |

Таковы данные об общем составе нижневолжских горючих сланцев. Так как эта порода, как видим, часто чрезвычайно обогащена органическим веществом, то совершенно естественно попытаться дать более конкретную качественную характеристику этому органическому веществу. К сожалению, в нашем распоряжении не имелось возможностей для углубленной работы в этом направлении, и потому дальнейшее лишь в незначительной мере представляет новые материалы, полученные в битумной лаборатории НГРИ, руководимой В. Г. Пуцилло, в основном же является сводкой уже имеющихся, но разрозненных химических данных.

Первым вопросом при качественной характеристике органического вещества является вопрос об элементарном составе его, в особенности о соотношениях C и H.

Проф. Раковский [10] дает следующие цифры элементарного состава органического вещества по отношению к самой массе его. Пробы происходят, повидимому, из II пласта первой пачки Общего Сырта, который собственно и является промышленным. (Результаты анализов даются в процентах.)

| Местонахождение пробы | Органич. масса вещества | C | H | N | S | O |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Шурф 22, сл. 2-й, техн. проба . . . . . | 40,49 | 63,39 | 7,84 | 1,20 | 7,36 | 20,25 |
| Шурф X, сл. 2-й . . . . . | 31,27 | 62,60 | 8,92 | 1,21 | 7,30 | 19,97 |
| Дер. Ильясово, II пласт . . . . . | 54,64 | 63,12 | 7,69 | 1,13 | 7,60 | — |
| Шурф. 17, сл. 1-й . . . . . | 48,43 | 63,18 | 7,93 | 1,15 | 7,95 | 21,37 |
| Место взятия пробы неизвестно . . . . | 24,98 | 62,24 | 8,81 | 1,49 | 6,10 | 21,36 |

К этим данным можно присоединить три анализа Орлова [22] для буинских сланцев, давших в процентах такие результаты:

| | В органической массе C | H |
|---|---|---|
| Вурнарский слой . . . . . | 61,60 | 7,41 |
| Буинский слой . . . . . | 61,27 | 7,34 |
| Норваш-шигалинский слой | 60,92 | 7,26 |

В литературе имеется целый ряд еще и других элементарных анализов нижневолжских сланцев [13—15, 1—3]. Следует заметить, однако, что все значения C, H, N, S, O даны в них по отношению к породе (O, конечно, по разности). И так как пересчет этих цифр на органическое вещество чрезвычайно затруднен и становится неопределенным, если количество последнего в целом не определялось специально, то естественно сами анализы делаются несравнимыми с вышеприведенными цифрами и, следовательно, теряют интерес и смысл. Поэтому в суждении о составе органической массы мы должны ограничиться только вышеприведенными данными.

Конечно, строить большие заключения на таком небольшом материале очень трудно, но некоторые черты в этом материале отметить все же можно.

Так, необходимо прежде всего указать на значительное однообразие состава органической массы сланца, которая одна и та же не только для территории Общего Сырта, но и для чрезвычайно удаленного от нее района чувашских сланцев. Вместе с этой однообразностью бросается

в глаза и значительное своеобразие органической массы нижневолжских сланцев, которые резко выделяются среди других родственных категорий каустобиолитов (торф, бурый уголь, каменный уголь, и пр.). Для того чтобы сравнение было нагляднее, приведем некоторые цифры. В «Химии угля» Г. Л. Стадникова 24а мы найдем, например такие значения (в процентах):

| Сапропелитовые образования (балхашит, курингит, мезозойские богхеды) | C | H | N | S | O |
|---|---|---|---|---|---|
| | 79,76—до 79,7 | 8,9 до 12 | 0,1—2,6 | 0,6—1,24 | 7,5—13,74 |

| | | | O + N + S |
|---|---|---|---|
| Бурые угли . . . . . | 67—78 | 5 | 27,9—17 |
| Каменные угли . . . . . | 80—91 | 5 | 15—4,5 |

Сравнение этой таблицы с предыдущей обнаруживает действительно, что нижневолжские сланцы обладают своеобразным составом органической массы и не подходят ни под одну категорию каустобиолитов. Что касается сравнения с другими сланцами территории Союза, то оно невозможно за отсутствием нужного материала. Однако и в этом направлении, повидимому, имеются значительные различия. В качестве доказательства укажу на давно известное отличие нижневолжских сланцев от кукерситов, например, заключающееся в несравненно более высоком содержании в них органической серы.

Итак, органическое вещество нижневолжских сланцев по своему элементарному составу, повидимому, значительно отлично от других сходных образований. Это его первая особенность. Вторая заключается в чрезвычайной стойкости по отношению ко всевозможным растворителям — органическим и неорганическим. В качестве доказательства можно привести следующие цифры спиртобензольной и щелочной вытяжек (лаборатория НГРИ):

Спиртобензольная вытяжка

| | От породы (в %) | | От органич. вещества (в %) |
|---|---|---|---|
| | Битум А | Битум С | Битум А + Битум С |
| Кашпир, сл. 1-й . . . . . | 1,58 | 0,86 | 6,1 |
| Ундоры, пл. II . . . . . | 3,76 | 3,10 . . . | 9,6 |
| Общий Сырт (хут. Макаров), пл. II . . . . . | 2,51 | 1,72 . . . | 6,7 |

Щелочная вытяжка

| | От породы (в %) | От органич. вещества (в %) |
|---|---|---|
| Кашпир . . . . . | 0,12 | 0,3 |
| Ундоры . . . . . | 0,42 | 0,56 |
| Общий Сырт . . | 0,88 | 1,4 (?) |

По данным Орлова, чувашские сланцы давали также очень незначительные цифры экстракта. Так, бензол извлекает 3%, сероуглерод — 0,8%, хлороформ — 2,0%, петролейный эфир — 0,05% (от породы).

В этом отношении органическое вещество нижневолжских сланцев опять-таки отлично от вещества углей всякого рода, которые, как из-

вестно, бывают обычно податливее либо в одном, либо в другом направлении. Так, по данным Стадникова, спиртобензольная вытяжка у богхедов доходит до 5—8%, у бурых углей — от 6—7 до 23%, у каменных, — в зависимости от месторождения, — от 9,5 до 0,5%. «С водной щелочью, — пишет тот же автор, — реагируют различные торфа, из которых удается извлечь 35—60% гуминовых кислот, и бурые угли, из которых одни сполна растворяются в щелочи..., а другие лишь отчасти. Каменные угли не содержат гуминовых кислот и поэтому не реагируют с водным раствором щелочи» [24]. Наоборот, в сравнении с другими горючими сланцами изучаемый объект достаточно однотипен, так как кукерит, например, по данным Фокина [25], также оказывается чрезвычайно стойким по отношению ко всевозможным растворителям, а, по данным Раковского [19], это вообще типично для всех битуминозных сланцев.

Химический состав экстрагированных веществ еще не подвергся изучению. Отметим только, что Н. А. Орлову с сотрудниками удалось установить в спиртовой вытяжке чувашских сланцев наличие хлорофилла. «При исследовании спиртобензольных экстрактов чувашских сланцев спектрокомпаратором, — пишет он, — авторы могли установить наличие характерных полос поглощения хлорофилла, совпадающих по положению с полосами хлорофильных экстрактов свежих растений» [22].

Третья характерная черта органической массы нижневолжских сланцев — это значительная неустойчивость при сухой перегонке, благодаря чему при этом процессе происходит улетучивание большей части органической массы и лишь меньшая доля ее остается в полукоксе. Для иллюстрации этого можно привести следующие цифры сухой перегонки общесыртовских горючих сланцев, даваемые Челинцевым.

При нагревании в электрической печи с медленным поднятием температуры с 250 до 550° в течение 4 часов получаются (в процентах) следующие продукты перегонки, считая на абсолютно сухой сланец:

| Местонахождение образца | Зольность средняя | Смола средняя | Газ средний | Кокс средний | Пирогенная вода | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Савельевский район . . . . . | 60,4 | 7,5 | 6,4 | 20,84 | 3,5 | 8 определений |
| Общий Сырт, район Солянки . . . | 44,1 | 11,6 | 16,4 | 21,1 | 6,7 | 5 „ |
| Общий Сырт, район Каменки . . . | 60,3 | 8,21 | 9,5 | 16,1 | 5,7 | 7 „ |

«Из приведенных данных, — пишет Челинцев, — можно видеть, что керген при перегонке распадается приблизительно таким образом, что дает 1 ч. смолы, 1 ч. газа и 1,5 ч. кокса», т. е. от всего органического вещества сланцев в жидкие продукты переходит всего 25—30% [20], а всего улетучивается около 57—60%. Такие же цифры, примерно, даются Стадниковым для кашпирских сланцев, у которых «при перегонке во вращающейся реторте Фишера в лучшем случае выход смолы составляет 15% на сухое вещество или в пересчете на органическую массу — 27,9%» [24].

Необходимо отметить, что эта особенность нижневолжских сланцев, в противоположность ранее разобранным, наоборот, близко роднит их

с другими каустобиолитами, в частности углями, где содержание летучих колеблется от нескольких процентов до 60 и даже выше.

При таком богатстве летучими представляет большой интерес ознакомление с продуктами перегонки как с количественной, так и с качественной стороны. Для этих целей может служить следующая таблица (в процентах) [10]:

| | Ундоры | Кашпир | Общий Сырт |
|---|---|---|---|
| $H_2S + COS$ | 18,94 | 27,38 | 38,81 |
| $CO_2$ | 15,92 | 14,51 | 11,34 |
| $C_nH_{2n}$ | 5,05 | 5,56 | 5,05 |
| CO | 3,76 | 3,56 | 9,46 |
| $O_2$ | 0,69 | — | — |
| $H_2$ | 23,24 | 21,97 | 15,67 |
| $CH_4$ | 10,01 | 13,69 | — |
| $C_2H_6$ | 5,05 | 6,57 | 19,67 |
| $N_2$ | 17,31 | 6,48 | — |

«В анализе ундорского сланца, — пишет Раковский, — выделяется ненормально большое содержание азота; вероятно, ... это азот окклюдированный. Из остальных составных частей газа необходимо указать на очень большое содержание серы в газе» [10]. Что касается химического состава дегтя, то еще Вальгис указывал на то, что в него входят представители всех трех категорий: нейтральные соединения, кислоты и основания [30]. Это обстоятельство впоследствии подтвердилось, хотя данные различных авторов и не вполне сходны друг с другом. Так, Орлов с сотрудниками нашел для чувашских сланцев такие цифры: «Содержание оснований определено в 3% (весовых) (от дегтя. — *Н. Страхов*)... Азота в них найдено 6,29, что позволяет заключить о преобладании высших гомологов пиридина или хинолина... Содержание фенолов в смоле невелико — всего 6,0% (весовых). Фенолы также преимущественно относятся к высшим, так как до 300° их отходит лишь 43%... Содержание кислот тоже невелико — всего 0,7%» [22]. Данные Раковского несколько иные. Так, по этому автору мы имеем (в процентах):

| Анализ дегтя | Кашпир | Общий Сырт |
|---|---|---|
| Содержание воды | 0,8 | 0,5 |
| „ золы | 0,08 | 0,06 |
| Нерастворим. в ксилоле | нет | нет |
| Нерастворим. в петролейном эфире | 13 | 14 |
| Удельный вес | 0,978 | 0,937 |
| Вязкость при 20° | 1,84 | 1,87 |
| t° вспышки | 45° | 37° |
| Теплотворная способность | 9500 | 9600 |
| C | 73,7 | 74,5 |
| H | 8,8 | 8,8 |
| N | 0,8 | 0,6 |
| S | 7,1 | 11,8 |
| O | 9,1 | 8,0 |
| Фенолов | 18,0 | 21,0 |
| Непредельных | 81,0 | 80,0 |

Для дальнейшей характеристики дегтя небезынтересны следующие замечания Раковского: «Сланцевая смола, — пишет он, — содержит значительное количество непредельных веществ, легко удаляемых при обработке 55—60%-ным раствором серной кислоты. Из первой фракции (кипящей до 150°) при такой обработке отходит 3%, из второй — 5%,

из третьей — 8%, из четвертой — 12%. Главная масса дегтя приходится по 2—3 фракции, т. е. перегоняется между 140 и 210°». В этих фракциях содержится до 40% сернистых соединений (тиофены), около 33% кислородных соединений, сравнительно мало парафинов — 4%, нафтенов — 3% и до 20% непредельных соединений. В последнюю величину включены и ароматические углеводороды, которых в дегте находится незначительное число. В пересчете на весь деготь можно принять общее количество тиофеновых соединений до 25%». Оснований, вымываемых 5%-ным раствором серной кислоты, немного: 1—1,5%. В настоящее время из дегтя выделены углеводороды: октан, нонан, декан, бензол, нафталин, целый ряд тиофенов и некоторые гетероциклы (пиколин, 2—6 лютидин).

