

ГЕОЛОГИЯ УГЛЕЙ
СИБИРИ
И
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

ГЕОЛОГИЯ УГЛЕЙ
СИБИРИ
И
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1965

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

И. Н. ЗВОНАРЕВ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Программой создания и развития материально-технической базы коммунизма предусматривается небывалый по объему и темпам промышленного развития рост всех отраслей народного хозяйства Советского Союза. Особое внимание при этом уделяется развитию промышленности восточных районов страны, где на ближайшее 20-летие намечается создание новых энергетических баз на месторождениях дешевых углей и гидроэнергоресурсов Ангары и Енисея. Обращается внимание на более рациональное размещение промышленности, комплексное и пропорциональное развитие народного хозяйства, обеспечение достаточных хозяйственных резервов и эффективность капиталовложений. Все эти вопросы имеют непосредственное отношение к работе научных и производственных организаций геологической службы Советского Союза, занимающейся изучением недр, выявлением и оценкой природных минерально-сырьевых ресурсов страны.

В недрах Советского Союза содержатся огромные потенциальные ресурсы ископаемых углей, вполне обеспечивающие успешное решение поставленной задачи. Тем не менее намеченный темп развития угольной промышленности не может быть достигнут без дополнительных поисково-разведочных и научно-исследовательских работ.

Изученность угольных бассейнов Советского Союза крайне неравномерна и в ряде бассейнов недостаточна для рационального развития угледобывающей промышленности. Особенно это относится к восточным районам страны, где в связи с развитием черной металлургии возрастает потребность в коксующихся углях, а перспективы по ним в сибирских бассейнах выявлены еще далеко не полно. Даже в относительно хорошо изученном Кузнецком бассейне закономерности размещения углей различного качества до сих пор полностью не установлены.

Кроме того, с расширением круга и способов потребления углей, в частности в связи с поисками новых путей прямого преобразования тепловой энергии в электрическую, возникает необходимость в более углубленном изучении природы и качества углей. Все это ставит перед геологами-угольщиками ряд больших и серьезных задач по быстрейшему освещению вопросов геологии и закономерностей размещения ископаемых углей на территории СССР, более глубокого познания исходного состава, свойств и качественного распространения их в основных угольных бассейнах страны, разработки критериев комплексной оценки и научного прогноза для определения правильного направления поисково-разведочных работ, а также оценки химико-технологических свойств ископаемых углей для определения наиболее рационального их использования.

Вопросы состояния и дальнейшего направления научных исследований в области геологии угля рассматривались на III и IV совещаниях

Сибирской межведомственной тематической комиссии при Президиуме Сибирского отделения АН СССР по проблеме «Закономерности размещения ископаемых углей в земной коре» 5—8 апреля 1961 г. в г. Новокузнецке и 9—12 мая 1962 г. — в г. Красноярске.

Представленные Сибирской тематической комиссии доклады и информации по результатам выполненных за последние годы исследований свидетельствуют о заметном расширении работ по углубленному изучению вещественного состава углей и вмещающих пород. Особый интерес с этих точек зрения вызвали доклады И. И. Аммосова и С. И. Малинина, И. И. Молчанова и А. В. Тыжнова, [В. И. Скока], А. И. Гусева, А. И. Бочарниковой, Т. М. Пчелиной и Г. П. Арсентьевой, С. С. Авдеева, В. И. Быкадоровой, В. И. Копорулина, О. Г. Румянцевой и др.

По-прежнему большое внимание в исследованиях уделяется условиям образования угленосных отложений и закономерностям угленосности. Этим вопросам были посвящены сообщения А. В. Македонова, Г. М. Ярославцева, Б. Л. Афанасьева и В. И. Яцука, В. С. Быкадорова и А. А. Томилова, М. М. Маландина, В. М. Сливко, В. А. Борисова и Н. Н. Винниченко, П. П. Тимофеева, В. О. Соловьева и И. И. Шарудо, Ю. Б. Устиновского и И. В. Китаева, И. В. Бурня и др.

Усиливающимися темпами ведутся также исследования в области метаморфизма и прогноза качества углей. По этим вопросам выступали с докладами В. И. Скок, И. В. Еремин, И. С. Пельдяков, Л. А. Шитова, И. К. Яковлев, В. С. Быкадоров, Ю. Р. Мазор и А. К. Матвеев, К. А. Ефремов и др.

Продолжаются исследования в области стратиграфии, литологии, корреляции разрезов угленосных отложений — доклады Н. Г. Беленко, А. П. Чухряевой, О. А. Бетехтиной, Л. С. Алексеева, С. Г. Гореловой и Л. Л. Дрягиной, П. И. Глушинского и М. М. Маландина, Э. М. Сендерзона и И. М. Репина, Л. Н. Гутовой, Л. А. Рагозина и др.

Наряду с несомненным прогрессом научных исследований и имеющимися достижениями в области изучения геологии углей на совещаниях выявилась необходимость дальнейшего совершенствования и унификации методов исследований, а также усиления обобщающих работ, что будет способствовать не только более быстрому выявлению и оценке ресурсов минерального топлива, но и совершенствованию научно-теоретических основ геологии ископаемых углей.

Оценка состояния изученности и результаты исследований геологии углей отражены в соответствующих решениях III и IV совещаний Сибирской тематической комиссии. В настоящем сборнике публикуются некоторые доклады, прочитанные на III и IV совещаниях Сибирской тематической комиссии, и отдельные статьи, поступившие в комиссию за последнее время.

СТАДИИ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛЕЙ И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД

ВВЕДЕНИЕ

В отдельных структурных образованиях мощности осадочных толщ превышают 15 км. С погружением осадочные породы испытывают воздействие все более высоких температур, которые на глубине 15 км местами, вероятно, достигают 600°. При этом под влиянием внутреннего тепла Земли и повышенного давления возникают новые термодинамические условия, что приводит к изменениям осадочных пород.

За последние годы значительно повысился интерес геологов к той стадии изменения осадочных пород, которая находится между диагенезом и метаморфизмом.

Не так давно многие ученые вообще отрицали какие-либо изменения горных пород на данной стадии, но в дальнейшем были установлены четкие петрографические признаки этих изменений. В феврале 1960 г. в Институте геологических наук АН СССР было создано специальное совещание, посвященное итогам работ по изучению этих петрографических признаков и координации исследований по стадиям осадочного породообразования; сформулированы конкретные задачи его изучения и составлена программа дальнейших исследований.

Эта промежуточная стадия изменения горных пород обозначается термином «эпигенез». Н. Б. Вассоевич (1957), Н. М. Страхов и Н. В. Логвиненко (1956), Л. В. Пустовалов (1956) полагают, что термин «эпигенез» неудачен, так как он охватывает все процессы от образования породы до ее выветривания. Термин «эпигенез» предложено заменить термином «катагенез».

Катагенез наблюдается в осадочном чехле платформ и в областях, переходных к геосинклинальным, а также в верхних частях периферийных регионов геосинклиналей. Установлено, что в стадию катагенеза происходит постепенное уплотнение осадочных пород, соответственно уменьшается пористость и увеличивается плотность. Происходит преобразование глинистых минералов, перекристаллизация цемента песчаников, а также выделение вторичных минералов по трещинам. Все эти преобразования, исключая выделения по трещинам, совершаются без привноса вещества извне. В результате катагенеза изменяются лишь внешний облик и некоторые физические свойства пород, в то время как сами породы по большинству признаков относятся к осадочным, но не к метаморфическим. В настоящее время делаются попытки подразделить стадию катагенеза на несколько частей. Вопросы зональности разрабатываются А. Г. Косовской (1962) и др. Для этой

стадии, как указывает Н. М. Страхов (1960), при возникающих в период катагенеза термодинамических условиях «осуществляется сплошное, региональное окаменение» и «в катагенезе основной реакцией осадочных пород на изменение термодинамических условий является уплотнение пород, их литификация при второстепенных изменениях минералогического состава».

Итак, в результате изменения физико-химических условий при погружении осадочных пород под влиянием возрастающей температуры и давления образуются различные новые минералы и их комплексы, причем особенно легко и быстро изменяются органические вещества, находящиеся в осадочных породах в виде угля, нефти и т. п.

Вероятно, молекулы органического вещества нефти подвергаются перестройке при меньшем давлении и меньшей температуре, чем молекулы органического вещества угля. В свою очередь последнее подвергается глубоким метаморфическим изменениям раньше, чем большая часть неорганических минералов.

Неоднородность осадочных пород и неодинаковая устойчивость веществ, слагающих их компоненты, обуславливают одновременное течение процессов, различных по конечным результатам в рядом расположенных компонентах при одной и той же температуре и одинаковом давлении. При этом когда в неорганических составных частях осадочных толщ протекают процессы катагенеза, в органическом веществе угля и нефти происходят значительно более глубокие превращения молекулярной структуры и изменения химического состава, более соответствующие понятию о процессах метаморфизма (Жемчужников, 1948; Аммосов, 1941, 1953).

Содержание терминов диагенез, эпигенез, катагенез и метаморфизм неточно отражает неоднородность изменения осадочных пород. Кроме того, в упомянутые термины разные исследователи вкладывают различное содержание, что всегда вносит неопределенность в научные понятия и представления, для устранения которой целесообразно ввести новые термины. Однако введение их требует предварительного широкого обсуждения. Поэтому в порядке постановки вопроса предлагается различать изменения осадочных пород, происходящие под влиянием температуры и давления, не по характеру процессов (они неодинаковы в зависимости от исходного вещества компонентов осадочных пород) и не по глубине, на которой происходит превращение осадков (глубина при одних и тех же температурах и давлениях может быть различной), а по последовательности этих явлений во времени с выделением первой (А), второй (Б) и третьей (В) групп процессов изменения осадочных пород. Основным критерием, определяющим стадии этих процессов, следует принять изменения органических веществ (Аммосов, Тан Сю-и, 1961).

Процессы изменения осадочных пород (группа А) охватывают превращения исходного органического материала в нефть, бурый уголь и уголь, переходный от бурого к каменному, а также соответствующие этим стадиям изменения в неорганических минералах.

Процессы группы Б охватывают комплекс превращений тяжелых (неокисленных) нефтей в метановые, изменения каменных углей от длиннопламенных до тощих включительно, превращения угольных битумов и, вероятно, частичную миграцию их из углей в породы, а также соответствующие изменения глинистых и других минералов.

К процессам группы В относятся превращения каменных углей в полуантрациты и антрациты, а также соответствующие изменения неорганических минералов.

В процессах превращения осадочных пород легче и быстрее изменяются органические вещества. При этом уголь, как правило, в основном залегают на месте его первичного формирования и поэтому более

представителен для характеристики стадии изменения осадочных пород, чем нефть. Органическое вещество угля может быть использовано для этой цели также потому, что оно довольно широко распространено в осадочных породах различных типов и геологического возраста.

Так, пласты гумусового угля рабочей мощности встречаются в осадочных породах начиная с нижнего карбона. В осадочных породах чаще, чем рабочие пласты, наблюдаются и шире распространены мелкие включения угольного вещества в виде линз и прослоек мощностью от 0,5 м. Они встречаются начиная с девона. Еще более распространены в осадочных породах такой компонент угольного ряда, как макроспоры и микроспоры, обнаруженные С. Н. Наумовой (1951) даже в докембрийских отложениях.

Изменения углей, характерные для процессов групп Б и В, только приблизительно соответствуют изменениям осадочных пород, охватываемым термином «катагенез» в понимании его, принятом на научном совещании в 1960 г. в Геологическом институте АН СССР. Температурные границы предполагаемых групп не совпадают с принятыми для катагенеза. Как упомянуто, катагенез ограничивается совершенно определенными величинами температуры и давления, а именно — температурой в 200° и давлением $p_{абс} = 2000 \text{ ат}$. В то же время скважинами на нефть в Предкавказье на глубине 3500 м вскрыты осадочные породы мезозоя с угольными включениями, находящимися на бурогольной стадии, причем температура в скважинах оказалась равной около 130°. В связи с этим не лишено основания предположение о пограничной температуре между средними и поздними процессами изменения осадочных пород порядка 300°.

Несмотря на широкое распространение включений угля в осадочных породах, они все же встречаются не повсеместно. Поэтому для характеристики стадий изменения осадочных пород очень важно изучить превращения не только органического вещества, но и неорганических осадочных пород.

Сопоставление изменений угля и неорганического материала, изложенное в данной работе — результат комплексных углепетрографических и минералого-петрографических исследований, выполненных по одним и тем же разрезам осадочных пород.

В изменениях органического вещества нефтей и углей, происходящих под влиянием температуры и давления, несомненно, существуют парагенетические отношения. В результате изучения этих отношений по изменениям органического вещества углей можно будет судить об оптимальной нефтегазоносности осадочных пород и с учетом литологических и тектонических особенностей данного района наметить участки возможного максимального проявления в нем промышленной нефтеносности. Чтобы превращения органического вещества угля использовать как показатель стадий изменения осадочных пород, необходимо: осветить влияние основных генетических факторов на состав и свойства углей; выбрать метод и показатель, характеризующий изменения органического вещества углей, происходящие под влиянием температуры и давления; дать шкалу подразделения углей по стадиям их изменения под влиянием этих факторов; охарактеризовать изменения ископаемых углей на примере хорошо изученных угленосных бассейнов; наметить парагенетические отношения угля и нефти. Часть этих вопросов была рассмотрена ранее И. И. Аммосовым (1961).

Практическое значение решения вопроса возрастает еще и потому, что по стадиям изменения органического вещества мелких угольных включений и минералого-петрографическим особенностям неорганических пород в процессе геологических поисков может быть установлен марочный состав возможных промышленных пластов угля. Кроме того,

на основании исследований изменения неорганических минералов может быть дан прогноз поведения пород в горных выработках (Васильев, Малинин, 1960).

Одним из минеральных индикаторов изменений осадочных пород является кварц в песчаниках и алевролитах. Вначале идет уплотнение породы вплоть до соприкосновения обломочных зерен, без регенерации. Далее идет образование мозаичных структур (грануляция), затем микромиграция, переотложение кварца в те места, где его ранее не было. В дальнейшем начинаются регенерация и конформация. На всем протяжении процесса идет коррозия кварца.

Глинистый материал, в частности каолинит, мономинеральных кварцевых песчаников может постепенно переходить в диксит; в полимиктовых песчаниках и в случае разнородных цементов идет гидрослюдизация каолинита. Смешанные глины, каолинитово-гидрослюдистые, также претерпевают гидрослюдизацию, причем на определенном этапе начинается бластез, избирательная кристаллизация с образованием в дальнейшем крупных кристаллов мусковита. Монтмориллонитовые глины могут сохраняться неизменными при быстром накоплении осадков (геосинклинальные области), но в процессе изменений монтмориллонит также может переходить в гидрослюду.

Полевые шпаты и обломочные слюды испытывают пластические деформации, дробление по спайности и т. д.

Таким образом, на этой стадии изменения песчаный и глинистый материал претерпевают деформацию и перекристаллизацию, а также происходит возникновение новообразований.

Карбонаты, в особенности в тех случаях, когда они являются преобладающими или единственными минеральными компонентами породы (известняки, сидериты), в стадию рассматриваемых изменений претерпевают перекристаллизацию: микрозернистые известняки становятся несколько более крупнокристаллическими, остатки скелетов организмов оказываются перекристаллизованными с краев, а иногда и полностью.

Весьма существенный показатель — изменение физико-механических свойств всех видов осадочных пород на разных этапах. Подробнее на этом мы остановимся ниже.

Также весьма важна, на наш взгляд, постепенная потеря глинистыми породами и обломочными с глинистым цементом способности размокать в воде. Полученные нами в этом отношении данные приведены ниже.

Целью настоящей работы является установление связи между изменениями, происходящими и в угле и во вмещающих породах. В настоящее время при выделении дробных стадий изменения осадочных пород еще нет возможности провести их четкие границы или установить какую-то строгую зональность по неорганическим минеральным веществам, но уже намечается некоторая закономерность этих изменений. В дальнейшем она, вероятно, может быть уточнена и использована для характеристики стадий изменения углей и физико-механических свойств пород.

В лаборатории петрологии углей Института геологии и разработки горючих ископаемых АН СССР обобщения исследований изменения углей проведены И. И. Аммосовым, а соответствующие исследования вмещающих пород — С. И. Малининым¹. Основным количественным

¹ В отборе проб, приготовлении препаратов для микроскопического исследования, в разработке аппаратуры для количественного определения отражательной способности принимали участие научные сотрудники Б. Г. Бабашкин, В. К. Прянишников, лаборанты Т. А. Терехова, Н. Г. Федорова, Б. Н. Варенцов и Р. И. Графова, которым авторы приносят глубокую благодарность.

критерием для дифференцированного определения стадии изменения осадочных пород принимается отражательная способность микрокомпонентов углей, главным образом витринита.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В летние полевые периоды 1959 и 1960 гг. в пределах Донецкого и Ленского бассейнов был изучен керн более 100 скважин. Примерно из 40 этих скважин были отобраны образцы рассеянных угольных включений и вмещающих пород. В Донецком бассейне исследованы скважины, охватывающие все зоны метаморфизма углей, а в Ленском — часть угленосной толщи мощностью около 3400 м, вскрытой структурно-поисковыми скважинами на нефть. Вместе с тем в Донецком и Ленском бассейнах, по-возможности, отбирали образцы из скважин с одинаковыми марками углей, но в различных районах, что позволило сделать соответствующее сравнение степени изменения пород, содержащих примерно изометаморфные угли. Таким образом было отобрано свыше 950 образцов.

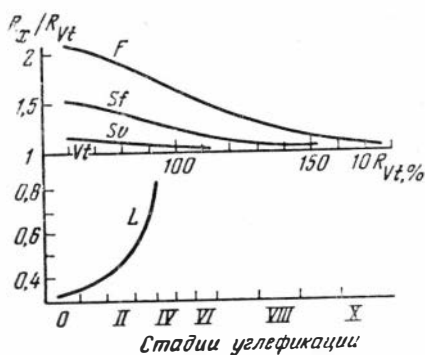
Угольные включения и угли из рабочих пластов подвергали макроскопическому и микроскопическому исследованию с определением отражательной способности витринита. Отражательную способность определяли фотоэлектрическим методом, основанным на измерении электрического тока, возбуждаемого в фотоэлементах светом, отраженным полированной поверхностью витринита. Чем выше стадия метаморфизма угля, тем больше ток, возбужденный этим светом в фотоэлементе.

Исследования проводили на микроскопе МИМ-7, где вместо фотопластинки в приспособление для микрофотографирования помещен селеновый фотоэлемент. Величину тока, возбуждаемого в фотоэлементе светом, отраженным от полированной поверхности витринита, измеряли миллиамперметром. При этом все измерения отражательной способности витринита производили в строго одинаковых условиях.

Отражательную способность угля в воздушной среде или в масле при оранжевом свете сравнивали в тех же условиях с отражательной способностью минералов, имеющих известную и устойчивую отражательную способность, близкую к отражательной способности угля. Эталонами, наиболее близкими к диапазону изменений отражательной способности витринита различных стадий метаморфизма угля, были кварц, гранат и сфалерит.

Необходимость определения отражательной способности угля для характеристики стадии метаморфизма по витриниту обусловлена тем, что отражательная способность различных микрокомпонентов на одной и той же стадии метаморфизма угля неодинакова (фиг. 1).

На оси абсцисс фиг. 1 отложена отражательная способность витринита (средняя линия) и приведены обозначенные римскими цифрами стадии метаморфизма (нижняя линия); на оси ординат представлено отношение отражательной способности других микрокомпонентов



Фиг. 1. Отражательная способность компонентов угля на разных стадиях углефикации

R_x — отражательная способность исследуемого компонента. R_{vt} — отражательная способность витринита. Vt — витринит, Sv — семивитринит, Sf — семифюзинит, F — фюзинит, L — лейптинит

(семивитринита, семифюзинита, фюзинита и лейптинита) к отражательной способности витринита. Отражательная способность вещества микрокомпонентов на одной и той же стадии метаморфизма (как это видно на фигуре) колеблется в широких пределах. Меньшей отражательной способностью обладает лейптинит, большей — фюзинит. Компоненты группы фюзинита — семифюзинит и микринит имеют меньшую отражательную способность, чем собственно фюзинит. Поэтому кривая отношения отражательной способности лейптинита к витриниту на графике расположена ниже, а кривые семивитринита, семифюзинита и фюзинита — выше линии витринита.

Общая закономерность изменения отражательной способности проявляется в том, что в низкометаморфизованных углях разница в отражательной способности между компонентами наибольшая. Она уменьшается с возрастанием метаморфизма.

В угольной геологии большинство цифровых показателей, характеризующих свойства горючих ископаемых (содержание углерода, выход летучих и др.), изображаются двухзначными цифрами. При этом десятые доли упомянутых величин, как правило, находятся вне пределов точности методов определения их. Неточность определения рассматриваемой нами отражательной способности может быть снижена до $\pm 0,1$ абсолютной. Поэтому для получения более правильных цифр отражательная способность R представлена нами увеличенной в 10 раз. Она изображается величиной $10R\%$. По точности это будет соответствовать другим широко применяемым показателям свойств углей.