Таковы современные знания, касающиеся химизма органической массы нижневолжских сланцев. Изучая этот предмет, невозможно пройти мимо вопроса о том, в чем заключается причина того своеобразия органической массы сланца, какое было отмечено выше. К сожалению, определенного ответа на это со стороны химиков не существует. По мнению Раковского, и своеобразие элементарного состава органического вещества и его отношение к растворителям «дают возможность сделать заключение, что органическая часть сланца находится в начальной стадии разложения, а не в состоянии полимеризации битумов». Совершенно иная точка зрения была высказана Стадниковым, который особенности нижневолжских сланцев хотел бы объяснить происхождением их органических веществ за счет перемыва и переотложения гуминовых веществ юрских торфяников. Следует заметить, что с геологической стороны эти объяснения далеко не равноценны. В то время как объяснение Раковского еще могло бы быть уложено в рамки действительного генезиса нижневолжских сланцев, объяснение Стадникова, как увидим ниже, резко не соответствуют всей обстановке того времени.

## 3

Чтобы закончить характеристику сланца как породы, необходимо остановиться хотя бы кратко на изучении фауны его, ибо опыт показал, что при раскрытии биологических условий образования осадка фауна часто играет весьма значительную роль.

Личные сборы и определения автора позволяют составить следующий список форм, заключенных в сланце:

Аммониты: Virgatites scythicus.

Фораминиферы: Per. Panderi.

Белемниты: ряд форм.

Неясные отпечатки гастропод: Orbiculoidea maeotis Astarte ovoides, Oxytoma sp., Oxytoma volgensis sp. nova, Oxytoma stigonata, Oxytoma subrecta, Lingula sp. Pecten sp., Dentalium sp., Aucella aff Fischeri Pavl., Trigonia intermedia, Pleurotomaria sp. (очень крупная форма), Astarte voltzii (очень мелкая форма), Inoceramus retrorsus, Aucella Sollasi Pavl., Macrodon Stchurowskii, Rhynchonella sp. (давленные экземпляры), Terebratula sp. (тоже), Иглы ежей очень разнотипные (мало), чешуи рыб, обломочки древесины.

Таким образом всего 14 родов. На первый взгляд фауна кажется необильна видами. В действительности же этого, конечно, нет; бедность списка объясняется исключительно совершенно неудовлетворительной

сохранностью органических остатков. Мало того, что раковины истончены, хрупки и трудно извлекаемы; как правило, они деформированы до неузнаваемости, и часто представляют груду раздавленных обломков, ни о каком видовом определении которых, конечно, речи быть не может. Таким образом мы знаем из фауны сланцев, несомненно, только небольшую часть; полный комплекс ее нам недоступен.

При изучении той или иной породы с генетической точки зрения полезными оказываются не только наблюдения над общим составом фауны, но и над количественными соотношениями между отдельными видами, входящими в эту фауну. При этом, конечно, должны учитываться только те виды, которые действительно жили вместе, и которые своим сообществом или биоценозом могут действительно пролить свет на биоэкономические условия своей среды. Это значит, что в нашем случае мы должны отвлечься от белемнитов и аммонитов, так как на эти формы уже давно установился взгляд как на формы плавающие, и изучать соотношения внутри оставшихся групп донных организмов.

Специальные полевые наблюдения обнаружили, что, где бы мы ни взяли сланцы, всюду и везде на первый план выступает Orbiculoidea maeotis. Крупные (до 3 *см* в диаметре) и мелкие отпечатки ее неизменно встречаются повсюду, на каждом расколе сланца, то единицами подмешиваясь к другим формам, то сплошь занимая поверхность раскола и вытесняя все прочие формы. Это действительно главная, наиболее распространенная форма биоценоза. Далее, следует упомянуть об Inoceramus, retrorsus, часто скопляющемся гнездами, с его крупными (почти в ладонь величиной), но сравнительно тонкими и хрупкими раковинами, а также о Lingula. Если присоединить сюда Astarte ovoides, то этим пожалуй, и замкнется круг наиболее распространенных форм, встречающихся в сланце. Все остальные играют значительно меньшую роль. Таким образом, если характеризовать биоценоз главными формами, то для сланцев его следовало бы назвать биоценозом Orbiculoidea-Inoceramus-Astarte-Lingula.

В качестве характерных черт этого биоценоза следует отметить также относительно малое количество ежей (что можно заключить по скудным остаткам их игол), а также, быть может, полное отсутствие криноидей и мшанок, которых мне ни разу встретить не удалось.

Что касается пространственного распределения видов внутри биоценоза, то оно близко напоминает аналогичное распределение в современных животных обществах. Раскалывая глыбы сланца в одних пунктах, на поверхности встречаешь массами одни формы (например орбикулоидей, иноцерамов или еще кого-либо); в других — эти формы отступают на второй план и массами скопляются другие: Oxytoma, Astarte и т. д. Нередки случаи при этом, что на той или иной глыбе в качестве основной формы, так сказать, фона, выступают также виды, которые, вообще говоря, для сланца не характерны и не входят в типичный для него биоценоз. Это показывает, что в момент образования сланца на поверхности морского дна популяция каждого вида (аналогично популяции видов современных биоценозов) была распределена отнюдь неравномерно, но образовала бесконечный ряд гнездообразных «сгущений» и «разрежений». При этом «сгущения» популяции одного вида то совпадали с «разрежениями» другого, то приходились на «сгущения» этого последнего. Эти комбинации, которые, вообще говоря, могут быть чрезвычайно многочисленными, и объясняют ту очень изменчивую картину, которая наблюдается при работе над биоценозом сланца.

## 4

В предыдущем изложены данные о нижневолжских сланцах как породе вообще. Сказанным, однако, характеристика их еще не исчерпывается. В самом деле, сланец как порода залегает определенными геометрическими телами, пластами, которые далее группируются в некоторые группы, комплексы или пачки. Отсюда вытекает необходимость охарактеризовать во-первых, петрографические свойства сланцевого пласта, а во-вторых, петрографические черты сланцевых комплексов.

При изучении петрографических свойств сланцевого пласта очень много дает внешний макроскопический осмотр их. Оказывается неизменно, что сланцевый пласт представляет собой довольно неустойчивое с петрографической стороны образование, сильно меняющееся и по вертикали и по горизонтали. Эта изменчивость проявляется прежде всего в различной окраске отдельных участков пласта и различной же плотности их, благодаря чему в пласте нередко возможно различить несколько последовательно расположенных «элементов» его. Так, например, по данным Н. М. Попова [14], в одном из пластов, вскрытых расчисткой № 8 в обрыве правого берега р. Солянки в 1,9 *км* выше хут. Н. Коцебу, можно различить 6 следующих друг за другом «горизонтов» (сверху вниз), а именно: a) сланец темносерый, плотный, глинистый, (0,20 *м*), b) сланец темносерый, рыхлый, с мучнистым гипсом (0,04 *м*), c) сланец коричневый, плотный (0,08 *м*), d) сланец коричневый, плотный, с мучнистым гипсом (0,10 *м*), e) темносерый, с мучнистым гипсом, (0,17 *м*), f) коричневый, плотный (0,08 *м*). Аналогичные случаи только в менее развитой форме вообще очень распространены и наблюдались мною в Заволожье, где мощность пластов значительна.

К сожалению, в работе, откуда я заимствую приведенный пример, нет анализа причины, вызывающей подобную изменчивость пласта в вертикальном направлении. Но можно догадываться, что эта изменчивость объясняется частью распределением внутри пласта органического вещества, частью же ходом выветривания.

Неравномерность распределения органического вещества и вообще компонентов породы по пласту вызывает не только различную плотность и окраску отдельных элементов его, но приводит очень часто к появлению внутри пласта образований инородных, уже резко отличающихся от сланца. Наиболее частый случай представляет появление внутри слоя более или менее значительных прослоечков глины, почему однородный пласт разбивается на два и более обычно тесно сближенных пласта. Многочисленные примеры этому можно видеть в разрезах Кашпирского и Ундорского районов, где большинство пластов оказываются именно такими сложными (большей частью двойными). Несомненно, то же самое имеется и на Общем Сырте, но недостаточное число обнажений и плохое их качество позволяют только редко производить нужные наблюдения.

В некоторых случаях, однако, изменения в структуре пласта делаются более сложными. С этой точки зрения очень интересно детальное изучение пласта I в разрезе на берегу Волги у кашпирских рудников. При осмотре пласта оказывается возможным выделить три части слоя. Верхняя часть представляет собой весьма песчанистую породу, состоящую из частого переслаивания светлого, очень тонкозернистого песка с более темными битуминозно-глинистыми прослоечками. Ниже (средняя часть) следуют выклинивающиеся линзы песка или песчаника, очень тонкозернистого. Линзы эти имеют в толщину до 6—7 *см*,

и по длинной оси 0,5—0,7 *м*; следовательно, быстро выклиниваются в обе стороны, переходя в едва уловимый песчаный след. В горизонтальном направлении линзы следуют друг за другом, примерно, через 0,9—1,0 *м*, образуя, таким образом, ясно выраженный, четко видный песчаный прослой. Линзы часто сплошь пиритизированы; в других случаях обильно прокрашены бурым железняком. Ниже песчаникового прослоя располагается (нижняя часть) настоящий буровато-серый сланец, на расколах которого часто попадаются хорошей сохранности отпечатки Virgatites sp. Верхняя часть описываемого пласта вся изъедена неправильными узко-овального сечения ходами, выполненными глауконитовым песком (т. е. породой вышележащего фосфоритового слоя) — 24 *см*.

В полном согласии с изложенными макроскопическими наблюдениями стоят аналитические данные, полученные от проб из одного и того же пласта, но из разных участков по вертикали и горизонтали, все равно будут ли это индивидуальные или средние пробы. Так, слой 4-й Кашпирского разреза при опробовании вверху, в середине и внизу дал такие результаты (в процентах):

| | $CaCO_3$ | Органическое вещество | Терригенный материал |
|---|---|---|---|
| Верх | 43,81 | 15 | 37,69 |
| Середина | 23,90 | 6 | 66,33 |
| Низ | 15,70 | 6 | 74,36 |

Таким образом различные, отстоящие друг от друга всего на 4—5 *см* по вертикали участки пласта оказываются совершенно непохожими один на другой. Пласт I (мощностью в 25 *см*) в том же разрезе, однако, ведет себя по-другому (в процентах):

| | $CaCO_3$ | Органическое вещество | Терригенный материал |
|---|---|---|---|
| Верх | 37,99 | около 30 | 29,61 |
| Низ | 34,54 | около 35 | 26,08 |

Здесь, наоборот, состав сланца оказывается снизу вверх постоянным. То же наблюдается при опробовании из различных мест по горизонтали как индивидуальными, так и средними пробами, — что легко видеть из прилагаемой таблицы (в процентах):

| | $CaCO_3$ | Органическое вещество | Терригенный материал |
|---|---|---|---|
| **Кашпир, слой 2-й** | | | |
| Скв. 11 | 17,70 | около 39 | 39,73 |
| Скв. 7 | 16,77 | около 44 | 38,03 |
| **Кашпир, слой, 3-й** | | | |
| Скв. 7 | 14,98 | около 29 | 51,89 |
| Скв. 11 | 18,40 | около 42 | 34,62 |
| **Сергеевка, слой 2-й** | | | |
| (Средние пробы всего пласта бороздой) | 3,76 | 50,24 | 40,3 |
| | 36,30 | 49,81 | 18,56 |
| | 17,88 | 49,37 | 31,67 |
| **Там же, слой 3-й** | | | |
| (Средние пробы пласта бороздой) | 20,36 | 18,69 | 60,14 |
| | 18,27 | 17,85 | 62,44 |
| | 24,06 | 20,26 | 56,48 |

Таким образом и при опробовании пласта из различных участков по горизонтали наблюдаются то чрезвычайные расхождения в составе, то, наоборот, значительная близость его.

Приведенные цифры интересны тем, что они не только подтверждают факт значительной изменчивости сланцев, но дают критерий и для количественной оценки этой изменчивости. Вместе с тем они вскрывают своеобразное мозаичное строение пласта. На основании приведенных материалов надо принять, что внутри одного и того же пласта в разных точках его повторяются весьма близкие по составу разности, которые могут быть изолированы друг от друга участками совершенно иного состава.

Чтобы закончить петрографическую характеристику сланцевых пластов, остается сказать несколько слов о том, как переходят они во вмещающую породу. Обычно переход этот непрерывен и постепенен и сводится к постепенному уменьшению органического вещества. При этом порода становится тяжелее, светлее, меняет биоценоз и становится межсланцевой глиной. В некоторых случаях (Ундоры, Кашпир), однако, картина оказывается много сложнее. При переходе пласта в серую глину (по простиранию) органическое вещество уменьшается не равномерно во всей породе, а только в отдельных точках ее, тогда как другие продолжают оставаться настоящими сланцами. Благодаря такому обстоятельству переходной участок получает весьма своеобразный, как бы брекчиевидный характер: мелкие (до 10—12 *см*) и тонкие (до 0,3—0,5 *см*) линзы сланца залегают лепешками во вмещающей серой глине. Чем дальше, тем меньше становится этих лепешек и больше глины, пока, наконец, не получится настоящая серая глина. Объяснение этому станет возможно дать только после истолкования генезиса сланцев вообще, о чем будет сказано в заключительной главе.

Обратимся теперь к характеристике сланцевых пачек. Предварительно нужно заметить, однако, что, к сожалению, в этом отношении у нас нет исчерпывающего материала, так как наши определения относятся исключительно к сланцевым пачкам южной половины бассейна, начиная с Ульяновского района, все же северные районы по недостатку материала остаются неосвещенными; кроме того, и для южного района материал также страдает пробелами. Тем не менее некоторые черты все же удается выяснить. Если возьмем верхнюю пачку [1], которая, как было указано в первой главе, распространена только в Заволжье и не переходит на правый берег Волги, то характерной чертой ее является резкая неодинаковость слагающих ее пластов. В то время как к нижней ее половине приурочен чрезвычайно мощный и одновременно чрезвычайно богатый органическими веществами пласт, верхи слагаются пластами маломощными и малобогатыми. Это различие верха и низа проявляется уже внешне. Верхний пласт — обычная темносерая, довольно тяжелая порода. Нижний — характерная темнокоричневая, иногда с зеленоватым оттенком, деревянистая, чрезвычайно легкая, углеподобная порода, с HCl почти не вскипающая и почти без фауны. Анализ средней породы верхнего пласта у хут. Сергеевки дал всего 13,76% органического вещества, средних же проб нижнего — цифры от 49,37 до 50,24%.

Совершенно то же строение пачки и свойства пластов наблюдается севернее, у хут. Макарова (органического вещества II пласта от 39 до 55%) и к югу — в бассейне Солянки и Таловки (органического вещества II пласта — 48,43%). Так как расстояние между последней точ-

кой и предыдущей очень велико — свыше 80 *км*, — то мы должны констатировать, что пачка оказывается устойчивым телом не только как стратиграфический горизонт, но и то распределению в ней органического материала. К сожалению, мы не располагаем нужными анализами горючих сланцев из Орловки и потому не можем проследить за поведением ее в этом районе.

Для характеристики второй пачки, которая, как известно, отличается гораздо большей распространенностью, данных несколько больше. Относящиеся сюда цифры в процентах огруппированы в таблице IV (стр. 76).

Из этой таблицы следует, что на севере Общего Сырта сланцы второй пачки отличаются относительно невысоким содержанием органического вещества, причем распределено оно между пластами внутри пачки весьма равномерно. К югу и юго-западу количество органического вещества возрастает, причем равномерность распределения его между пластами, повидимому, еще удерживается. При переходе на правый берег Волги (Каштир и Ундоры) поведение пачки значительно меняется; в то время как верхние пласты ее продолжают обогащаться органическим веществом и далее, нижние пласты, наоборот, резко беднеют им, превращаясь в битуминозную глину.

Третья пачка изучена очень слабо. Мы видели в вводной главе, что она достигает максимума на юге Общего Сырта, уменьшается на W и выклинивается совсем на N. В связи с этим отметим, что на юге Общего Сырта содержание органического вещества в ней доходит до 35 и даже 52%. К сожалению, данные из других мест отсутствуют.

Что касается последней, базальной пачки, то данных о ней почти нет. Нужно заметить, впрочем, что в большинстве случаев она слагается не сланцами, а только битуминозными глинами, следовательно, явно обеднена органическим веществом. Тем не менее иногда и в ней проскальзывают настоящие сланцевые слои. Так, у хут. Макарова генеральная проба надфосфоритового слоя (нижняя часть пачки) дала до 19% органического вещества.

Подводя итог изложенному, можно отметить, что, несмотря на неполноту аналитических данных, два обстоятельства выступают достаточно отчетливо. Во-первых, что каждая пачка характеризуется своим собственным индивидуальным строением и распределением органического вещества; это значит, что каждая эпоха усиленного накопления сапропеля в осадке характеризовалась своим особенным размещением его в пространстве, в частности своими особыми центрами концентрации его. Во-вторых, что две верхние пачки сравнительно с двумя нижними отличаются и большим богатством органическим веществом, и большей устойчивостью в своем строении, т. е. в распределении органического вещества внутри пачек. Таким образом от начала века Perisphinctes Panderi к концу его на территории описываемой южной части нижневолжского бассейна, несомненно, имело место явственное обогащение осадка органическим веществом.

## 5

Когда речь идет о генезисе какой-либо осадочной породы, всегда необходимо иметь в виду, что современный состав и вид этой породы часто совершенно не отражают того исходного осадка, из которого она получилась после более или менее длинной цепи вторичных или диагенетических изменений. Поэтому всегда оказывается полезным, выяснив

*Таблица IV*

| Местонахождение пробы | Содержание органического вещества | | Число анализов |
|---|---|---|---|
| | От — до | Среднее | |
| **Общий Сырт** | | | |
| Сергеевка III пласт . . | 17,85 — 20,26 | 18,93 | 3 средние пробы |
| „ IV „ . . | 17,94 — 26,43 | 22,20 | 2 средние пробы |
| **Хут. Макаров** | | | |
| Средние пробы из шурфов . . . . . | 15,00 — 18,87 | 17,02 | 6 средних проб всей пачки из шурфов |
| Генеральная проба из всей пачки . . . . | | 18,06 | |
| **Солянка** | | | |
| Средние пробы из шурфов . . . . . | 27,98 — 31,27 | ок. 29,00—30,00 | 2 средние пробы из шурфов |
| **Хут. Савельевка** | | | |
| Средние пробы . . . . | 25,00 — 28,00 | 26,00 (?) | Частные определения из буровых образцов |
| **Кашпир** | | | |
| I—III пласт . . . . . | 30,00 — 44,00 | 36,5 | 6 определений |
| IV—VI пласт . . . . . | 4,00 — 15,00 | ок. 7,00—10,00 | 5 определений (частных) |
| **Ундоры** | | | |
| I—IV пласт . . . . . | 13,00 — 47,00 | ок. 27,00—28,00 | 6 определений |
| IV—VI пласт . . . . . | 18,00 — 20,00 | около 20,00 | 3 определения |

современные черты данного осадочного образования, попытаться вскрыть и те процессы вторичных диагенетических изменений, которые оно пережило. Заканчивая характеристику нижневолжских сланцев, я хотел бы сказать несколько слов по этому поводу.

Просматривая макро- и микроскопические особенности, которыми характеризуются нижневолжские сланцы, нельзя не обратить внимания на немногочисленность проявлений диагенетических процессов, какие имели в них место. В самом деле, если подытожить все, что можно сказать об этих процессах, то окажется, что диагенез сводится, в сущности, к двум явлениям: 1) выносу (и частично переотложению) $CaCO_3$, 2) перемещению сернистых соединений. Но зато эти процессы выступают с совершенной отчетливостью.

Вынос $CaCO_3$ из сланцевых пластов доказывается следующими двумя обстоятельствами:

Во-первых, ясными и многочисленными следами растворения раковин. Как уже было отмечено в начале настоящей главы, только чрезвычайно немногочисленные формы сохраняют раковину нетронутой или лишь слегка затронутой разрушением. К числу таких надо отнести Belemnites, а также и иглы ежей. Сохранность этих форм обычно не отличается от встречающейся в серой глине, т. е. является нормальной. Terebratula, Rhynchonella, Aucella и некоторые другие, хотя и сохраняют обычно свою раковину и даже обычную толщину ее, тем не менее сама раковина оказывается чрезвычайно хрупкой, как будто связь составляющих ее элементов значительно нарушена. Наконец, остальные формы обычно почти никогда не встречаются в нормальных экземплярах. В подавляющем большинстве случаев раковина, сохраняя все особенности морфологии, истончена в необычайной степени — иногда до толщины листа папиросной бумаги; особенно истончены раковины аммонитов, Orbiculoidea maeotis, Lingula, которые часто кажутся как бы нарисованными на глине тончайшей акварелью, — настолько незначителен слой $CaCO_3$, покрывающий отпечаток белой пленкой.

Что раковины перечисленных форм действительно вторично утончены, а не представляются первично-тонкими (в качестве реакции организма на среду), становится ясно из простого наблюдения. В редких случаях (например у хут. Макарова и на Общем Сырту) автору приходилось находить совершенно нормальные по толщине раковины тех же самых родов и видов. Таким образом факт растворения $CaCO_3$ раковин совершенно несомненен. Что же касается выноса, удаления его из породы, то это обстоятельство устанавливается также с полной достоверностью чрезвычайной скудностью признаков вторичного переотложения $CaCO_3$ в сланце. Правда, следы такого переотложения все же имеются в виде своеобразных конкреций, которые были описаны выше, в начале главы. Следует, однако, резко подчеркнуть, что эти конкреции: 1) крайне незначительны по размерам, 2) очень редки и встречаются скорей как исключение, чем как правило. Таким образом переотложение в них $CaCO_3$ ни в какой степени не может балансировать тот крупный процесс растворения раковинного кальцита, который мы наблюдаем всюду столь отчетливо. А это значит, что удаление, вынос $CaCO_3$ из сланца имел место, несомненно, в достаточно крупных размерах.

Столь же очевиден и второй процесс, имевший место в породе; это — перемещение сернистых соединений железа. Наглядным доказательством его являются, во-первых, конкреции пирита, а во-вторых, метасоматоз пирита по органическим остаткам. Пиритные конкреции наблю-

дались мною в двух разных случаях. В первом из них, наблюденном у Капшира (пласт I), $FeS_2$ концентрировался собственно не в самом сланце, а в тех линзообразных прослоях песка, какие в этом пласту имеются. Во втором случае, — распространенном достаточно широко, — конкреции находятся непосредственно в сланце, но приурочены, главным образом, к нижним частям его или прямо к контакту сланца с подлежащей глиной. Что касается метосоматоза $FeS_2$ по органическим остаткам (раковинам), то этот процесс, наоборот, замечается далеко не всюду, только в отдельных пунктах, но зато в этих точках раковины оказываются сплошь замещенными пиритом, образуя красивые, золотисто поблескивающие корочки. Следует заметить, что и микроскопически можно уловить следы миграции сернистого железа в виде неодинаковой обогащенности различных шлифов сернышками марказита.

Нетрудно видеть, что описанные два процесса — вынос $CaCO_3$ и миграция $FeS_2$ — представляют собою отнюдь не случайную комбинацию явлений, но совершенно закономерный парагенезис их, связанный причинно с богатством породы органическим веществом. В самом деле, при богатстве породы органическим веществом неизбежно обогащение ее $CO_2$, а это и есть фактор, мобилизующий $CaCO_3$. С другой стороны, при богатстве органическим веществом создается восстановительная среда, характеризующаяся наличием $H_2S$, в присутствии которого сернистые соединения железа переходят в $Fe(HS)_2$ и становятся также легкоподвижными.

Чрезвычайный интерес представляет вопрос о том, перемещалось ли хоть в какой-либо степени само органическое вещество, которое находится в настоящее время в породе. Рассмотрение этого вопроса заставляет ответить на него отрицательно. Никаких уловимых следов миграции его в сланце не замечается. Можно было бы видеть эти следы в тех микроскопических «шариках», которые М. Д. Залесский описывает как якобы состоящие из битума. Однако в действительности они оказываются марказитовыми. Можно было бы далее указать на участие органического вещества в тех своеобразных известковых конкрециях, какие были описаны выше. Однако едва ли стоит придавать значение тому абсолютно ничтожному количеству битума, какое заключено в этих конкрециях. Других же, вполне убедительных форм миграции органического вещества в сланце мы не знаем. Таким образом, вызывая своим воздействием миграцию других соединений, само органическое вещество было связано с вмещающей породой, повидимому, достаточно прочно.