При определении отражательной способности витринита необходимо учитывать ее изменения, происходящие под влиянием процесса метаморфизма и не связанные с этим процессом. Для сведения до минимума различных влияний на величину отражательной способности витринита следует:

- 1) определять отражательную способность только типичного коллинита или, наоборот, только типичного телинита;
- 2) проводить наблюдения в аншлифе-куске поперек слоистости при постоянной ориентировке длинных осей прослойков;
- 3) в каждом прослойке, выбранном для исследования в аншлифе из куска угля, определять отражательную способность как среднее из наблюдений по 10 точкам, в аншлифе-брикете — по 20 точкам, в аншлифе антрацитов — по 30 точкам с получением минимальной и максимальной отражательной способности соответственно влиянию явления двуотражения;
- 4) тщательно следить за чистотой поверхности аншлифа; за отсутствием на ней каверн, трещин и невитреновых включений;
- 5) соблюдать стандартные условия полировки;
- 6) обеспечивать стабильность напряжения в сети, питающей осветитель микроскопа.

Из образцов пород были изготовлены прозрачные шлифы, по которым определяли и описывали породы, подсчитывали (в процентах) содержание слагающих их первичных и вторичных минералов. Эти подсчеты делали с помощью сетчатого окуляр-микрометра, разделенного на 400 клеток. При подсчете измерения проводили в десяти полях зрения; таким образом, за 100% принимали 4000 клеточек сетки.

Глинистые минералы определяли и в иммерсионных препаратах.

Кроме того, была сделана попытка количественно оценить изменения угля и соответствующие данной стадии минералого-петрографические изменения, происходящие в неорганических осадочных породах, включающих угли от бурых до антрацитов.

В настоящей работе был принят следующий порядок исследования вмещающих уголь пород: для каждой стадии были выбраны соответ-

ствующие скважины, и если исследуемая стадия встречалась в различных частях бассейна, то приводятся данные, полученные для всех этих районов. Во многих случаях та или иная скважина на глубину содержит угли и породы с заметно повышающейся стадией метаморфизма, причем угли изменяются примерно от марки Д до Г или от Г до Ж и т. д. Такие границы соответственно обозначали на разрезе скважин.

Учитывая задачи настоящей работы — показать количественные признаки изменений по стадиям как углей, так и вмещающих пород, мы не приводим в каждом случае полное описание петрографического состава той или иной породы или угля, так как это привело бы к значительному увеличению объема статьи. Это сделано только в отдельных случаях в качестве примеров для основных, как бы опорных точек.

Во всех случаях, когда это было возможно, были отобраны и исследованы образцы всех типичных для Донецкого и Ленского бассейнов пород: песчаники, алевролиты, известняки и аргиллиты. Таким образом удалось проследить изменения во всех разновидностях типичных пород.

СТАДИИ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛЕЙ

Методы определения стадий изменения вещества ископаемых углей по отражательной способности в настоящее время применяются в углепетрографии.

Следует полагать, что отражательная способность витринита изменяется в зависимости от перестройки тонкой и ультратонкой структуры органического вещества, происходящей под влиянием температуры и давления в процессе формирования угля. В основном это, вероятно, связано с упорядоченностью и ростом конденсированных сеток углерода, а не с особенностями боковых цепей. Отражательная способность — наиболее яркое внешнее выражение глубоких изменений строения орга-

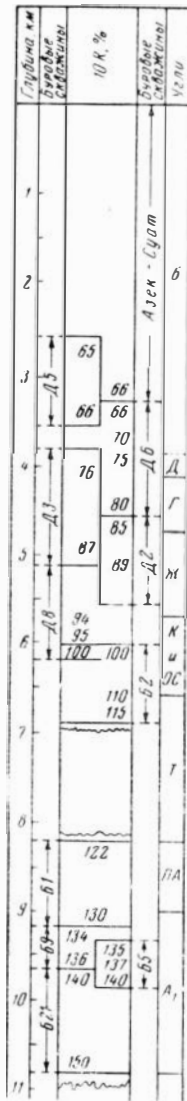
Таблица 1

Стадии изменения углей, состоящих в основном из витринита, и сопоставление их отражательной способности с выходом летучих веществ, содержанием углерода, промышленными марками и теплотой сгорания

Стадия	Отражательная способность углей			Обозначение стадий	Средний выход летучих, V _г , %	Среднее содержание углерода, C _г , %	Теплота сгорания Q _{сг} , ккал/кг	Марки
	10 R _v ⁵⁵⁸ (воздух), %		10 R _п ⁵⁵⁸ (иммерсия), средняя, %					
	средняя	колебания						
Буроугольная	—	< 58	< 0,37	O ₁	> 41	≤ 76	6900—7500	Б
	62	≥ 58—66	0,43	O ₂				
	68	> 66—71	0,54	O ₃				
Каменноугольная	73	> 70—76	0,63	I	> 39	77	7500—8000	Д
	79	76—82	0,81	II	39	82	7900—8600	Г
	84	> 82—86	0,96	II—III	35	—	8300—8700	Г—Ж и Ж
	88	> 86—90	1,10	III	31	85		
	94	> 90—97	1,32	IV	24	89		
100	> 97—102	1,58	IV—V	16	—	8450—8780	ПС	
105	> 102—107	1,84	V	12	90			
111	> 107—115	2,24	VI	< 12	91			7300—8750
Антрацитовая	122	> 115—130	3,12	VII—VIII	< 10	91	8750—8200	ПА
	137	> 130—145	4,39	VIII—IX	< 7	—	8350—8100	А
		> 145	—	X		> 93	≤ 8200	

нического вещества ископаемых углей, происходящих с течением ранних, средних и поздних процессов их превращения.

В результате исследований, проведенных нами ранее (Аммосов, Тан Сю-и, 1961), бурые угли по отражательной способности разделены на



Фиг. 2. Сводная колонка глубины погружения угленосных и нефтеносных отложений Донбасса и Прикавказья



Фиг. 3. Сводная колонка стадий изменения осадочных пород Ленского угленосного бассейна

три стадии (табл. 1), где отражательная способность изменяется от величины меньшей 58 до 71. К этому интервалу углефикации относятся землистые бурые, плотные матовые бурые и блестящие бурые угли. Выход летучих здесь больше 41%, содержание углерода 76% и меньше, теплота сгорания изменяется от 6900 до 7500 ккал/кг.

Каменные угли по отражательной способности разделены на стадии с диапазоном отражательной способности 70—115. Этот диапазон охватывает стадии углефикации витринита длиннопламенных, газовых, жирных, коксовых отошенных и тощих углей, где выход летучих на горячую массу ориентировочно измеряется от >39 до $<12\%$, содержание углерода — соответственно от 77 до 91%.

За пределами каменных углей в полуантрацитах и антрацитах по отражательной способности выделено четыре стадии — от седьмой до десятой. Здесь отражательная способность составляет от >115 до $>145\%$, выход летучих 10% и менее, содержание углерода 91% и выше.

Результаты исследования углей Донецкого бассейна по скважинам Д5, Д6, Д3, Д2, Д8, Б2, Б1, Б9, Б5, Б21 сведены на фиг. 2, результаты исследования углей Ленского бассейна по глубоким скважинам — Бахынайской, Олойской и Берганнской — представлены на фиг. 3.

По Донецкому бассейну исследованиями охвачен диапазон изменения отражательной способности от бурых углей ($10R=65\%$) до антрацитов ($10R=150\%$). По Ленскому бассейну этот диапазон ограничен от бурых углей ($10R=63\%$) до газовых ($10R=78\%$).

СТАДИИ ИЗМЕНЕНИЯ ВМЕЩАЮЩИХ УГОЛЬ ПОРОД

Небольшой объем статьи не позволяет нам подробно остановиться на петрографическом составе всех разновидностей пород на всех изученных стадиях. Однако в данном случае задача наша в значительной степени облегчается тем, что петрографический состав обломочных, глинистых и карбонатных пород угленосного среднего карбона Донецкого бассейна весьма мало изменяется с стратиграфической глубиной; кроме того, он достаточно широко освещен в литературе. Поэтому мы ограничимся общей характеристикой исследованных разновидностей пород, обращая особое внимание на те изменения, которые происходят в них на той или иной стадии, и как это отражается на их физико-механических свойствах.

Стадия, переходная от углей Б к углям Д

Эта, наиболее низкая стадия изменения была установлена по кернам скважин в районе работ Павлоградской ГРЭ и скважин на Сулинской площади Миллеровской комплексной геологоразведочной экспедиции. В первом случае указанная стадия сохраняется только до глубины 700 м; ниже породы содержат в основном уже угли марки Д.

Обломочные породы изучались на многих образцах самых разнообразных песчаников и алевролитов с глинистым, известковистым и разнородным по составу цементом различного типа — от выполнения пор и пустот до базального (Ботвинкина и др., 1956).

Обломочный материал представлен преимущественно кварцем (иногда его до 80%) в виде угловатых корродированных зерен, нередко (но не всегда) с волнистым погасанием. Остальная часть содержит небольшое количество зерен полевых шпатов (микроклин и кислый плагиоклаз до 5—7%), часто значительное число обломков кремнистой породы микрозернистого строения (в редких случаях до 20%), обломки кремнисто-хлоритового и кремнисто-серпичитового сланцев (не более 3%), иногда в небольшом количестве обломки основной массы кислого эффузива, по-видимому, кварцевого порфира, небольшое количество слюд (1—3%), причем преобладает мусковит. Среди акцессорных минералов присутствуют циркон, апатит, сфен, турмалин, эпидот и некоторые другие.

Цемент чаще всего типа выполнения пор и пустот, отчасти типа соприкосновения, в алевролитах нередко базальный. По составу он в одних случаях глинистый (каолинит-гидрослюдистый), нередко с примесью карбонатов (кальцит, сидерит, иногда оба эти минерала). Встречаются песчаники с чисто карбонатным и глинистым цементом. Песчаники с глинистым цементом, предварительно разбитые на кусочки примерно 1 см^3 *, быстро (в течение нескольких минут) размокают в воде. В случаях, когда к цементу примешивается карбонат, размокание идет медленно и только по участкам с глинистым цементом. Присутствие карбонатов в значительной степени повышает прочность пород. По данным, полученным при испытании аналогичных пород на сжатие¹ в ВУГИ, было установлено, что песчаники с глинистым цементом на этой стадии имеют предел прочности около 700 кг/см^2 , а с известковым цементом порядка 900 кг/см^2 . Песчаники со смешанными цементами дают промежуточные значения.

Исследование минерального состава показало, что на этой стадии нет никаких признаков образования вторичных минералов или перекристаллизации карбонатов.