Итак, анализ вопроса обнаруживает, что осадок, который превратился в современные сланцы, хотя и пережил ряд вторичных диагенетических изменений, однако последние были очень просты и не переработали исходного материала до неузнаваемости, как это бывало в других случаях. Наоборот, по современной породе мы легко восстанавливаем осадок, который породил ее. Это был такой же пелит, обогащенный битумом, как и теперь, но только значительно более богатый карбонатом кальция, потому что содержал большое количество цельного (а не истонченного, как теперь) раковинного материала. Можно думать, что карбоната было не только больше, но и что распределен он был в породе гораздо равномернее, чем теперь. Это вытекает из того, что наиболее низкие цифры $CaCO_3$, наблюдаемые теперь, т. е. именно те значения, которые и создают большую амплитуду колебаний в современном содержании $CaCO_3$ в породе, наблюдаются как раз на образцах с развитым растворением раковины.

## III. Петрографические, химические и палеонтологические особенности вмещающих пород. Породы кровли и подошвы

### 1

При выяснении генезиса нижневолжских сланцев недостаточно ограничиться исследованием только их самих, но необходимо привлечь к рассмотрению еще и породы, которые вмещают сланцы, покрывают и подстилают их, так как только путем сравнения можно выяснить специфические черты тех условий, какие привели к накоплению сланцев. Задача настоящей главы и заключается в общем описании пород вмещающих, подстилающих и покрывающих сланцы.

Если брать только вмещающие породы, то их можно разбить на два пространственно различающихся, но петрографически довольно близких типа. Это, во-первых, породы, которые переслаиваются со сланцами и сланцевыми пачками на всей территории Заволжья, затем в Ундорах и в Кашпире. Во-вторых, породы, которые подстилают сланцы в разрезе Ундор и Кашпира, но относятся еще к зоне Perisphinctes Panderi и, следовательно, достоверно синхроничны двум (или одной) нижним пачкам Общего Сырта. Изучение удобно начать с первого типа.

Макроскопически порода, переслаивающаяся со сланцами или со сланцевыми пачками, представляет в подавляющем большинстве случаев темносерую, плотную, неслоистую глину, хорошо размокающую в воде и обычно более или менее пахнущую битумом. Несравненно реже — можно сказать, в отдельных случаях — эта глина обогащается песком и превращается в плотный песчанистый мергель. И в том и в другом случае отличительной чертой вмещающей породы сравнительно со сланцами является относительная бедность органическими остатками. В то время как сланцы весьма изобилуют последними, в серых глинах это весьма подчиненный компонент. Можно переколотить сплошь и рядом очень большое количество кусков серой глины и встретить в ней только единичные остатки органических форм. При этом очень характерно, что в подавляющем большинстве случаев это не цельные раковины, а более или менее мелкий раковинный детритус.

Минеральные новообразования, заметные макроскопически, очень немногочисленны. Это: 1) марказит в виде мелких точек, шариков, крупинок, которые хорошо видны невооруженным глазом или в бинокуляр на выглаженных острым ножом поверхностях глины; 2) известковые конкреции, в виде округлых, тяжелых и иногда крупных караваев, встречающихся, правда, довольно редко. Стоит упомянуть также, что в одном случае (в разрезе Ундор) в слое серой глины, переслаивающейся со сланцами, была обнаружена небольшая конкреция фосфорита.

Микроскопическая картина также очень однообразна. Основная масса представляет тесную смесь порошкообразного кальцита с тончайше распыленным пелитовым веществом, неразделимым даже при больших увеличениях. На этом фоне выступают мелкие иглы губок, перекристаллизованные обломки организмов, обычно не поддающиеся определению, мелкие (от 0,01 до 0,05 *мм*) зерна кварца, значительно реже — глауконита и слюды и, наконец, сернистое железо. Последнее находится либо в виде микроскопических шариков до 0,05 *м*, либо в виде сложных конкреций, получившихся от слияния шариков. В некоторых шлифах замечаются яркие оранжево-бурые круглые пленки, принадлежащие, несомненно, органическому веществу.

Химические определения, проведенные по той же методике, что и для сланцев, дали такие результаты (в процентах):

*Таблица V*

Межсланцевые глины

| Место и горизонт | Влажность | $CO_2$ | $CaCO_3$ | C | Органич. вещество | Терригенный материал |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Хут. Макаров (битуминозные глины) | 1,29 | 15,40 | 34,95 | 3,53 | 5,29 | 64,36 |
| | 2,06 | 10,81 | 24,53 | 1,50 | 2,25 | 73,31 |
| | 2,68 | 14,50 | 32,96 | 4,40 | 6,60 | 61,53 |
| | 2,20 | 15,20 | 34,50 | 3,49 | 5,23 | 62,70 |
| | 2,27 | 10,07 | 22,85 | 1,52 | 2,28 | 71,35 |
| Таловка, Солянка | 4,58 | 8,57 | 19,45 | 1,68 | 2,52 | 69,67 |
| Савельевка | — | — | 48,42 | — | 1 | 49,8 |
| | 2,65 | 6,93 | 15,73 | 1,00 | 1,50 | 79,2 |
| | 1,60 | 18,39 | 41,74 | 1,20 | 1,80 | 55,1 |
| | 2,91 | 7,55 | 17,13 | 1,85 | 2,77 | 75,96 |
| Эльтонское озеро | 3,40 | 12,78 | 29,01 | 2,90 | 4,35 | 64,13 |
| | 1,49 | 18,13 | 41,15 | 0,63 | 0,94 | 57,8 |
| | 2,20 | 19,00 | 43,13 | 1,66 | 2,49 | 55,07 |
| Джаксы-Бурлы | 3,80 | 13,20 | 29,95 | 1,88 | 2,82 | 63,0 |
| | 2,72 | 10,64 | 24,15 | 2,22 | 3,33 | 68,21 |
| **Ундоры** | 3,77 | 11,07 | 25,12 | — | 4,31 | 66,80 |
| | 4,23 | 10,70 | 24,28 | 3,01 | 4,51 | 57,03 |
| | 5,07 | 9,37 | 21,20 | 4,06 | 6,09 | 60,47 |
| | 4,12 | 14,00 | 31,78 | — | 4,31 | 59,67 |
| | 3,66 | 11,70 | 25,55 | 1,21 | 1,81 | 66,5 |
| | 4,13 | 15,36 | 34,86 | 2,31 | 3,46 | 56,96 |
| **Кашпир** | 3,12 | 10,22 | 23,19 | 1,55 | 2,32 | 61,86 |
| (Между 1-м и 2-м слоем) | 3,07 | 12,30 | 27,92 | 0,97 | 1,45 | 67,42 |
| „ 2-м и 3-м | 4,74 | 15,55 | 35,25 | 1,59 | 2,38 | 60,24 |
| | 4,82 | 18,45 | 41,90 | 2,18 | 3,27 | 51,68 |
| | 2,41 | 17,30 | 39,27 | 1,85 | 2,77 | 56,92 |
| 3-м и 4-м | 3,71 | 14,66 | 33,27 | 3,00 | 4,50 | 55,05 |
| 4-м и 5-м | 4,18 | 11,60 | 26,33 | 2,50 | 3,75 | 66 |
| | 4,13 | 16,25 | 36,88 | 3,16 | 4,74 | 24,21 |
| Среднее | 5,15 | 10,80 | 24,51 | 1,84 | 2,76 | 64,51 |
| 5-м и 6-м | 4,66 | — | — | 2,64 | 3,96 | |
| | 4,13 | 8,65 | 19,63 | 3,70 | 5,56 | 71,58 |
| | 4,47 | 4,97 | 11,28 | 1,32 | 1,98 | 78,65 |

Приведенные данные, полученные при анализе образцов, происходящих из очень разнообразных участков южной половины изучаемой площади, свидетельствуют совершенно согласно о том, что состав глины довольно постоянен. Если брать средние цифры, то окажется, что серая глина включает в свой состав от 60 до 70% терригенного материала, затем от 25 до 35% $CaCO_3$ и от 2 до 3,5% органического вещества. Таким образом по отношению к сланцам мы получаем резкое обеднение органическим веществом при одновременном некотором увеличении карбонатной и терригенной частей породы.

Для ознакомления с терригенным материалом были поставлены механические анализы серых глин по методу Сабанина с некоторыми отклонениями от него. А именно: отмучивание первой фракции шло обычным путем, а затем сумма фракций 2 + 3 переносилась в большой стакан и обрабатывалась HCl (5%-ным), после чего анализ шел по стандарту. Параллельно с этой пробой производилось определение нерастворимого остатка (5%-ной HCl), причем результаты анализа пересчитывались применительно к нерастворимому остатку. Нижеследующая таблица дает полученные цифры (в процентах):

| Месторождение образца | Количество нерастворимого остатка | Диаметр частиц | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | > 0,25 *мм* | 0,25—0,05 *мм* | 0,05—0,01 *мм* | < 0,01 *мм* |
| **Ундоры** | | | | | |
| Пласт II . . . . . | 75,49 | 0,17 | 0,55 | 18,66 | 80,62 |
| „ V . . . . . | 73,11 | 0,05 | 0 05 | 8,40 | 91,5 |
| **хут. Макаров** | | | | | |
| Скв. 32, слой 41 . . . | 51,4 | 10,23 | 5,05 | 25,00 | 59,68 |
| „ 39 „ 32 . . . | 71,30 | — | 0,02 | 0,15 | 99,8 |
| „ 39 „ 36 . . . | | 0,12 | 0,38 | 9,00 | 90,50 |
| **Савельевка** | | | | | |
| Скв. 1, слой 51а . . . | 78,2 | — | — | 43,6 | 56,40 |
| „ 54а . . . | 52,1 | — | 0,01 | 21,7 | 78,28 |
| „ 62 . . . . | 64,8 | — | 0,03 | 5,9 | 94,1 |

Как видим, механический состав породы также весьма однообразен. Можно сказать, что в ней принимают участие только две фракции — физическая глина (< 0,01 *мм*) и весьма тонкозернистый песок 0,01 — 0,05 *мм*). Только в одной пробе (у хут. Макарова) в глине присутствуют в заметных количествах и две другие фракции: мы получаем здесь тот редкий случай песчанистой глины, о котором было упомянуто при описании макроскопических свойств ее. Нужно заметить, что и соотношение двух всегда имеющихся в наличии фракций более или менее устойчиво: в большинстве случаев количество физической глины составляет 80—90%; остальное падает на частицы 0,01—0,05 *мм*.

Определение фауны, встреченной в глине, дало следующий список: Lingula cf. Beani Phil., Rhynchonella aff. acuta Rlr., Rhynchonella tlidens Rlr., Terebratula sp., Terebratula depressa, Oxytoma volgensis sp. nova, Oxytoma stigmata, Pecten demissus, Inoceramus sp. (cf. bilobus Frears), Astarte Voltzii, Astarta minima, Nucula aff, Nina Bor., Nucula Bittneri Bor., Nucula choroshowensis Bor., Nucula sp., Macrodon Stchurowskii Bor., Alaria sp., Paleionello volgensis Bor., Exogyra spiralis, Exogyra sp. nova, Lima sp., Ostrea sp., Dentalium sp., Serpula sp., Turbo sp., Cidarites sp., Aucella sp., Astarte ovoides Buch.

Как видим, и здесь количество форм невелико, что объясняется уже описанной выше плохой сохранностью органических остатков. При этом можно установить, что виды, населявшие глинистые осадки, по сути дела были те же, что и населявшие сапропелевый ил. Однако количественные соотношения между этими видами, т. е. биоценоз глины, оказываются резко отличными от биоценоза сланцев. Все 4 главные вида, составлявшие основную массу популяции сапропелевого ила: Orbiculoidea maeotis, Inoceramus retrorsus, Astarte ovoides, Lingula, здесь либо исчезают, либо отступают далеко на задний план. В особенности резко проявляется это по отношению к двум первым из названных форм, так как они встречаются буквально единицами и притом крайне редко; количество экземпляров Astarte ovoides, напротив, уменьшилось относительно слабо. Наиболее часто встречающимися оказываются брахиоподы (Terebratula), Nuculidae, Aucella, Pecten, а также иглы ежей, свидетельствующие, что роль последних в популяции значительно возросла. Отметим, что только в серой глине были встречены своеобразные скопления крупных Exogyra, лежащие гнездами и состоящие из многочисленных тесно сросшихся индивидуумов. Таким образом биоценоз серой глины, вмещающей сланцы, действительно оказывается резко отличным. Чтобы резче выразить эту разницу приведу диаграмму соотношения отдельных видов, входящих в сравниваемые биоценозы, построенную на значительном числе полевых наблюдений в Уондорах, Кашпире и на Общем Сырте (хут. Макаров).

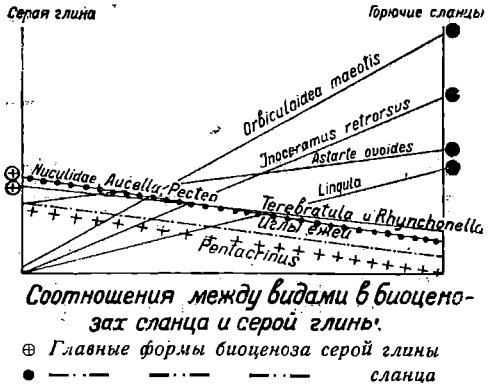



Рис. 6.

Вторая разность вмещающих пород зоны Perisphinctes Panderi развита, как было указано, в разрезах Ундор и Кашпира в низах этого горизонта под сланцевой пачкой. Исследование показывает, что эта разность во всех основных чертах (соотношения C, $CaCO_3$, терригенная часть, механический состав, биоценоз) оказывается сходной с описанной выше и отличается от нее несколькими второстепенными, хотя и характерными и макроскопически бросающимися в глаза, деталями.

Первой особенностью подсланцевой глины является ее значительно более светлая окраска, делающаяся иногда грязно-белой. Это свойство ее

стоит в несомненной связи с несколько меньшим содержанием органического вещества и терригенного материала и обогащением $CaCO_3$. В самом деле, специальные определения (12 серий) показали, что содержание терригенного материала в глине колеблется от 48 до 62%, чаще всего достигая 57—56%; количество $CaCO_3$ изменяется от 26 до 48,6%, в среднем около 40%; наконец, органическое вещество в главной массе достигает всего 2—2,5% и только в более темных прослоях подымается до 5—6%. Если сравнить эти соотношения с теми, какие характеризовали серую межсланцевую глину, то можно заметить, что содержание терригенного материала несколько упало (примерно на 10%), количество же $CaCO_3$, наоборот, несколько возросло (тоже на 10—15%). Вторую особенность подсланцевой глины составляет ее большое богатство фауной. Можно сказать, что ископаемые встречаются в каждом из кусков породы, причем в отличие от межсланцевой глины представлены не обломками раковин, но почти всегда цельными, хорошо сохранившимися экземплярами, разбросанными обычно поодиночке. Последнюю характерную черту «подсланцевой» глины составляет большое количество приуроченных к ней, в особенности к нижней ее половине, конкреционных образований. Последние двух типов. Во-первых, мы наблюдаем здесь среди нормальной глины обширные линзовидные участки, зацементированные $CaCO_3$ и обращенные в крепкий «мергельный камень». Это в особенности хорошо видно в береговых обнажениях по р. Волге вблизи Ундорских рудников. Во-вторых, в нижней половине толщи мы встречаем массу известково-фосфоритовых стяжений очень характерного габитуса. Это обычно мелкие (3—5 *см*), продолговатые, неправильно округлые, иногда угловатые конкреции, очень плотные внутри, но постепенно рыхлеющие кнаружи и незаметно сливающиеся с породой. При ударе издают слабо слышимый запах фосфора. Очень характерна микроскопическая картина их, значительно отличающаяся от картины вмещающей породы.

Отличие состоит прежде всего в том, что основной фон породы представляет чрезвычайно однородная светлобуроватая масса, при скрещенных николях значительно темнеющая, хотя и не угасающая полностью.

При малых увеличениях эта масса томотенна, при больших — показывает чрезвычайно тонкозернистое строение. В состав ее входят: пелитовый материал, карбонат кальция и, повидимому, в некоторой степени фосфаты кальция. На описанном фоне резко выделяются два образования. Это, во-первых, крупные агрегаты зернистого кальцита, имеющие форму то угловатых пятен, то обрывков, то трещин, выполненных $CaCO_3$; эти агрегаты произошли, надо полагать, за счет перекристаллизации органических остатков. Во-вторых, бесчисленное количество мелких точек, пленок, прожилок марказита, которых местами настолько много, что они, так сказать, насыщают породу. Тот же марказит принимает участие и в составе кальцитовых агрегатов, местами замещая некоторую часть карбоната и выполняя трещины. Можно указать еще одну особенность конкреций, уже фаунистическую. Среди обломков организмов (форминифер, спикуль губок) попадаются шарообразные и продолговато-удлиненные тела, на которых иногда можно заметить сетку, чрезвычайно схожую с сеткой радиолярий. Вещество, образующее сетку, состоит, однако, не из $SiO_2$, а либо из $CaCO_3$, либо из марказита. Возможно, что в данном случае мы имеем дело действительно с радиоляриями,

*

скелет которых, сохраняя морфологические признаки, подвергся метасоматозу.

Таковы особенности вмещающих пород.

Если и по отношению к ним поставить вопрос о характере и проявлениях диагенетических процессов, то можно сказать, что и здесь проявляются в сущности два типа их: 1) перемещение $CaCO_3$ и 2) перемещение $FeS_2$. Перемещение $CaCO_3$ наглядно видно в тех известковых конкрециях, которые указывались и для межсланцевой и для подсланцевой глин (в особенности для последней). Перемещение же $FeS_2$ обнаруживается в концентрации его в известково-фосфорных конкрециях подсланцевой глины, только что описанных.

Не исключена возможность, однако, что этими процессами дело не ограничивалось, но что в действительности имел место еще процесс привноса и $CaCO_3$ и $FeS_2$ из сланцев. В самом деле, мы видели, что процесс выноса $CaCO_3$ из сланцев обозначен очень ярко. Представляется очень соблазнительным думать, что по крайней мере некоторая часть его задерживалась в межсланцевых и подсланцевых глинах, и в особенности в последних. Доказать это очень трудно. Но необходимо обратить внимание на сохранность раковин во вмещающей породе: они совершенно лишены следов растворения $CaCO_3$.

Это очень гармонировало бы с тем, что главная масса конкреций $CaCO_3$ в этих глинах возникла не за счет переотложения $CaCO_3$, заключенного в самих глинах, а за счет привнесения его извне. Для $FeS_2$ этот процесс привноса становится, конечно, еще менее уловимым; во всяком случае, отсутствие сколько-нибудь значительных концентраций $FeS_2$ заставляет думать, что ежели он и был, то протекал крайне слабо.

## 2

Чтобы покончить с фактическим материалом, остается сказать несколько слов по поводу пород подошвы и кровли нижневолжских сланцев.

Что касается пород подошвы, то мы знаем о них немного. Действительно, только на правобережье Волги, в районе Ундор и Кашпира осуществляется совершенно постепенный переход от киммериджа к портланду, почему мы и можем наблюдать здесь осадки непосредственно предшествующего момента в жизни моря. На всей же площади Заволжья, наоборот, отложения зоны P. Panderi лежат на размытой поверхности более древних пород весьма разнообразного возраста, начиная от келловея и до киммериджа, что, очевидно, указывает на более или менее длительный период континентального режима, предшествовавшего здесь появлению моря века Perisphinctes Panderi. При этих условиях мы, естественно, можем интересоваться только литологией пород верхнего киммериджа, выходящих на правобережье Волги.

Если обратимся к этим породам, то обнаружится, что и макро- и микроскопически во всех отношениях, и по петрографическому типу и по биоценозу, они оказываются аналогичными породам низов портланда. Это совершенно такие же светлые известковистые глины, переходящие в мергеля, как и только что описанная подсланцевая глина, так же богатые фауной и с таким же комплексом ископаемых (Oxytoma, Pecten, Terebratula, иглы ежей, криноидей). Сходство настолько велико, что сама граница киммериджа и портланда не может быть точно указана и определяется только палеонтологическими находками. Это большое сход-

ство пород позволяет не останавливаться на подробной характеристике отложений подошвы, а прямо перейти к характеристике пород кровли.

Соотношение сланцев с породами кровли обратно соотношению с породами подошвы. На этот раз именно в Заволжье имеется постепенный и непосредственный переход от одного горизонта к другому, тогда как на правом берегу Волги в одном случае зона V. virgatus отсутствует совсем (Каллтир), в другом же (Ундоры), хотя и имеется, но залегает на размытой поверхности сланцевой толщи, имея в основании конгломерат и образуя незначительный по мощности (до 1—1,5 *м*) слой. Поэтому и при характеристике пород кровли нам придется остановиться, главным образом, на Заволжье.

Отложения зоны V. virgatus, развитые на Общем Сырте, образованы взаимным переслаиванием трех тесно связанных друг с другом петрографических разностей. Первой из них являются светлые, желтовато-серые в выветрелом, синевато-серые в свежем состоянии, плотные и крепкие известково-мергелистые песчаники с большим количеством весьма разнообразных ископаемых, залегающие пластами до 1—0,5 *м* мощностью. С этими песчаниками чередуются более мягкие светло-желтые и серо-желтые (в свежем состоянии — серо-синие) известково-песчанистые глины, также богатые фауной и также располагающиеся прослоями в 1—2 *м*. Третью разность образуют светлые плотные известняки раковинного типа, получающиеся из двух первых разностей при обогащении раковинным материалом. Микроскопическое исследование шлифов первой разности обнаруживает, что в составе породы можно различить три компонента: цемент, минеральные зерна и остатки организмов. Цемент представляет собою грязнобурую массу, образованную тесной смесью пелитового и мельчайше-псаммитового вещества с карбонатом, частью порошкообразным, частью же образующим мелкие аллотриоморфные кристаллические зерна. Иногда можно видеть, что пелитовый материал образует мелкие бесформенные комочки. Минеральные зерна в подавляющей своей массе принадлежат мелким, до 0,1 *мм*, остроугольным, совершенно неокатанным обломкам кварца. Далее идет глауконит зернами того же диаметра, обычно совершенно свежий, яркозеленый; реже попадаются буровато-зеленоватые и даже совсем бурые зерна. Количество глауконита весьма значительно. Третьим распространенным материалом является слюда — мусковит (или серицит) — в виде тонких, высокополяризующих чешуек. В качестве редких составных частей встречаются полевые шпаты и обломочки кремня. Органогенных обломков обычно немного (иногда они отсутствуют в шлифе совсем), причем принадлежат они очень разнообразным организмам: фораминиферам, криноидеям, морским ежам (очень много), губкам (иглы), брахиоподам, пелециподам. На общем буроватом фоне шлифа встречаются, кроме того, еще отдельные темнобурые пятна окислов железа и черные пленочки $FeS_2$ (редко).

Песчанистая глина микроскопически отличается пониженным содержанием минеральных зерен, тогда как третья разность — большим скоплением обломков организмов и вообще повышенным содержанием карбонатов.

Химические определения дали (в процентах) результаты, приведенные в таблице на стр. 238.

По обстоятельствам, от него не зависящим, автор был лишен возможности обработать фауну виргатитовой зоны так, как это было сделано им в отношении к сланцам и вмещающей серой глине. Поэтому он не

может привести здесь подробного списка форм, найденных им в этой зоне. Однако наблюдения над биоценозом описываемых пород им производились достаточно тщательно и подробно, почему общая характеристика животного сообщества здесь может быть дана (рис. 6). Касаясь этого вопроса, необходимо отметить, что биоценоз мергелей, песчанистых глин и ракушечных известняков, оставаясь в общих чертах одним и тем же, резко отличается и от биоценоза сланцев и вмещающих их глин. Основными, преобладающими ископаемыми, далеко оставляющими за собою все остальные, здесь являются ауцеллы, очень разнообразные в видовом отношении. Десятки и сотни их разбросаны на небольшом пространстве то поодиночке, то сгруженными в раковинные прослои, так что из ископаемых, выбитых из крупного куска породы, почти всегда больше половины (иногда — все) принадлежат ауцеллам. Очень любо-

| Местонахождение образца | Нерастворимый остаток | $CaCO_3$ | $MgCO_3$ | C | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|
| Хут. Макаров . . . . . | 1,57 | 93,40 | 2,37 | 0,22 | Известняк |
| | 29,76 | 63,07 | 0,99 | 0,35 | Известковистые глины |
| | 16,03 | 79,35 | 1,17 | 0,14 | Известковистый песчаник |
| | 32,71 | 61,41 | 0,90 | 0,16 | |

пытно, что раковины их обычно окрашены в синевато-лиловый цвет, живо напоминающий окраску многих современных форм Черного моря (Mytilus, Modiola) и, несомненно, являющийся прижизненной окраской этих форм. Далее, очень часты огромные, необыкновенно толстостворчатые Ctenostreon, залегающие, как и Aucella, то одиночками, то тесно сгруженными гнездами. Таковы формы, образующие основу биоценоза. Кроме них имеется, однако, большое число и других, встречающихся уже большею частью единичными экземплярами. Это Modiola, Pinna, Orbiculoidea (очень крупная форма), Inoceramus, Trigonia и ряд других. Бросается в глаза полное отсутствие гастропод, вызванное, может быть, чисто вторичными явлениями (растворение). Из головоногих часты виргатиты, всегда только в виде наружных и внутренних ядер, причем многие из них достигают огромных размеров. Белемнитов, наоборот, очень мало. Из приведенного описания вытекает, что действительно биоценоз песчанистых мергелей совершенно непохож ни на биоценоз сланцев, ни на биоценоз вмещающих глин. По имени главной, определяющей формы его я предложил бы назвать описанное сообщество ауцелловым биоценозом. Отметим еще одну характерную особенность ауцеллового биоценоза — это крупные размеры и толстостенность входящих в него форм. Даже те виды, которые, как, например, Orbiculoidea maeotis, входят в состав других биоценозов, например сланцевого, и представлены там мелкими истонченными раковинами, здесь дают толстостворчатых гигантов.