Глинистые породы без примеси обломочного материала в этих скважинах не встречены. Максимальное количество глинистого вещества достигало 70%. Как правило, такие породы сложены прекрасно оптически ориентированным тонкочешуйчатым глинистым материалом каолинит-гидрослюдистого состава с резко выраженным одновременным угасанием. Некоторые прослои почти лишены примеси обломочного материала и содержат отдельные скопления мелких кубиков пирита, агрегаты микрозернистого сидерита и кальцита. Примесь обломочного материала представлена преимущественно тонкими чешуйками мусковита и небольшим количеством мелкоалевритового кварца. Порода легко размокает в воде и, таким образом, не может быть отнесена к разряду аргиллитов. Признаки новообразований в ней не обнаружены.

Известняки микрозернистые с остатками скелетов организмов представляют собой светло-серые крепкие породы без признаков слонности. Они состоят главным образом из изометричных зерен кальцита величиной $0,01 \text{ мм}$, плотно сросшихся между собой с различной оптической ориентировкой и агрегатной поляризацией. Обломки раковин фораминифер, брахиопод, остракод и членников кринонидей имеют прекрасную сохранность и не обнаруживают каких-либо признаков перекристаллизации.

Несколько особняком в ряду пород этой стадии стоит окварцованный уголь, поднятый с глубины 400 м в том же районе. Мощность слоя около 30 см : он находится в непосредственной кровле пласта угля k_3 . В отличие от угля это довольно крепкая порода, также черного цвета, со значительно более слабо выраженной трещиноватостью. Под микроскопом в тонком шлифе обнаруживается, что на 74% она состоит из гелефицированного угольного вещества, просвечивающего буровато-красным цветом. Отдельные места непрозрачны с хорошо сохранившимся клеточным строением (фюзен). В небольшом количестве встречаются желтые смоляные тельца.

До 26% в породе составляет лучистый халцедон, пронизывающий всю породу тонкими жилками, главным образом по слонности. Он окаймляет смоляные тельца, заполняет все пустотки в клетках фюзенизированной ткани. Во всех случаях лучи халцедона перпендикулярны к стенкам трещинок, которые он выполняет. Незначительное количество тонких трещинок выполнены мелкозернистым кварцем. Халцедон был

* Скорость размокания породы в воде определяли по часам.

¹ Механические испытания пород выполнены лаборантом И. В. Васильевым.

определен иммерсионным методом; его показатель преломления 1,550, что по сути дела соответствует кварцу, а не халцедону. Очевидно, потеря воды уже произошла, а форма выделения кремнекислоты из раствора сохранилась. Явление окремнения угля подтверждает заключение Н. М. Страхова (1960), что в период катагенеза большое значение приобретает метасоматоз и вообще влияние растворов.

Таким образом, кроме явлений метасоматоза, прямых минералогических признаков изменений на стадии, переходной от бурых к длиннопламенным углям, во вмещающих породах обнаружить не удалось. Происходило только уплотнение пород, не достигающее степени новообразований.

Стадия длиннопламенных углей (Д)

Эта стадия была определена по породам средней части скв. Д6 Павлоградской ГРЭ, по скв. ЗП Петропавловской ГРЭ и на участке Привольнянский Глубокий. Для исследований были взяты те же типы вмещающих пород.

Песчаники с глинистым цементом и глинистые породы размокают в течение 15—30 мин., а в случае примеси карбонатов — значительно медленнее; при этом остаются комочки, сцементированные карбонатом. По данным ВУГИ, временное сопротивление этих пород сжатию равно 800—900 $\kappa\Gamma/\text{см}^2$, а для песчаников с карбонатным цементом — 1300 $\kappa\Gamma/\text{см}^2$, что почти аналогично пределу прочности известняков этой же стадии.

Карбонатные породы (известняки, сидеритовые прослои, почки и т. д.) — микрозернистые и не обнаруживают признаков перекристаллизации. Обломки скелетов организмов хорошо сохранены и не перекристаллизованы.

Признаками изменения пород на данной стадии являются повышение временного сопротивления сжатию и удлинение срока размокания глинистых разновидностей.

Стадия газовых углей (Г)

Эту стадию изучали по образцам, отобраным в следующих местах: в скв. Д6 (700—1327 м) Павлоградской ГРЭ, в скважине, пробуренной в районе работ Красноармейской ГРЭ, в скважине (1310 м) на участке Чайкинский глубокий Шегловской ГРЭ и в скважине (1100 м) на участке Лутугинском Соверном в районе работ Лутугинской ГРЭ.

В обломочных породах всех образцов, за исключением тех, когда цемент породы базальный карбонатный, видны минеральные новообразования вследствие изменения глинистого материала. По нему начинает образовываться вторичный серицит в виде очень тонких, неправильных чешуек с расплывчатыми краями величиной от 0,005 до 0,02 мм. Их форма не оставляет сомнений в том, что они эпигенетичны по отношению к первичному глинистому материалу, так как из-за большой хрупкости этого минерала такая форма не могла сохраниться в период транспортировки осадка даже во взвешенном состоянии. Общий объем вторичного серицита здесь колеблется от 1 до 4% ко всему глинистому материалу.

На этой стадии начинает образовываться и вторичный кварц в виде нарастаний на зернах обломочного, хотя еще и в незначительном объеме (менее 1%). Форма выделения вторичного кварца — преимущественно тонкие неполные каемки очень чистого кварца — признаков включений или загрязнения нередко с той же оптической ориентировкой, что и зерна обломочного. В простом свете, как правило, видна темная кайма вокруг обломочного зерна, к которой и прирастает вторич-

ный кварц. Очертания нарастания с внешней стороны расплывчатые, сливающиеся с вмещающей цементирующей массой.

Весьма характерным фактом для этой стадии, в частности для песчанников и алевролитов с глинистым цементом, является потеря способности к размоканию. Они размокают только при механическом воздействии (легкое растирание) в выработках на почве, в то время как эти же породы даже при довольно интенсивном промывании грунтовыми водами не размокают.

Механическая прочность пород возрастает: временное сопротивление сжатию песчанников с глинистым цементом — до 1400 кг/см^2 , песчанников с разнородным цементом (примерно половина глинистого, половина карбонатного) — до 1450 кг/см^2 , с карбонатным цементом — до 1500 кг/см^2 .

Таким образом, на этой стадии обломочные породы впервые обнаруживают минеральные новообразования, претерпевают дальнейшее уплотнение и теряют способность к размоканию.

Глинистые породы представлены аргиллитами; они также теряют способность размокать в воде без механического воздействия. Для исследования отбирали образцы, состоящие главным образом из тонкочешуйчатого глинистого материала (до 85%). В этих породах отмечается образование вторичного серицита от 3 до 9% (в среднем 7% ко всему глинистому материалу). Кроме того, здесь обнаруживается и вторичный кварц в виде неправильных с расплывчатыми краями выделений с максимальной величиной 0,04 мм. Общее количество вторичного кварца незначительно, порядка сотых долей процента ко всей массе породы.

Карбонатные породы (известняки, органогенно-детритусовые и сидеритизированные) не несут на себе каких-либо признаков изменений или перекристаллизации скелетов организмов. Несколько увеличивается их временное сопротивление сжатию ($1478—1530 \text{ кг/см}^2$). Таким образом, хотя видимых под микроскопом признаков изменений нет, они обнаруживаются косвенным путем.

Стадия жирных углей (Ж)

Стадия превращения изучена по кернам скважины глубиной 730 м на участке Красноармейский западный № 3 Красноармейской ГРЭ, скв. ДЗ на участке Чайкинский Глубокий II Щегловской ГРЭ (218—1310 м), скважине глубиной 595 м на участке шахты № 18 Краснодонской ГРЭ, скв. Д2 до глубины 277 м на участке Суходольский восточный Краснодонской ГРЭ и скважине глубиной 1323 м на участке Дзержинский глубокий в пределах работ Горловской ГРЭ.

Для этой стадии были отобраны образцы всех разновидностей пород, рассмотренных для других стадий.

В обломочных породах, в частности для песчанников, отчетливо прослеживается регенерация вторичного кварца в количестве (в различных полях зрения) от 0,2 до 1,5%, а в среднем по всем изученным образцам — около 1%. Вторичный кварц, отличающийся совершенной чистотой и отсутствием включений, образует, как и в предыдущих случаях, неправильные каемки вокруг зерен обломочного кварца.

В породах с поровым цементом глинистого состава (каолинит-гидро-слюдистого) по нему образуется вторичный серицит в количестве от 4 до 10% (в среднем около 7%) по отношению ко всему количеству глинистого вещества в породе. В породах с поровым цементом разнородного состава (глинисто-карбонатного) также наблюдается образование вторичного серицита и избирательная кристаллизация гидрослюды. В результате иногда образуется несколько больше бласт вторичной гидрослюды, чем в предыдущем случае, но не настолько, чтобы породу сле-

довало отнести к одной из более высоких стадий изменения. Кроме того, минералом-индикатором в данном случае является кварц, который образовался здесь в количестве (в среднем) около 1%. В отдельных случаях (скв. Д3), глубина 1157 м) глинистый материал цемента представлен почти исключительно гидрослюдой; и тогда на этой стадии интенсивно идет процесс бластеза, в результате чего образуется значительное количество вторичной гидрослюды, преимущественно вследствие избирательной кристаллизации. Здесь гидрослюды до 30—35% ко всему глинистому материалу породы. Стадия контролируется вторичным кварцем, количество которого не превышает 1%.

В породах с карбонатным цементом порового типа интенсивность изменений можно оценить лишь по наличию вторичного кварца, так как в таких породах отсутствует глинистый материал, за счет которого возникает серицит.

Все эти породы не размокают в воде без механического воздействия.

Временное сопротивление сжатию песчаников с цементом соприкосновения и поровым глинистым в среднем 1450 кг/см^2 , со смешанным глинисто-карбонатным цементом пор — в среднем 1500 кг/см^2 , максимально — до 1550 кг/см^2 , у песчаников с известковистым цементом — до 1600 кг/см^2 .

Глинистые породы на этой стадии уже могут называться аргиллитами; без механического воздействия они в воде не размокают. В них ясно прослеживается избирательная кристаллизация — бластез серицита, а общее количество вторичной гидрослюды равно в среднем 6%.

Известняки микрозернистые и органогенно-детритусовые с микрозернистым цементом не обнаруживают каких-либо признаков изменения. Точно так же не удалось обнаружить таких признаков у обломочных пород с базальным карбонатным цементом.

Временное сопротивление сжатию этих пород достигает 1600 кг/см^2 .