Таковы породы зоны Virgatites virgatus на Общем Сырте. Что касается отложений правобережья Волги, то они в общем того же типа, что на Общем Сырту. Отличие состоит только в относительной бедности

развитых здесь песчанистых мергелей и известковистых песчаников фауной. Однако ауцелловый биоценоз, как животное сообщество с преобладанием Aucella, и здесь выступает достаточно ярко. Следует заметить, что, по наблюдениям автора, тот же ауцелловый биоценоз с чрезвычайной отчетливостью прослеживается и в известковистых песчаниках верхневолжского возраста (Каширр), и в валанжинских песках и песчаниках. Таким образом представляется необходимым признать, что этот биоцен в конце юры и начале нижнего мела вообще характеризовал собою песчанистые осадки.

Из изложенного вытекает, что в то время как породы подошвы там, где они нам известны (правый берег Волги), оказываются во многом (до мелочей) сходными с породами, вмещающими сланцы, породы кровли, наоборот, отличаются от всех членов сланценосной толщи чрезвычайно отчетливо и резко.

При этом характер отличий таков, что причина, их вызвавшая, не оставляет сомнений. И петрографические особенности и состав фауны зоны Virgatites virgatus показывают совершенно согласно, что это были отложения несравненно более мелководные сравнительно с осадками сланценосной толщи, отложения, которые происходили на глубинах, еще подверженных действию волнений.

Другими словами, прекращение отложений сланценосной толщи было вызвано более или менее значительным обмелением моря. А это бросает некоторый свет и на условия отложения сланцев. Разбор этого вопроса составляет содержание следующей главы.

## IV. Физико-географические условия отложения сланцев века Perisphinctes Panderi

### 1

Хотя в геологической литературе и не существует работ, которые были бы посвящены подробному и всестороннему изучению литологии нижневолжских сланцев, тем не менее в ней уже накопился ряд довольно разнообразных суждений по вопросу о том, в какой физико-географической обстановке происходило отложение нижневолжской сланценосной толщи, и что именно обусловило накопление в ней органического вещества. Совершенно не собираясь производить здесь исчерпывающего исторического обзора по этому вопросу, я тем не менее считаю необходимым изложить вкратце наметившиеся точки зрения с тем, чтобы далее приступить уже к разбору вопроса по существу и оценке в свете изложенных фактических данных и ранее высказанных объяснений.

Можно сказать, что к настоящему времени наметились две резко разнящихся точки зрения по вопросу о происхождении нижневолжских сланцев. Первая из них принадлежит М. Д. Залесскому и изложена им в работе: «Первый опыт микроскопического изучения нижневолжских сланцев» [7]. Автор приходит к следующему заключению: «Присутствие в студенистой массе сапроколла фораминифер, обычных представителей моря, — пишет он, — и нахождение в нем аммонитовой фауны определенно говорят за то, что сапроколл этот отлагался в морской воде». Тем не менее это не были условия открытого моря. Нахождение в сланце водорослей из рода Pediastrum, «рода, обычного для стоячих вод пресных бассейнов, говорит определенно за то, что нижне-

волжский сапроколл мог образоваться у самого морского побережья, где морская вода лагуны или гафа сильно опреснялась вливавшеюся в нее речною водою. Нахождение в некоторых случаях оболочек спорсосудистых споровых лишний раз подтверждает... исключительную близость берега. За правильность такого заключения говорит находка в кровле IV рабочего пласта (Ундоры) ствола древовидного папоротника, принесенного в породу кровли с близлежащего берега водным потоком или рекою». Бассейн был не только близок к берегу, но и неглубок. «За неглубину вод, — пишет Залесский, — говорит то обстоятельство, что обнаружена в некоторых образцах нижневолжского сапроколла таламофора с хитинообразной раковиной; такие фораминиферы водятся, насколько мне известно, в пресных водах или бассейнах солоноватой воды». Наконец, бассейн был не только опреснен и неглубок, но и застоен, с неподвижной водой и затрудненным доступом кислорода, ибо только в таких условиях и накопляются современные сапропели. В конечном счете картина образования сланца, по Залесскому, была такова: «Нижневолжский спиропель мог образоваться в таких участках моря, которые прилегали к береговой линии и отделялись от открытого моря косами или барьерами суши, т. е. которые соединялись с морем через узкий проход или пролив, куда волнения моря могли достигать очень ослабленными и где царили условия бассейнов со стоячими или застаивающимися водами, столь благоприятными для образования сапропеля, но куда морская вода с ее фауною все же имела свободный доступ. В таких гафах или морских лагунах были самые благоприятные условия для пышного развития как животной, так и растительной жизни, особенно в виде планктона. Я склонен думать, что главную массу студня нижневолжского сапроколля составляли какие-либо водоросли и в меньшей мере животные, оставляющие, вообще говоря, меньше продуктов своего гниения, чем водоросли и, что вяжется и с тем, что в нижневолжском сапроколле очень немного, повидимому, копролитов. Мне думается, что эти водоросли должны были быть скорее всего из группы сине-зеленых, чем зеленых» (стр. 15).

Очень близкие, хотя и не тождественные, взгляды на происхождение нижневолжских сланцев применительно к частному случаю Вятско-Камского края высказал Н. Г. Кассин в двух своих работах [8,9] Данными послужили как полевые наблюдения, так и микроскопическое изучение.

«Материалом для горючих сланцев наряду с минеральным осадком, всего вероятнее, — пишет Кассин, — явились водоросли и, кроме того, мягкие части амонитов, пелециипод, разный планктон; все это, отмирая, отлагалось на дне юрских бассейнов; в придонной части последних не происходило окислительных процессов; надо думать, эти бассейны были хотя и обширными по площади, но передвижения вод в придонной части их не происходило; точно так же в них не было и больших волнений: кислород не проникал сверху до дна; быть может, это были большие морские заливы, наподобие Рижского, отделенные от моря подводными барьерами». Но глубина этих бассейнов была невелика, в Кобринском районе она не превышала 200 *м*. «Точно так же и берег моря от участков моря, где происходило накопление органического вещества, не находился далеко»... «в Кобринском районе от предполагаемых берегов нижневолжского моря эти осадки отлагались приблизительно верстах в 15—20, у д. Вороны также в 15—20 верстах и у д. Высоковской верстах в 10—15».

«Весьма вероятно, на дне этих заливов происходило сероводородное

брожение (скопление сернистого железа в горючих сланцах), и сероводородом была заражена придонная часть их; подобные условия делали невозможным окисление отлагавшегося органического остатка, но, весьма вероятно, оно не препятствовало развитию бактерий, которые помогали ослизнению органическою вещества и переходу его в студенистое органическое вещество горючего сланца».

Совершенно иные воззрения на физико-географическую обсатновку отложения нижневолжских сланцев были высказаны А. Н. Розановым в ряде работ [3, 5].

«По своему происхождению, — пишет Розанов, — горючие сланцы нижневолжского яруса... являются более или менее типичными морскими сапропелитами с очень обильными остатками морской фауны и с небольшим относительно содержанием элементов пресноводного и наземного происхождения, очевидно, занесенных морскими течениями от берега». «Материал для образования органического вещества сланцев... дали, главным образом, водоросли...» Судя по изобилию животных остатков (местами сланцы буквально переполнены остатками аммонитов, пелеципод и Orbiculoidea maetis) и высокому содержанию в сланцах азота, и серы роль животных остатков должна быть также существенна. Необходимо также учитывать наличие в сланцах не только планктонных, но и придонных форм (местами в значительном количестве). Что касается условий, определивших образование сланцев, то главную роль в образовании сланцев сыграли, по Розанову, палеогеографические изменения конца века Perisphinctes Panderi, которые, как известно, сводились, во-первых, к утере связи нижневолжского бассейна с западноевропейским, а во-вторых, к утере связи с полярным океаном. «Когда перед наступлением средней части нижневолжского века (соответствующей зоне V. virgatus) воды Тетиса и Полярного океана перестали встречаться в нижневолжском море, последнее должно было превратиться в извилистый и длинный залив, отходящий в пределы нынешней Европейской части РСФСР с юго-востока; при этом, несомненно, существовавшие ранее морские течения должны были прекратиться, поскольку они были связаны с обменом вод Тетиса и тех бассейнов, куда открывалось нижневолжское море на севере и на западе. Напротив, в море должно было возникнуть много спокойных участков с относительно застойными водами, где планктон и придонная фауна и флора могли получить пышное развитие и куда с окружающих частей суши могли поступать воды, содержащие растворы гумусовых и ульминовых кислот и заноситься отдельные стволы растений. При этом незначительное в общем количество как гумусовых веществ, так и торфянистых масс и сильная разрушенность мелких остатков наземных растений, наряду с необычайным богатством морских организмов в большинстве сланцевых прослоек, говорят скорее за некоторое расстояние от берега этих участков застойных вод, чем за фацию лагунных отложений».

«Таким образом могли возникнуть площади и районы сапропелитовой фации, продержавшиеся до начала эпирогенетических движений, приведших к образованию песчано-глауконитовых отложений и конгломератов века V. virgatus. Чередование же глинистых прослоев с сапропелитами, с этой точки зрения, могло быть вызвано известными колебаниями в режиме циркуляции и обмена вод в бассейне, причем глинистые прослои соответствуют моментам более свободной циркуляции воды и более свободного доступа кислорода к осадку дна моря» [5].

Как видим, точка зрения Розанова совершенно противоположна

точке зрения Залесского и Кассина. В то время как у последних область накопления сланцев — маленькие прибрежные лагуны, у Розанова — это центральные части бассейна. В то время как фактором накопления органического вещества у Залесского является пышное развитие жизни, у Розанова — это, главным образом, условия среды (пониженное содержание кислорода).

Обратимся непосредственно к самим фактам и попытаемся из анализа их получить заключения, касающиеся генезиса изучаемой породы.

2

При восстановлении среды, в которой происходило отложение нижневолжских сланцев, необходимо исходить из пространственного распространения и условий залегания их. Мы должны будем отметить здесь прежде всего обширную площадь развития сланцев; можно сказать, что нижневолжские сланцы известны почти изо всех мест, где сохранились отложения зоны Perisphinctes Panderi вообще.

Далее, следует подчеркнуть значительную устойчивость стратиграфического разреза сланцев на больших площадях. Если отдельные пласты сланцев и залегают более или менее выклинивающимися линзами (хотя и здесь очень много случаев, когда линзы простираются свыше чем на 30 *км*), то сланцевые пачки, наоборот, представляют собою образования, отличающиеся уже чрезвычайной устойчивостью и поэтому протягивающиеся на сотни километров. Так, например, вторая пачка южной половины бассейна известна повсюду в Заволжье, а на правом берегу у Сызрани и Ундор.

Легко видеть, что приведенные факты никак не мирятся с гипотезой лагунного происхождения сланцев Залесского, но стоят в резком противоречии с ней, так как по этой гипотезе мы должны были бы 1) встретить приуроченность сланцев к незначительной узкой прибрежной зоне, 2) должны были бы наблюдать залегание их здесь отдельными разобщенными линзами и, наконец, 3) должны были бы иметь полное отсутствие сланцев в наибольшей, центральной части площади развития нижневолжских отложений.

Точно так же противоречащими его гипотезе оказываются и все основные факты, касающиеся фаций и фауны как самих сланцев, так и вмещающих их пород. Как было выяснено в гл. 2-й и 3-й, серые глины, чередующиеся со сланцами, состоят на 80—90% из частиц $< 0{,}01$ *мм*, а остальные 10—20% представляют песок с диаметром 0,01 — 0,05 *мм*. Механический состав сланцев нам неизвестен, но, судя по микроскопическим наблюдениям, он должен быть близок к составу вмещающей серой глины. Что же касается фауны сланцев и вмещающих глин, то из списков, приведенных выше, явствует с очевидностью, что это настоящая морская фауна, в которой представлены не только эвригалинные формы, как пелециподы и гастроподы, но и такие стеногалинные, как брахиоподы, морские ежи, криноидеи, аммониты, белемниты. Смысл приведенных фактов совершенно ясен. Очевидно, что сланцы действительно отлагались отнюдь не в прибрежной зоне, а в достаточном отдалении от нее, с одной стороны, а с другой — что море, отлагавшее их, было морем совершенно нормальной солености и не имело отклонений ни в сторону опреснения, ни в сторону осолонения. Это последнее обстоятельство особенно трудно примирить с гипотезой Залесского, ибо лиманы, как известно, никогда не удерживают — да и не могут по сути дела удержать — нормальной солености: они

либо опреснены, либо осолонены, что сейчас же приводит к резкому изменению заключающейся в осадке фауны. Таким образом и анализ фациальных и фаунистических данных говорит против гипотезы Залесского.