Стадия коксовых углей (К)

Эту стадию изучали по кернам Д2 (277—996 м) на участке Суходольский Восточный Краснодарской ГРЭ и скв. Д8 (800 м) на поле шахты Мушкетовская Заперевальная № 2 в районе работ Шегловской ГРЭ.

В обломочных породах с глинистым цементом идет образование вторичного кварца (от 1,8 до 2,5%, в среднем около 2%).

При преобладании в породе контактового цемента и частичного цемента пор глинистого состава наблюдается довольно интенсивное образование вторичного серицита и часто — его бластез. В среднем вторичный серицит составляет до 28% от общего количества глинистого материала.

В породах со смешанным цементом (глинисто-карбонатным) по глинистой части также образуется серицит, как и в случае чисто глинистого цемента, а карбонатная часть начинает проявлять признаки перекристаллизации: кальцит становится несколько более крупнокристаллическим и агрессивным. Идет процесс интенсивного замещения зерен обломочного кварца и полевых шпатов.

Базальные карбонатные цементы претерпевают перекристаллизацию, аналогичную указанной выше.

Временное сопротивление сжатию песчаников с глинистым цементом достигает в среднем 1500 кг/см^2 , со смешанным глинисто-карбонатным — 1600 кг/см^2 , а с известковистым — $1700—1750 \text{ кг/см}^2$. Известняки дают примерно такие же величины.

Аргиллиты с содержанием глинистого материала до 90% в воде совершенно не размокают. Каолинит-гидрослюдистый состав их с хорошей оптической ориентировкой затрудняет наблюдения за образованием вто-

ричных гидрослюд, поэтому в таких породах лучше вести наблюдения и количественный учет по вторичному кварцу, которого образуется около 1%.

В алевритистых разностях аргиллитов при содержании обломочного кварца 18—20% наблюдаются новообразования кварца (около 3%) и вторичного серицита (около 9%).

В органигенных известняках с микрозернистым кальцитовым цементом наблюдается перекристаллизация обломков скелетов организмов с краев. При этом начинается слияние с вмещающей цементирующей массой, которая в свою очередь также частично перекристаллизовывается; зерна кальцита становятся несколько более крупными, чем на более низких стадиях, и еще плотнее сливаются друг с другом.

Таким образом, на этой стадии все породы изменяются под действием температуры и давления, кроме пород, обогащенных угольными включениями и прослоями.

Стадия паровично-спекающихся углей (ПС-ОС)

Изменения вмещающих пород на этой стадии изучались из наиболее глубоких горизонтов скв. Д8 (от 800 до 1140 м) на поле шахты Мушкетовская Заперевальная № 2 в районе работ Шегловской ГРЭ, в скважинах на поле шахты Нижняя крышка Ханженковской ГРЭ (глубины скважин 489 и 471 м), в средней части скважины (400—800 м) на участке Холодная балка той же Ханженковской ГРЭ, а также в нижних горизонтах скважины, расположенной на участке шахты им. Артема Кадневской ГРЭ.

Эта стадия вновь характеризуется усилением процесса изменения всех разновидностей пород. В обломочных породах, главным образом в песчаниках, кварц в большинстве случаев с резко выраженным волнистым погасанием; часто его зерна оказываются гранулированными. С одной стороны, наблюдается резко усиливающаяся коррозия, с другой — вокруг них, почти как правило, можно видеть новообразования вторичного кварца в виде нарастания на зернах обломочного. В породах с глинистым цементом типа выполнения пор количество вторичного кварца 2,8—3,6%.

Вторичного серицита образуется 27—33%. Весьма важно то, что серицит начинает переходить в мусковит. Чешуйки вторичного мусковита значительно отличаются от терригенного формой (неправильной, часто кружевной, сливающейся краями с вмещающим цементирующим материалом) и размерами, всегда более мелкими, чем чешуйка терригенного мусковита. Кроме того, чешуйки терригенного мусковита чаще всего сильно изогнуты, расщеплены, в то время как вторичный мусковит приобретает идиоморфные черты по отношению к вмещающей массе; двойное лучепреломление у них несколько ниже и не превышает 0,022. В закупоренных порах местами образуются короткие столбики диккита. В случаях, когда порового цемента мало, обломочные зерна образуют сгустки и плотный цемент соприкосновения, усиленный новообразованиями кварца.

Весьма интересно на данной стадии некоторое снижение прочности обломочных пород с глинистым цементом. Временное сопротивление сжатию для песчаников с базальным глинистым цементом не превышает 1500 кг/см². Это объясняется сильным развитием хрупких слюд. Для песчаников со смешанным глинисто-карбонатным цементом в зависимости от количества карбоната в цементе временное сопротивление сжатию равно 1550—1600 кг/см²; для известняков оно достигает 1800 кг/см².

Глинистые породы характеризуются значительным развитием вторичной гидрослюды с ясно выраженными признаками бластеза с величиной

бласт до 0,1 мм и силой двойного лучепреломления не выше 0,028, т. е. несколько ниже, чем у типичного мусковита. Возможно, что это объясняется толщиной чешуек новообразований. Количество его в среднем около 28%. Вторичный кварц (до 2%) образуется в виде мелких неправильных расплывчатых включений величиной до 0,05 мм.

Известняки претерпевают дальнейшую перекристаллизацию. Особенно хорошо это прослеживается на органогенных разностях, так как в них остатки скелетов организмов все более сильно оказываются перекристаллизованными с краев и сливаются с вмещающей массой. Перекристаллизовывается и цементирующий карбонат. Попытки количественно учитывать степень перекристаллизации пока успехом не увенчались.

Стадия тощих углей (Т)

Эту стадию изучали на образцах пород из скважин и шахт Коммунарского района Луганской области. Исследовались породы из нижней части скважины на участке шахты им. Артема Кадневской ГРЭ, из нижней части (900—1440 м) скважины на участке Скосырский Тацнинской ГРЭ, из скважины на Жиловском участке Чернухинской ГРЭ и по образцам из почвы и кровли угольных пластов марки Т Коммунарского района.

В обломочных породах с базальным глинистым цементом первичный каолинит-гидрослюдистый материал весьма значительно обогащен вторичной гидрослюдой (до 40% по отношению ко всему глинистому веществу), причем около 15% представлено довольно крупными бластами мусковита (до 0,2 мм). Вторичный кварц (3—4%) нарастает на зернах обломочного и в промежутках между ними в виде неправильных образований величиной до 0,2 мм.

В породах со смешанным глинисто-карбонатным цементом количество вторичного серицита и мусковита находится в тех же пределах по отношению ко всей массе глинистого материала, а кальцит оказывается уже весьма заметно перекристаллизованным, и величина его кристаллов достигает 0,15—0,2 мм. Сидерит перекристаллизовывается слабо.

В породах с чисто карбонатным цементом образуется вторичный кварц (микромиграция) — до 2%, т. е. явно в меньшем количестве, чем в породах с глинистым цементом. Это позволяет прийти к выводу, что частично вторичный кварц выделяется при серицитизации глинистого материала.

Временное сопротивление сжатию всех обломочных пород повышается (максимальное значение 1800 кг/см²), только у песчаников и алевролитов с базальным глинистым цементом оно еще несколько ниже (до 1460 кг/см²) вследствие сильного развития хрупких гидрослюд.

Аргиллиты сильно изменены; серицит и вторичный мусковит присутствуют примерно в тех же количествах, что и в обломочных породах с базальным глинистым цементом.

Известняки претерпевают дальнейшее уплотнение и перекристаллизацию, обломки скелетов организмов теряют очертания и сливаются краями с вмещающей массой. Предел прочности их на сжатие достигает 2400 кг/см².

Стадия полуантрацитов (ПА)

Эта стадия охарактеризована на образцах пород кернов скважины на участке Фоминской Глубокой 2 Чистяковской ГРЭ до глубины 200 м, по скважине на участке Комендантский 3 Чернухинской ГРЭ, по скважине на участке Колпаковский перспективный Лутугинской ГРЭ и по скважине на участке Лиховский северный Каменецкой ГРЭ.

В обломочных породах с базальным глинистым цементом идет образование неправильных мелких бласт вторичного кварца, общее количество которого достигает 5%. Вторичная гидрослюда, переходящая в мусковит, составляет до 45% к общему количеству глинистого материала, из которых 25% представлены мусковитом. Он легко отличается от терригенного хорошей оптической ориентировкой, причудливой, часто кружевной формой, несколько меньшими размерами, но сила двойного лучепреломления почти достигает нормы.

Несколько по-иному изменяются на этой стадии крупнозернистые песчаники с незначительным количеством разнородного по составу цемента (5—7%). Кварц в них составляет до 85% всего объема породы. Терригенные зерна сильно раздавлены, многие гранулированы. Здесь кварц приобретает текучесть, и зерна плотно срастаются между собой. Отличить их от новообразований трудно. Глинисто-карбонатный цемент пор претерпевает значительные изменения: по глинистому материалу идет интенсивное образование вторичной гидрослюды, переходящей в мусковит; общее количество ее достигает 45—50% всего глинистого материала, а карбонат перекристаллизован до размера зерен 0,2 мм.

Аргиллиты уже не встречаются такой структуры, какую привычно видеть на стадиях простого уплотнения глинистой породы. Первичное тонкочешуйчатое строение сменяется крупночешуйчатым с большим количеством (до 50%) вторичной гидрослюды, переходящей в мусковит. Порода приобретает сланцеватую текстуру, хотя «сланцем» ее назвать еще нельзя. Вторичный кварц в виде неправильных выделений величиной до 0,08 мм равномерно разбросан по породе и составляет до 4% породы. Появляется кальцит, большей частью монокристаллического строения (величиной до 0,2 мм); общее количество его не менее 1%.

Известняки сильно изменены: обломки организмов перекристаллизованы более чем наполовину, вмещающая масса сложена лапчатыми зернами, достигающими 0,06 мм в поперечнике. Появляются монокристаллы величиной до 0,2 мм.

Интересны данные физико-механических свойств пород этой стадии. Временное сопротивление сжатию песчаников с базальным глинистым цементом достигает 1750 кг/см^2 , что существенно превышает данные двух предыдущих стадий; грубозернистых разностей песчаников с незначительным количеством смешанного цемента — до 2100 кг/см^2 , как и в кварцитах.

Стадия антрацитов (А)

Породы этой стадии были изучены по скважинам на поле шахты 3-4 треста Снежнянантрацит Чистяковской ГРЭ, скважине на участке Фоминский глубокий 2 той же ГРЭ и скважине на участке Шетовский глубокий треста Боковоантрацит.

В обломочных породах с глинистым цементом количество вторичного кварца достигает 6%. В породах с цементом типа выполнения пор благодаря новообразованиям кварца нередко происходит слияние соседних зерен обломочного материала, вследствие чего сильно повышается прочность пород. Количество вторичной гидрослюды, переходящей в мусковит, достигает 50% всего глинистого материала, причем на 30% это уже мусковит. То же явление наблюдается и в породах со смешанным глинисто-карбонатным цементом. Глинистый материал изменен так же сильно, а карбонат перекристаллизован и становится весьма агрессивным, интенсивно замещая зерна обломочного материала. Это особенно четко прослеживается в обломочных породах с базальным известковистым цементом. В этих случаях вторичный кварц также образуется, но в значительно меньших количествах.

Предел прочности на сжатие для песчаников с глинистым цементом достигает 1850 кг/см^2 , с известковистым — до 1900 кг/см^2 .

Глинистые породы изменены сильно, на 50—55% превращены во вторичную гидрослюда, переходящую в мусковит, вторичный кварц образуется в количестве до 6%. Образуется кальцит (до 3%) в виде идиоморфных кристаллов величиной до 0,2 мм. Наличие вторичного кварца кальцита значительно повышает прочность этих пород.

Карбонатные породы претерпевают дальнейшую перекристаллизацию. Остатки скелетов организмов определяются чаще всего только по сохранившейся центральной части, а более мелкие перекристаллизованы полностью. Вмещающая карбонатная масса имеет лапчатое строение, размер зерен достигает 0,2 мм. Появляется вторичный кварц в незначительных количествах в виде мелких включений. Временное сопротивление этих пород сжатию достигает 2500 кг/см^2 .

Наиболее высоко метаморфизованными в Донецком бассейне считаются Семикоракорские антрациты в Ростовской области. Вмещающие их породы были изучены нами по керну скважины на Совхозной поисковой площади Шахтинской ГРЭ. Глубина скважины 585 м.

В обломочных породах базальный глинистый цемент встречен только в алевролитах, но и в них количество вторичного кварца достигает 13%, а в алевролитах с поровым цементом — 16%. Глинистая часть породы изменена с образованием вторичного серицита и мусковита на 70%, количество вторичного кальцита достигает 5%.

К сожалению, у нас не было возможности определить физико-механические свойства этих пород, но нам представляется, судя по их составу, что они снова повышаются.

Аргиллиты в данной скважине не были встречены в чистом виде; как правило, они имеют примесь карбонатов, каким-то образом препятствующих образованию серицита и мусковита, суммарное количество которых не более 50%.

Коротко остановимся на характеристике сидеритов, которые встречаются в виде конкреций, прослоев и примеси в цементе обломочных пород. По нашим наблюдениям, ни на одной из изученных стадий сидерит не проявляет каких-либо ощутимых признаков изменения, которые можно было бы как-то учесть и в дальнейшем на них ориентироваться. Вместе с тем его легкая способность к окислению приводит к тому, что в породах на одной и той же стадии можно встретить сидериты в различной степени окисленные, но нигде нет признаков перекристаллизации, которой они очень слабо поддаются. Почти на любой стадии метаморфизма углей (от длиннопламенных до антрацитов) можно встретить микрозернистые разности и сферолиты сидеритов.

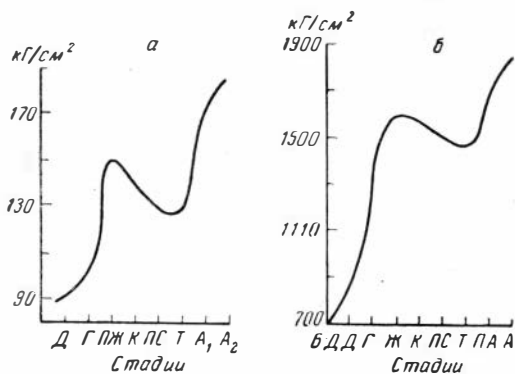
Таким образом, эти породы не могут служить индикатором степени метаморфизма углей. Мало того, примесь сидерита в породах, если она значительна, даже снижает реакцию этих пород на термодинамические условия.

Вторым важным показателем и с теоретической, и с практической точек зрения являются данные физико-механических свойств аргиллитов. Временное сопротивление сжатию определяется в образцах, имеющих форму цилиндра диаметром 75—90 мм. Однако из легко расслаивающихся аргиллитов не было возможности изготовить такие цилиндры. Поэтому определение сопротивления сжатию проводили на лепешках толщиной около 2 см.

Испытания аргиллитов проводились в 1955—1957 гг. Были получены следующие результаты: временное сопротивление сжатию (в кг/см) аргиллитов из кернов скважин Лисичанского района (Д) 90, из шахт Первомайского района (Г) — до 100, из шахт Кодиевского района (ПЖ) — до 150, оттуда же (К) — до 140, из шахт Коммунарского рай-

она (Г) — до 125, из кернов скважин Красного луча (А) — до 170, из шахт треста Боковоантрацит (А) — до 185. Из этих данных видно, что аргиллиты ведут себя так же, как и песчаники, имеющие базальный глинистый цемент, но прочность их примерно в 10 раз ниже, чем песчаников (фиг. 4).

Характерно, что и угли увеличивают свою хрупкость на определенных средних стадиях метаморфизма. Исследование, проведенное С. А. Мусял (1960), показало, что угли крайнего метаморфического ряда (нулевой, I, II, а также VI стадий) относятся к разряду пластических веществ, а угли средней стадии метаморфизма (III — V) — к разряду хрупких веществ. Аналогичные заключения о плотности и хрупкости углей приведены и в работе Ю. А. Жемчужникова и А. И. Гинзбург (1960). Из этих данных можно сделать вывод, что угли, как более чувствительный индикатор к изменению термодинамических условий, реагируют несколько раньше, чем вмещающие породы. Максимум хрупкости угли имеют на стадии коксовых, а у пород он несколько меньше, их временное сопротивление



Фиг. 4. Изменение временного сопротивления сжатию

а — аргиллиты, б — песчаники с базальным глинистым цементом

сжатию начинает возрастать со стадии Т. Таким образом, обе границы у углей несколько сдвинуты в сторону более низких стадий по отношению к породам.

В Ленском угленосном бассейне исследование пород, вмещающих угли, проводили по керну скважины в Олое. Как сказано выше, диапазон изменений по стадиям там невелик, несмотря на большую глубину скважины (более 3200 м).

В комплексе пород, слагающих угленосную толщу, отсутствуют известняки, которые, как известно, широко распространены в Донецком бассейне. В Ленском бассейне резко преобладают обломочные породы (песчаники и алевролиты) и в подчиненном количестве присутствуют глинистые породы. Обломочные породы значительно богаче по разнообразию терригенного материала, а также по количеству и разнообразию аксессуаров. Состав пород на глубину, как и в Донецком бассейне, изменяется мало, и это позволяет в значительной степени сократить их описание.

Обломочные породы — песчаники и алевролиты — обычно светло-серые (алевролиты несколько темнее), слегка зеленоватые, довольно крепкие вкрест слоистости и легко разбиваются по наслоению. Часто они косослоистые, но нередко и неслоистые.

Состав обломочного материала: кварц (35—75%), кислый плагиоклаз (1—5%), решетчатый микроклин (5—45%), сравнительно небольшое количество обломков кремнистых пород (1—3%), обыкновенная роговая обманка (1—2%), небольшое количество биотита и флогопита (до 2%), еще меньше мусковита, обломков эффузивных пород (кварцевый порфир, порфирит 3—5%), а также комплекс аксессуарных минералов — сфен, циркон, эпидот, гранат, апатит, рутил, иногда брукит и рудные минералы. Общий объем аксессуарных минералов иногда достигает 1% (образец с глубины 710 м). Цемент по составу в большинстве слу-

чаев глинисто-хлоритовый, глинистый материал имеет гидрослюдистый состав (иллит и серицит).

Эти породы (до глубины 1635 м) легко размокают в воде, никаких признаков новообразований в породах не обнаруживается. Так же ведут себя песчаники и алевролиты с почти чистым хлоритовым цементом.

В породах с глубины 2300 м можно при максимальных увеличениях микроскопа проследить начинающуюся избирательную кристаллизацию — бластез иллита, превращение его в тонкие агрегаты с довольно хорошей оптической ориентировкой. Однако количественно это явление проследить трудно. В незначительном количестве (менее 1%) кое-где можно видеть новообразования кварца в виде тончайших, неполных каемок на зернах обломочного. На основании этого, судя по данным, полученным нами в Донецком бассейне, указанные породы находятся в начальной стадии изменения и соответствуют стадии Г или, вернее, приближаются к ней.

Весьма интересна и характерна для Ленского бассейна разновидность так называемых «крупчатых» песчаников, у которых значительную роль в цементе играет ломонтит, иногда в виде неправильных выделений, выполняющих поры и мелкие пустотки, а нередко образующий базальный цемент. Как известно, ломонтит — один из минералов группы цеолитов; его оптические свойства были определены и в прозрачных шлифах, и в иммерсионных препаратах. В шлифе ломонтит бесцветен, хорошо прослеживается совершенная спайность по 010 и 110; $cN_g = 29^\circ$ в остром углу. Удлинение положительное; $N_g = 1,521$, $N_p = 1,508$, $N_g - N_p = 0,013$; оптически двуосен и отрицателен. Рельеф низкий, местами образует сноповидные и радиально-лучистые агрегаты.

Наличие ломонтита вместе с полевыми шпатами хорошей сохранности и обломками пирокластического материала заставляет нас отказаться от существующего представления о том, что цеолиты здесь могли образоваться в результате изменения этих терригенных компонентов в период диагенеза; тем более это невозможно предположить для песчаников с базальным ломонтитовым цементом. Образование его, по-видимому, происходило в прибрежно-морских условиях при постоянном обильном притоке пресных вод древнего бассейна р. Лены, которые в изобилии обогащали бассейн глиноземом, кремнеземом, солями натрия, кальция и др. Это создавало щелочной характер среды при значительном притоке кислорода, а также хорошую аэрацию всей толщи воды и верхних слоев осадка. Такая геохимическая обстановка и могла привести к образованию цеолитовой, а не глауконитовой фации, особенно если принять еще во внимание пониженную соленость бассейна, которая не благоприятствует выделению глауконита. После ломонтита выделялся бледно-зеленый пеннин. Иногда этот хлорит оказывался единственным цементирующим материалом; это свидетельствует о том, что растворы были обогащены магнием, железом, отчасти алюминием, а не натрием и кальцием, как это характерно для ломонтитовой фации.

В наиболее глубоких горизонтах каких-либо новых признаков изменений обломочных пород обнаружить не удалось.