Мы должны будем остановиться на тех специальных доводах в пользу лиманного генезиса нижневолжских сланцев, какие приводятся разбираемым автором. Этих доводов собственно два. Во-первых, находки микроскопической водоросли, близко к Pediastrum — «типично пресноводному роду», а также труха растительных тканей, в которой Залесский видит следы перемывания близлежащих торфяников. Во-вторых, общее соображение, что органическое вещество в сколько-нибудь заметных количествах накопляется в настоящее время отнюдь не в центральных частях больших морских бассейнов, а именно в их прибрежных лагунных, затишных зонах. По поводу первого довода следует сказать, что значение его может быть истолковано совершенно иначе, чем это делает Залесский. Допустим даже, что Pediastrum со всеми его видами и близкими формами всегда был пресноводным. Спрашивается: насколько распространенными являются находки его в веществе сланцев? По данным самого же Залесского, можно заключить, что находки Pediastrites в сланце единичны. А это значит, что придавать им хоть какое-либо значение совершенно невозможно, так как эти единичные экземпляры могли быть занесены в море водой впадающих в него рек. Что касается растительной трухи, то также отнюдь не обязательно, чтобы она получалась в результате перемыва близлежащих торфяников. Вынос в море на достаточное расстояние от берега стволов, ветвей, листьев реками, погружение этих материалов на дно и их гниение там могли совершенно так же дать начало растительной трухе. В доказательство этого укажу общеизвестный факт, что в центральных частях Черного моря в настоящее время действительно находят такой занесенный растительный детритус. Таким образом положительные аргументы Залесского совершенно неубедительны и могут быть истолкованы и должны быть истолкованы совершенно иначе. Что же касается второго довода (накопление современными морями сапропеля только в гафах), то он имеет убеждающую силу лишь при допущении, что всегда, во все времена, неизменно господствовали условия отложения (и значит распределения осадков), аналогичные современным. Между тем, несомненно, и литология знает этому примеры, что в прошлом возникали осадки, совершенно непохожие на современные, и значит существовали условия седиментации, несходные с настоящими. Голая ссылка на современность, таким образом, ни в какой мере не может являться решающим доказательством.

Итак, мы видим, что при внимательном разборе аргументация Залесского не является убедительной. Наоборот, всесторонний анализ заставляет совершенно отвести его гипотезу как стоящую в резком несогласии с основными фактами литологии и стратиграфии нижневолжских сланцев. Все эти факты могут быть объяснены только при допущении, которое уже было высказано Розановым, а именно, что нижневолжские сланцы суть типичные сапропелиты, отложенные в центральных, а не прибрежных частях, и не в заливах и гафах, и притом в море, которое должно было характеризоваться совершенно нормальной соленостью.

Посмотрим теперь, какие факторы способствовали накоплению органического вещества в осадке сравнительно с вмещающей породой.

Легко видеть, что здесь представляются три возможности, которые

действовали либо каждая порознь, либо все вместе. Так, во-первых, накопление органического вещества в осадке могло иметь причиной особенности гидрологической обстановки бассейна, например сероводородное заражение воды у дна, как это думает Кассин, или просто значительное понижение содержания $O_2$, как думает Розанов. Во-вторых, это же накопление углерода в илах могло иметь и другую причину: уменьшенный принос терригенного материала в моменты отложения сланцев и усиление приноса его в моменты отложения вмещающей серой глины, что и вызывало то значительное обогащение породы битумом, то обеднение ее им. Наконец, в-третьих, можно было бы вместе с Залесским видеть решающую причину в пышном развитии жизни внутри бассейна в моменты отложения сланцев. Попробуем взвесить и критически оценить эти возможности.

Что касается решающего значения обстановки, то этот фактор должен отпасть, так как никаких следов специфической анормальной гидрологической обстановки в эпоху отложения нижневолжских сланцев не замечается. В частности следует резко подчеркнуть совершенную несостоятельность точки зрения Кассина о сероводородном заражении воды у дна бассейна. Чтобы доказать отсутствие этого заражения, достаточно указать на наличие в сланце богатейшей донной фауны, существование которой в условиях сероводородного заражения совершенно немыслимо. Мне думается, что мы не имеем права допускать даже сколько-нибудь пониженное содержание кислорода у дна, так как это опять-таки не может считаться благоприятной обстановкой для того чрезвычайного развития донной фауны, какое в эпоху сланцеобразования мы наблюдаем. Отмечу, что в современных морях максимальная продуктивность дна приурочена именно к хорошо вентилируемым районам [18a].

Таким образом все, что мы знаем о фауне сланцев, заставляет нас думать, что отложение их происходило не только в условиях нормальной солености, но и нормального газового режима воды у дна. Другое дело — сероводородное заражение в глубине осадка, под окислительной пленкой. Оно не только возможно, но совершенно несомненно. Но по поводу этого соображения следует, однако, заметить, что $H_2S$ в глубине илистых осадков есть самое обычное явление, возникающее в любых илах в силу самой илистости осадка, вызывающей замедленную циркуляцию воды. Между тем далеко не всякие илы обогащены органическим веществом. Следовательно, и признание $H_2S$ в глубоких горизонтах илистых отложений не может дать ключа к уяснению причин обогащения сланцев органическим материалом.

Точно так же мы должны решительно отбросить и второе предположение о роли приноса терригенного материала, который доставляется то в избытке (и тогда отлагаются серые глины), то в недостатке (и тогда накопляются сланцы). В неприемлемости этого объяснения убеждает простой расчет. В самом деле, если бы все сводилось только к приносу терригенного материала, тогда при переходе от сланцев к серой глине мы должны были бы иметь одновременно пропорциональное понижение и органического вещества и $CaCO_3$. Между тем в действительности при этом происходит уменьшение только органического вещества, а $CaCO_3$ даже возрастает. Это значит, что реально изменяющейся величиной является именно органическое вещество, а не терригенный материал.

Таким образом мы приходим к мысли, что действительная причина накопления органического вещества должна была заключаться только

(или решающим образом) в усиленном поступлении на дно бассейна самого органического вещества. Иными словами, мы должны будем допустить в качестве главнейшей причины усиленный расцвет жизни в нижневолжском бассейне. Что это была за жизнь, или органические формы, которые доставили своими трупами такое количество органического вещества?

В литературе уже имеются высказывания по этому поводу. В частности, Розанов уже неоднократно указывал, что в образовании нижневолжских сланцев принимали участие как растения, так и животные, как бентос, так и планктон. При современном состоянии знаний мы можем сделать эту довольно общую характеристику несколько более отчетливой и документальной. Так, в связи с открытием в сланцах хлорофилла можно считать доказанным участие растительного материала. При этом нестойкость органического вещества животных сравнительно с растительным позволяет думать, что именно растениям мы и обязаны накоплением нижневолжских сланцев. Далее, нужно думать, что этот растительный мир был не планктонным, а донным, ибо это допущение несравненно лучше объяснит нам и наличие в сланцах специфического биоценоза и относительную ограниченность сланцевых пластов, которая совпадала бы с ограниченными размерами подводных лугов. Наконец, стоит указать, что в состав допускаемых нами подводных лугов входили, повидимому, не только водоросли, но и высокоорганизованные высшие растения, биономические гомологи современной Zostera. Любопытным свидетельством этого является своеобразный состав органической массы нижневолжских сланцев, а именно пониженное содержание в ней C и H и наличие фенолов. По очень правдоподобному истолкованию Стадникова, эти особенности органического вещества должны иметь причиной более или менее значительную примесь гумусовых веществ, получающихся, как известно, от разложения лигнинсодержащих (т. е. высших) растений. Правда, Стадников думает, что эти гуминовые вещества привнесены в сланцы путем перемыва торфяников того времени. Мне кажется, однако, что все, что мы знаем, с одной стороны, о самих сланцах, с другой — о континентальных отложениях того времени, резко противоречит такому объяснению и заставляет думать, что требуемый гумусовый материал имелся на месте, происходя из той подводной растительности типа Zostera, о которой говорилось выше. Возможно, что и некоторая часть трухи растительных тканей могла появиться тем же путем (кроме указанного выше приноса древесных форм с берегов реками).

Допуская расцвет донной жизни (прежде всего растительной) как основную причину обогащенности нижневолжских сланцев органическим веществом, невозможно пройти мимо вопроса о том, каким образом с этой точки зрения возможно объяснить приуроченность сланцеобразования только к определенным моментам века P. Panderi и отсуствие его в другие времена (т. е. появление сланцевых пачек).

Мне кажется, что механизм, работавший здесь, был очень прост и сводился к колебательным движением дна. Так как растительный мир (донный) связан со светом, а последний проникал в воду на весьма ограниченную глубину, то естественно, что при углублении бассейна ниже определенной изобаты растительный покров должен резко сокращаться, а значит, и накопление органического вещества должно резко снижаться. Мы получим пустую породу — серую глину. При обратном процессе на том же месте вновь появятся подводные луга, и, значит,

вновь появится сланец. Что касается неравномерного распределения сланцев внутри пачки, то оно имело причиной частью тоже явление колебаний дна, частью просто неравномерное распределение на нем растительности. Если такое объяснение справедливо, то оно не только дает ключ к указанной выше проблеме, но одновременно раскрывает и чрезвычайно любопытные детали в жизни самого нижневолжского моря: наличие в нем мелких пульсаций, происходивших еще под водным покровом, без всякого его осушения. Отметим, что такая подвижность дна в эпоху P. Panderi чрезвычайно гармонировала бы с общим характером этого бассейна, уже давно и прочно установленным работами Павлова, Розанова, Никитина и пр.

Подводя итог проделанному анализу, можно сказать, что отложение нижневолжских сланцев имело место в бассейне с нормальной соленостью и нормальным газовым режимом, обладавшем богатой донной растительностью — водорослевой и высших растений, за счет которой собственно и следует отнести накопление органического вещества в осадке. Сам процесс накопления, однако, не был непрерывным. В моменты углубления бассейна он резко сокращался и, может быть, прекращался совсем. В моменты обмелений, наоборот, подводные луговые ковры крупными пятнами устилали почти всю территорию центральных частей бассейна, превращая его в совершенно своеобразное образование.

Если очерченная картина передает хотя бы в общих чертах действительность, то нетрудно видеть ее большое своеобразие и отсутствие какого-либо сходства с современными морскими бассейнами. В самом деле, среди современных морей с нормальным гидрологическим режимом мы не найдем образований, гомологичных с бассейном века Perisphinctes Panderi. Те немногие случаи развития подводной растительности, которые мы знаем в некоторых бассейнах, могут иметь лишь отдаленное сходство с нижневолжским бассейном, и сравнивать их было совершенно неправильно.

Таким образом нижневолжский бассейн представляется нам одним из немногочисленных, в общем, случаев в литологии, когда онтологический метод остается бессильным и мы должны ограничиваться чисто индуктивным анализом фактов. Может быть, поэтому в наших суждениях об условиях образования сланцев еще так много догадок и гипотез.

---

## ЛИТЕРАТУРА

По стратиграфии указываются только работы, вышедшие после 1925 г.; исчерпывающий список более старых — см. в сводках в работах 1 и 3 настоящего списка.

1. Архангельский А. Д., Обзор месторождений горючих сланцев Европейской России, Нефт. и сланц. хоз., № 10—12, 1920.

1а. Архангельский А. Д., Обзор геологического строения Европейской России, II, Средняя Россия, 1918.

2. Розанов А. Н., О зонах подмосковного портланда и вероятном происхождении подмосковных фосфоритов, Мат. общ. прикл. геол., 1912.

3. Розанов А. Н., Горючие сланцы Европейской части СССР, 1926.

4. Розанов А. Н., Географическое распространение сланцев в Европейской России, Бюлл. нефт. комитета, 1918.

5. Розанов А. Н., Геологические условия нахождения ствола папоротника в нижневолжских отложениях близ с Городище, Изв. геол. ком., стр. 578, 1927.

5а. Розанов А. Н., Вопросы стратиграфии и тектоники Заволжья, Бюлл. МОИП, № 1, 1931.

6. Страхов Н. М., Очерк строения нижневолжской сланцевой толщи, Рукопись, фонды НГРИ.

7. Залесский М. Д., Первый опыт микроскопического исследования нижневолжского горючего сланца, Изв. сапр. ком., вып. 4, 1928.
8. Кассин Н. Г., Описание 109 листа десятиверстной карты Европейской части Союза, Труды геол. ком., вып. 158, 1928.
9. Кассин Н. Г., Горючие сланцы Вятского края, Вестн. геол. ком., 1925.
10. Соколов М. И., Геологические исследования в бассейне р. Унжи. Труды ассоциации научно-исслед. институтов при 1 МГУ, II, 1928.
11. Соколов Д. Н., Оренбургская юра, Геология России, III.
12. Кром И. И., Юрские отложения и следы нижнего мела на Ветлужско-Унженском водоразделе в пределах б. Ветлужского уезда. Бюлл. МОИП., т. VIII, № 3—4 1930.
13. Попов и Горяинов, Отчет о разведке горючих сланцев в окрестностях с. Совельевки Пугачевского округа, сборник «Горючие сланцы и их техническое использование», 1932.
14. Попов Н. М., Отчет о разведке горючих сланцев в бассейне Садомны, Таловки и Солянки на юге Общего Сырта, там же.
15. Кацауров, Отчет о разведке горючих сланцев в окрестностях хут. Макарова на Общем Сырту, рукопись, фонды Сланцеоб'единения.
16. Горяинова О. П., Геологический отчет о поисках горючих сланцев в окрестностях с. Орловки, рукопись, фонды МГРУ.
17. Худяев П. Е., Новые данные по стратиграфии верхнеюрских и неокомских образований в Сысольском районе, Труды Ленингр. о-ва естест. т. VII, вып. 4.
18. Худяев П. Е., К геологии сысольского района, там же, т. VI, вып. 1.
19. Раковский Е. В., Сборник «Горючие сланцы и их использование» стр. 145, 1929.
20. Челинцев В. В., Сборник «Горючие сланцы и их использование», стр. 406, 1921.
21. Челинцев и Челинцева, Качественная характеристика нижневолжских сланцев на основании детальных химико-аналитических исследований, Изв. Нижегородского о-ва краеведения, II, 1931.
22. Орлов и сотр., Горючие сланцы Чувашской республики. Химия твердого топлива, стр. 444, 1932.
23. Стадников Т. Л., Происхождение угля и нефти, ОНТИ, 2-е изд., 1933.
24. Стадников Т. Л., Ископаемые угли и горючие сланцы, Химия твердого топлива № 7—8, стр. 476, 1932.
24a. Стадников Т. Л., Химия угля, стр. 91, 1932.
25. Фокин, Химические исследования кукерсита, Горный журнал, 1913.
26. Potonié, Die Ölschiefer und seine Verwandten, 1928.
27. Potonié, Zur Miktoskopie der Bitumina, Zeitschrift der Deutsch. geol. Gesellsch. B. 84, Heft 6, 1932.
28. Twenhfel, Treatise on Sehimentation, 1926.
29. Andrée K., Geologie des Meeresbodens, Bd. II.
30. Самойлов Я. В., К минералогии фосфоритовых месторождений, Труды комиссии по исследованию фосфоритов, II—IV.

---

# Brennschiefer der Zone Perisphinctes Panderi d'Orb.

## (Lithologische Übersicht)

*N. M. Strachóff* (*Moskau*)

Institut für Erdöl-Geologie

### Zusammenfassung

Die vom Verfasser untersuchten Brennschiefer gehören der Zone des Per. Panderi und den untersten Schichten der Zone des Virg. Virgatus an.

Der Aufbau der schieferführenden Schichten ist in ihren verschiedenen Entwicklungsgebieten verschieden. Der Verfasser hebt vier Gebiete hervor (siehe Karte). Das erste umfasst das ganze linksseitige

Wolgagebiet, speziell das Gebiet des paläozoischen Walles des Obschtschy Syrt und die daran grenzenden Gebiete im Osten und Südosten, am Ilek-Flusse. Charakteristisch für den Aufbau der Schieferserie in diesem Gebiet ist ihre günstige Erhaltung und die Gliederung der Serie in vier Komplexe, die sich allerdings nicht überall verfolgen lassen (Abb. 3). Das zweite Gebiet liegt am rechten Wolgaufer und umfasst den Bezirk von Syzran einerseits und das Undor-Buinsk-Gebiet andererseits. Derselbe Aufbau der Schichten scheint auch nördlicher im Becken der Wetluga vorhanden zu sein. Zu den Besonderheiten des zweiten Gebietes, im Vergleich mit dem ersten, gehört: 1) Mangelhafte Erhaltung der schieferführenden Schicht infolge von oberflächlicher Abtragung; 2) völliges Fehlen der Schiefer in der unteren grösseren Hälfte der Zone des Per. Panderi, die hier durch stark kalkige Tone und Mergel vertreten ist (Abb. 4). Stratigraphisch entsprechen die Schiefer des zweiten Gebietes nur dem einen der Komplexe, des linksseitigen Wolgagebietes, wahrscheinlich dem zweiten von oben. Das dritte Gebiet umfasst das rechte Ufer der Sura, ferner das Moskauer Becken und endlich das Gebiet von Kostroma und Unzha.

Hier ging die Abtragung der schieferführenden Schicht noch tiefer. Sie fand teils im Jura, vor der Transgression der Zone des Virg. virgatus, teils vor der Kreide statt. Von der ganzen Schicht sind nur 1—1,5 m erhalten. Das Auftreten von Aucella rugosa, A. striato rugosa, A. orbicularis, Perisphinctes miatschkowensis, veranlasst uns, die hier entwickelten Schiefer mit den unteren Schichten mit Per. Panderi in Beziehung zu bringen und sie einem von den beiden unteren Komplexen des Obschtschy Syrt gleichzustellen, ohne aber die Frage zu lösen, welchem von beiden.

Das vierte Gebiet, endlich, umfasst das Becken der Flüsse Maloma, Kobra, Wjatka und Syssola. Die schieferführenden Schichten erreichen in diesem Gebiet wieder ihre volle Entwicklung (d.h. sie sind nicht abgetragen) und erinnern in dieser Beziehung an die Schichten des linksseitigen Wolgagebietes. Der Unterschied gegenüber dem letzteren besteht darin, dass im vierten Gebiet die Schiefer ausschliesslich den oberen Teilen der Zone des Per. Panderi und den unteren der Zone des Virg. Virgatus entsprechen, im unteren Teil der schieferführenden Serie aber gänzlich fehlen.

Ein genaues Studium der Schiefer in petrographischer, chemischer und paläontologischer Hinsicht ergab folgendes:

Die Schiefer bilden ein dunkelgraues, fast schwarzes (oder braunes) leichtes holziges Gestein, das Fossilreste in Menge enthält und durchzogen ist von einem Netz sich verflechtender flacher Wurmgänge, die zum grössten Teil von Koprolithen ausgefüllt sind. Der Gehalt an organischer Substanz schwankt zwischen 11—14% und 50—54% und beträgt meist 14—30%. Die Menge von $CaCO_3$ schwankt zwischen 3,76 und 43,81%, meistens 10—20% betragend; und $FeS_2$, die einzige primäre mineralische Neubildung in den Schiefern, findet sich im Betrage von 0,048 bis 2,12%.

In chemischer Hinsicht zeichnet sich die organische Substanz aus: a) durch eigenartigen Elementarbestand: C—62%; H—7—8%; N—1,1%; S—6—7%; O—19—20%; b) durch schwere Löslichkeit: durch Benzol-Alkohol gelingt es nur 6—9% A+C-Bitumen zu isolieren; das Auslaugen ergibt nur 0,3%—1,4%; c) durch bedeutende Destillationsfähigkeit: wie die Untersuchungen

von Tschelinzew zeigen, „geht die Zersetzung des Kerogen vor sich, indem sich 1 Teil Teer, 1 Teil Gas und 1,5 Teile Koks bilden", d. h. flüchtig sind im ganzen 57—60%. Die Fauna der Schiefer ist aus Tabelle Seite 70. ersichtlich.

Charakteristisch für die Biozönose ist die ausserordentliche Entfaltung der Orbiculoidea maeotis, Inoceramus retrorsus, Astarte ovoides, Lingula; die übrigen Formen spielen keine grosse Rolle. Beobachtungen hinsichtlich der Erhaltung der Fauna und der mineralischen Neubildungen in den Schiefern haben ergeben, dass das Gestein nach seiner Ablagerung einige diagenetische Veränderungen erlitten hat, die als Entfernung eines bedeutenden Teiles von $CaCO_3$ und Wanderung und Umlagerung von $FeS_2$ zusammengefasst werden kann. Die organische Substanz dagegen erleidet keine einigermassen ersichtliche Migration.

Die grauen Tone, die mit den Schiefern wechsellagern, sind ein dunkelgraues umgeschichtetes Gestein, dessen Material zu 60—70% terrigen ist, zu 25—35% aus $CaCO_3$ besteht und nur 2—3% organische Substanz enthält Der terrigene Teil des Gesteins besteht hauptsächlich aus Körnern, die kleiner sind als 0,01 mm (80—90%) und nur zu einem kleinen Teil aus gröberem Korn von 0,01 bis 0,05 mm (9—10%); Körner, die grösser sind als 0,05 mm kommen nur vereinzelt vor.

In der Fossilführung unterscheiden sich die grauen Tone von den Schiefern recht scharf dadurch, dass die Hauptarten der Fauna der Schiefer: Orbiculoides maeotis, Inoceramus retrorsus, Astarte ovoides, Lingula hier entweder ganz verschwinden oder in den Hintergrund treten. Die am häufigsten auftretenden Formen sind die Brachiopoden (Terebratula), Nuculidae, Aucella, Pecten und Stacheln von Seeigeln, die darauf hinweisen, dass die Rolle der letzteren in der Fauna bedeutend grösser wird.

Die Gesteine des oberen Kimmeridge, welche die Schieferserie unmittelbar unterlagern, treten nur am rechten Wolgaufer (Undora, Kaspir) zutage und bestehen aus kalkigen Tonen, die petrographisch den mit den Schiefern wechsellagernden Tonen äusserst ähnlich sind.

Die Gesteine der Deckschichten unterscheiden sich dagegen scharf von den Gesteinen der schieferführenden Serie. Am besten treten sie am linken Ufer der Wolga zutage. Drei petrographische Varietäten sind zu beobachten. Zunächst finden wir helle, gelblich-graue, dichte harte kalkig-mergelige Sandsteine, sehr fossilreich, von 1—0,5 m Mächtigkeit. Sie wechseln mit kalkig-sandigen Tonen von derselben Farbe, die gleichfalls eine reiche Fauna enthalten. Die dritte Varietät bilden feste Muschelkalke. Faunistisch (Seite 86) zeichnen sich die Deckelteile durch ihre eigene Vergesellschaftung aus, die der Verfasser als Aucella-Fauna bezeichnet und die hauptsächlich aus zahlreichen Aucella, grossen Ctenostreon, Modiola, Pinna, Trigonia u.a. besteht.

Bei Erörterung des Problems der Bildung der Schiefer kommt der Verfasser zu dem Schluss, dass keine von den vorgeschlagenen Erklärungen (Rosanow, Zalessky, Kassin) eine erschöpfende Antwort zu geben vermag, doch die Deutung von Rosanow scheint der Wahrheit am nächsten zu sein. Auf Grund einer Analyse der geschilderten Angaben kommt der Verfasser zu folgenden Schlüssen:

1) Die Ablagerung der Schiefer verlief im Meerwasser von normaler Konzentration bei normaler Durchlüftung. 2) Der Hauptgrund für die Bildung der Schiefer liegt in der Entfaltung einer reichen Pflanzenwelt, die aus Algen und höher organisierten Wasserpflanzen bestand

(Spuren der Anwesenheit von Huminstoffen!). 3) Die mehrfache Wechsellagerung von Schiefer und Ton lässt sich durch Schwankungen des Meerbodens erklären. Da die Pflanzendecke von der Beleuchtung abhängt und das Licht nur auf eine recht kurze Strecke ins Wasser eindringt, nahm die Pflanzendecke bei Senkung des Bodens unter eine bestimmte Isobare recht merklich ab, folglich wurde auch die Ansammlung organischer Substanz viel geringer. Es erfolgte die Ablagerung des grauen Tons. Bei Umkehrung des Prozesses an demselben Ort entstanden wieder marine Rasen und die Ablagerung von Brennschiefern begann von neuem.

---