Глинистые породы в чистом виде в разрезе не встречены. Как правило, в них присутствует алевролитовая примесь (не менее 6%). Они, как и обломочные породы, размокают в воде (до глубины 1635 м) и только ниже становятся аргиллитами. Состоят они главным образом из гидрослюд типа иллита и серицита; редко в незначительных количествах присутствует каолинит. Как и в породах с базальным глинистым цементом, с глубины 2300 м можно проследить слабо развивающийся бластез гидрослюд — образование очень мелких (до 0,05 мм) неправильных новообразований кружевного строения.

В аргиллитах, кроме алевритовых зерен кварца, кислого плагиноклаза и микроклина, часто встречается примесь тонкошершчатого пеннина, иногда наблюдаются включения правильных сферолитов сидерита (на глубине 3020 м).

В поисках метода для выявления изменений, происходящих во вмещающих уголь породах на стадиях, переходных от бурых углей в каменные, применяли прибор ПМТ-3 для определения микротвердости. Было решено с его помощью определять плотность глинистого материала обломочных и глинистых пород. Отбирались образцы с однородным по составу глинистым материалом (гидрослюдистый) и проводились опыты по таким определениям. Получены следующие результаты: среднее число уплотнения (в $кГ/мм^2$) на глубине 730 м — 4,0, 1635 м — 10,5, 2309 м — 14,9, 2700 м — 15,5, 2910 м — 16,0, 3020 м — 18,0.

Лишь на глубине 1635 м глинистый материал теряет способность размокать в воде.

Судя по этим данным, плотность однородного глинистого материала повышается непрерывно и равномерно, за исключением момента потери способности глинистого материала размокать в воде, что, как было отмечено выше, в данном случае наблюдалось на образцах с глубины 1635 м. К сожалению, отсутствие непрерывного керна на изученной скважине (подъем керна на роторных скважинах не более 40%) не дает возможности более точно определить этот качественный скачок в изменениях глинистых пород — переход глины в аргиллит. Дальнейшие исследования с помощью микротвердомера, как нам представляется, позволят определить и толщину переходного слоя в различных угленосных толщах, содержащих угли низких стадий метаморфизма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стадии изменения осадочных пород могут быть количественно выражены отражательной способностью витринита углей из пластов, а также угольных включений, рассеянных в толще.

Попытка количественно определить изменения вмещающих пород предпринимается впервые. Вполне вероятно, что с совершенствованием методики количественных подсчетов приведенные данные несколько уточнятся. Главным, по нашему мнению, является то, что в настоящее время намечается некоторая закономерность в изменениях пород и выявились вмещающие породы, наиболее пригодные для этих исследований.

Известно, что с теоретической точки зрения для изучения катагенеза наиболее интересны глинистые породы. Однако для этого потребуются какие-то другие (кроме петрографического) методы исследования под микроскопом в тонких шлифах, в особенности на ранних стадиях, в пределах от нулевой до второй стадии включительно, так как прямых количественных петрографических признаков изменения вмещающих пород пока не наблюдается. На более высоких стадиях аргиллиты изменяются менее заметно, чем породы обломочные. Также пока не поддаются количественному учету изменения, происходящие в известняках, хотя принципиально ясно, что они подвергаются перекристаллизации, которая особенно хорошо прослеживается в органогенных разностях. Перекристаллизация приводит к уплотнению, что подтверждает изменение физико-механических свойств известняков.

Прямые петрографические признаки в виде минеральных новообразований проявляются при переходе от II к III стадии метаморфизма углей в виде появления вторичного серицита, образующегося по глинистому материалу, и кварца, образующегося также за счет собственных ресурсов породы. Количество того и другого непрерывно возрастает

серицит — от единиц процентов на II стадии до 70% на наиболее высокой стадии метаморфизма антрацитов, кварц — соответственно от долей процента до 16%.

Таблица 2

Количество вторичных минералов по стадиям осадочных пород (в % максимально для стадии)

Марка витринного угля	Отража- тельная способность витринита 10 R % (средняя)	Группы стадий	Гидро- слода (серицит)	Кварц	Кальцит
Б	65	0	Нет	Нет	Нет
Д	73	I	»	»	»
Г	80	II	1—4	<1	»
Ж	88	III	7	До 1	»
К	96	IV	28	2	Очень редко
ПС	103	V	33	3	Редко
Т	112	VI	40	4	3—5 кристаллов в шлифе
ПА	120	VII	45	5	5—7 кристаллов в шлифе
A ₁	130	VIII	50—55	6	В песчанике до 3%, в аргил- лите до 1%
A ₂	>146	IX—X	70	16	5

Изучение структуры и текстуры пород показывает, что в них неуклонно снижается пористость с повышением стадии их изменения.

Нами предлагается метод для определения изменения плотности глинистого материала на ранних стадиях с помощью прибора ПМТ-3, который дает числа уплотнения при переходе от стадии бурых углей к стадии газовых в пределах от 4 до 18.

В результате изучения ломонита в породах угленосной толщи Ленского бассейна можно сделать вывод о его происхождении в условиях мелководного опресненного морского бассейна с хорошей аэрацией.

Для удобства пользования данные, полученные по количественному определению минеральных новообразований, сведены в табл. 2, а данные по временному сопротивлению сжатию для песчаников с базальным глинистым и карбонатным цементом — в табл. 3.

В заключение еще раз следует отметить, что полученные нами количественные данные по изменению вмещающих уголь пород в дальнейшем могут уточняться, в особенности в том случае, если будет изменена методика их количественного определения, но уже сейчас становится ясным большое практическое значение изучения вторичных минералообразований на различных стадиях метаморфизма углей.

Таблица 3

Временное сопротивление сжатию (в кг/см²)

Марка витринного угля	Песчаники с базальным глинистым цементом	Песчаники с карбонатным цементом
Б—Д	700	900
Д	800—900	1300
Г	1400	1500
Ж	1450	1600
К	1600	1700
ПС	1500	1750
Т	1460	1800
ПА	1750	2000
А	1850	2500

ЛИТЕРАТУРА

- А м м о с о в И. И. О метаморфизме углей Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса.— Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1941.
- А м м о с о в И. И. Основные причины неодинакового состава и свойств ископаемых углей.— Сб. «Химия и генезис твердых горючих ископаемых», № 26. Изд-во АН СССР, 1953.
- А м м о с о в И. И. Стадии изменения осадочных пород и парагенетические отношения горючих ископаемых.— Сов. геология, № 34, 1961.
- А м м о с о в И. И., Т а н С ю - и. Стадии изменения ископаемых углей и парагенетические отношения горючих ископаемых. Изд-во АН СССР, 1961.
- Б о т в и н к и н а Л. Н. и др. Атлас литогенетических типов угленосных отложений среднего карбона Донецкого бассейна. Изд-во АН СССР, 1956.
- В а с и л ь е в П. В., М а л и н и н С. И. Влияние основных геологических факторов на поведение пород в горных выработках. Госгортехиздат, 1960.
- В а с с о в е в и ч Н. Б. О терминологии, применяемой для обозначения стадий и этапов литогенеза.— В кн. «Геология и геохимия», вып. 1/7. Госгортехиздат, 1957.
- Ж е м ч у ж н и к о в Ю. А. Общая геология ископаемых углей. Углетехиздат, 1948.
- Ж е м ч у ж н и к о в Ю. А., Г и н з б у р г А. И. Основы петрологии углей. Изд-во АН СССР, 1960.
- К о с с о в с к а я А. Г. Минералогия терригенного мезозойского комплекса Виллюйской впадины и западного Верховодья.— Труды ИГН АН СССР, вып. 63, 1962.
- Л о г в и н е н к о Н. В. О позднем диагенезе (эпигенезе) донецких карбоновых пород.— Докл. АН СССР, 106, № 5, 1956.
- М у с я л С. А. Микротвердость углей в связи с их классификацией.— Труды ИГИ АН СССР, т. XII, 1960.
- Н а у м о в а С. Н. Споры древних свит западного склона Южного Урала.— Труды МОИП, отд. геол., 1 (183), 1951.
- П у с т о в а л о в Л. В. Вторичные изменения осадочных горных пород и их геологическое значение.— Труды ГИН АН СССР, вып. 5, 1956.
- С т р а х о в Н. М. Основы теории литогенеза, т. I, II. Изд-во АН СССР, 1960.
- С т р а х о в Н. М. и Л о г в и н е н к о Н. В. О стадиях осадочного породообразования и их наименований. Докл. АН СССР, 125, № 2, 1959.

ПРИЧИНЫ МЕТАМОРФИЗМА ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ И ОПЫТ КЛАССИФИКАЦИИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ЕГО¹

1. Под метаморфизмом ископаемых углей понимается процесс изменения физических, химических и химико-технологических свойств торфяного материала после перекрытия его породами кровли, происходящий под влиянием геологических факторов. Эти изменения резко отличаются от изменений неорганического материала. Поэтому понятия, вкладываемые в термин «метаморфизм», у тех и других также различны.

2. Термин углефикация, употребляемый многими исследователями до сих пор как синоним метаморфизма, применяется нами, согласно предложению Паттейски и Тайхмюллер (Patteisky, Teichmüller, 1960), только для характеристики химических и химико-технологических изменений угля, происходящих при метаморфизме.

3. Главнейшими причинами, вызывающими и контролирующими метаморфизм углей или способствующими ему, считаются:

- 1) тепловая энергия той или иной температуры;
- 2) давление;
- 3) геологическое время, в течение которого тепловая энергия воздействовала на уголь;
- 4) трение, возникающее при разрывных дислокациях, и повышение температуры, вызываемое давлением складчатости (Травин, 1956 и др.);
- 5) облучение угля радиоактивными минералами (M. u. R. Teichmüller, 1958);
- 6) различия в теплопроводности пород угленосной толщи (Корытникова, 1936, 1937; Кашпур, 1954, 1957; Дубок, 1958);
- 7) скорость опускания угленосной толщи при ее формировании (Матвеев, 1948; Ершов, 1954; Иванов, 1957);
- 8) биохимические превращения, продолжающиеся после перекрытия торфяника породами кровли (Яворский, 1949);
- 9) дополнительное повышение температуры вследствие большей концентрации радиоактивных элементов в более мощных угленосных толщах (Широков, 1948);
- 10) повышение напряжения сжатия при колебательных движениях, растущее по мере увеличения мощности осадков угленосной толщи (Погребницкий, 1937).

4. Первые три фактора проявляются во всех без исключения случаях; они рассмотрены ниже. В результате трения, развивающегося при дизъюнктивных передвижках (Травин, 1956), в непосредственной близости от соответствующих трещин образуются микроскопические по-

¹ Расширенные тезисы доклада.

лоски с большой отражательной способностью, что свидетельствует о повышении в этих местах степени метаморфизма угля. Имеющиеся в настоящее время данные указывают на то, что влияние этого фактора на степень метаморфизма угля обычно совершенно ничтожно. Только в случаях исключительно сильного проявления нарушенности угля (Горловский бассейн) можно ожидать некоторого дополнительного увеличения степени его метаморфизма. Вопрос о влиянии температуры, вызываемой давлением складчатости, рассмотрен ниже.

При облучении угля радиоактивными элементами (уран и др.), иногда содержащимися в нем в значительных количествах, происходит местное повышение степени метаморфизма, регистрируемое под микроскопом в виде ореолов высокой отражательной способности вокруг зерен минералов, содержащих такие элементы (М. и R. Teichmüller, 1958). Это явление встречается редко и далее не рассматривается.

Различия в теплопроводности угля и пород, слагающих угленосную толщу, должны сказываться на характере теплового поля, воздействию которого подвергается вещество угля в недрах. Однако во всех угленосных бассейнах характер пород и их тепловые свойства более или менее одинаковы. Также одинаково изменяется теплопроводность их на разных стадиях метаморфизма угля. Поэтому различия тепловых свойств пород, вероятнее всего, обуславливают только местные изменения характера теплового поля. Это явление рассмотрено дальше.

Последние четыре фактора (п. 7—10) — чисто гипотетические. Из них мы рассмотрим только влияние скорости опускания угленосных толщ на метаморфизм угля.

5. Мнения о влиянии скорости опускания угленосной толщи при ее формировании на изменение степени метаморфизма угля поддерживает ряд исследователей. А. К. Матвеев (1948) связывает с повышением такой скорости увеличение темпа старения коллоидного вещества угля. В. З. Ершов (1954) на основании анализа мощностей угленосных отложений в Донбассе пришел к выводу о том, что одни и те же пласты угля на востоке этого бассейна, находящиеся в антрацитовой стадии, погружались на меньшие глубины, чем на западе, где они метаморфизованы не выше газовых. Для объяснения этого В. З. Ершов, не привлекая никаких новых факторов метаморфизма, кроме температуры и давления, высказывает предположение о влиянии скорости опускания угленосной толщи. Г. А. Иванов (1957) полагает, что «величины зон метаморфизма (т. е. вертикальные мощности зон углей одной марки. — В. С.) определяются, очевидно, и скоростью погружения...». Далее он пишет: «...Учет скорости погружения позволяет предполагать, что в антрацитовых районах с типичным геосинклинальным режимом (большими амплитудой и скоростью погружения) образовавшиеся здесь антрациты не проходили буквально всех стадий менее метаморфизованных и, в частности, коксовых углей, «проскакивая» эти стадии (с чем, очевидно, связаны относительно большие — до 1—2 см — расстояния между трещинами эндокливажа в большинстве антрацитов Донецкого бассейна)».

Как показано ниже, в ряде бассейнов при глубинном метаморфизме величины зон, содержащих угли одних и тех же марок, близки между собой. Это, а также ошибочность представлений В. З. Ершова о полной мощности отложений на западе Донбасса (см. п. 6) дают основание считать, что нет необходимости привлекать скорость погружения угленосной толщи во время ее формирования в качестве дополнительного фактора метаморфизации.

Предположение Г. А. Иванова (1957) о том, что донецкие антрациты не проходили всей гаммы менее метаморфизованных углей, противоречит всему известному в настоящее время о последовательности залегания углей в разрезе угленосных отложений, подвергшихся глубинному

метаморфизму. Эндокливажная отдельность проявляется, скорее всего, только вблизи современной поверхности, т. е. после снятия высоких давлений и температур. Эти трещины — усадочные, и расстояния между ними зависят, очевидно, от физико-химических свойств витринитов у различно метаморфизованных углей.

6. В настоящее время есть все основания считать, что нижнепермские осадки отлагались и на востоке Донбасса. Пользуясь правилом В. З. Ершова (1954) о пропорциональном изменении мощностей свиты C_2 и распространив его на весь карбон и нижнюю пермь, автор доклада, по данным В. С. Попова (1957), подсчитал возможную глубину максимального погружения угля пласта h_9 из Самбековских шахт Несветаевского района. Уголь этого пласта в данном месте имеет плотность «органической» массы $1,58 \text{ г/см}^3$ и $V_r=2,8\%$ ¹. Искомая глубина оказалась равной почти 16 км, из которых на долю нижнепермских отложений пришлось 4,5 км. Мощность отложений от пласта h_9 до низов свиты C_1 включительно по аналогичным подсчетам равна 9 км; таким образом, мощность всего карбона и нижней перми здесь без буроугольной стадии примерно 25 км. Результаты этих подсчетов не противоречат величинам, вычисленным ранее (Верболюз, 1952; Скок, 1954, 1956). Действительно, для антрацита с $V_r=2,8\%$ и $\rho_d^r=1,58^2$ по графику изменения последней величины от максимальной глубины погружения (Скок, 1956), не считая мощности осадков буроугольной стадии, мощность пласта равна 15—16 км. Таким образом, для объяснения различий в степени метаморфизма углей на юго-востоке и северо-западе Донбасса отпадает необходимость искать какие-нибудь другие причины, кроме глубины погружения.

Несмотря на эти данные для юго-восточной части Донбасса, а также на утверждение геофизиков об отсутствии на больших глубинах в этом районе каких-либо крупных тел изверженных пород, прогревавших угленосные отложения, нельзя быть полностью уверенным в том, что такого прогрева в действительности не было. Возможное присутствие здесь и в районе Главной антиклинали на каких-то больших глубинах интрузий подтверждает наличие жильных и пластовых тел основных пород и кварцевых жил с полиметаллическим оруденением (Полов, 1957). В связи с этим возникает необходимость проверить предположение Г. А. Иванова (1957) о наличии таких интрузий. Это можно сделать путем изучения плотности горючей массы антрацитов в нормальном стратиграфическом разрезе, которая при глубинном метаморфизме изменяется пропорционально максимальной глубине погружения угленосной толщи (Скок, 1956), или при помощи изучения отражательной способности витринита, которая, по неопубликованным данным автора, изменяется пропорционально такой же глубине. При наличии термального воздействия на изверженные породы и плотность и отражательная способность будут возрастать на единицу нормальной мощности стратиграфического разреза все более и более интенсивно.

7. Ранее нами (Скок, 1954) ошибочно была определена глубина образования длиннопламенных углей в 10—11 км. Эта величина, как и температура, несомненно преувеличена. В действительности в различной геологической обстановке указанная глубина может колебаться в значительных пределах (1,5—6 км), а температура, необходимая для перехода бурых углей в каменные при глубинном метаморфизме (см. ниже, п. 11), обычно не превышает нескольких десятков градусов.

8. Таким образом, основными факторами метаморфизации угля являются тепловая энергия, давление и геологическое время.

¹ Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна, вып. VII, 1952.

² Здесь и далее ρ_d^r — действительная (истинная) плотность угля, определенная пикнометрически и пересчитанная на беззольную массу.

9. Углефикация, происходящая при метаморфизме угля, подчиняется законам физико-химии, согласно которым (Нуч, Карвейл, 1955; Карвейл, 1956) ведущее значение имеет тепловая энергия и меньшее значение — геологическое время, в течение которого она воздействовала на органическое вещество. Так как реакции расщепления и поликонденсации, одни из основных при метаморфизме, идут с увеличением объема в результате выделения жидких и главным образом газообразных продуктов (H_2O , CO_2 , CH_4 и др.), давление должно тормозить углефикацию, но не в состоянии прекратить ее полностью, потому что в условиях недр нет абсолютной герметичности. Это торможение, по-видимому, должно нарастать с глубиной погружения по мере увеличения плотности пород и углей.

10. Температура и геологическое время в какой-то степени взаимозаменяемы. Согласно графику Карвайля (Карвейл, 1956), один и тот же выход летучих веществ (например, 20%) может быть получен за 10 млн. лет при температуре прогрева до 225° и за 100 млн. лет при температуре 120° , т. е. в 10 раз меньшее время компенсируется в данном случае почти вдвое большей температурой. Это положение подтверждает также очень кратковременный (в геологическом понимании слова), но, очевидно, относительно высокий нагрев плиоценового бурого угля андезитовым интрузивом на Суматре, описанным О. Крейленом (1938). В результате этого из бурых углей получена вся гамма каменных углей, включая и спекающиеся, а также антрациты.

11. За исключением случаев кратковременного и высокотемпературного прогрева изверженными породами метаморфизм угля — очень длительный и в основном низкотемпературный процесс. Г. Л. Стадников (1957) считает, что угли Воркуты (ПЖ) прогревались до температуры 100° . Автор (Скок, 1963), пользуясь графиком Карвайля (Карвейл, 1956), ориентировочно подсчитал для одной точки в центральной части Кузбасса возможный палеогеотермический градиент, оказавшийся равным примерно $1,5^\circ/100$ м. Исходя из этой величины и возможной глубины погружения в данном месте, можно предположить, что максимальная палеотемпература для образования углей, аналогичных по степени метаморфизма воркутинским, должна была быть около $125—130^\circ$. Однако угли бассейнов разного возраста и с разной геологической историей для метаморфизации углей до одинаковой степени должны были прогреваться до разных максимальных температур. Приведенные примеры свидетельствуют о том, что максимальная температура, до которой (при глубинном метаморфизме) прогревались бурые угли, переходные к длиннопламенным, должна быть оценена в десятки градусов.

12. Обычно полагают, что на конечную степень метаморфизма угля основное влияние оказывает погружение его на максимальную глубину, где он подвергается воздействию наибольшей температуры. Это утверждение для случая глубинного метаморфизма в общем правильно. Принято также считать, что после инверсии угленосной толщи углефикация прекращается. Физико-химики утверждают, что процесс метаморфизации продолжается, хотя и очень замедленно, и после подъема с максимальной глубины вплоть до современной дневной поверхности. Как показывает ориентировочный подсчет, произведенный для спекающихся углей Кузбасса (Скок, 1963), уменьшение выхода летучих веществ, происходившее в течение 60 млн. лет при подъеме угленосной толщи с глубины порядка 8 км, незначительно — не более 2—4%.

13. Роль давления как фактора углефикации, что уже указывалось, физико-химиками отрицается. Действительно, для расчетов скорости изменения V^r при метаморфизме они совершенно его не учитывают (Нуч, Карвейл, 1955), и полученные при этих подсчетах данные в общем удовлетворительно увязываются с наблюдаемыми в природе фактами. Ины-

ми словами, тормозящая роль давления на уменьшении выхода летучих веществ практически или не сказывается совсем, или столь незначительна и постоянна, что до сих пор не могла быть выявлена. Нигде до сих пор не получено убедительных доказательств и обратного явления — повышения углефикации за счет одного давления, имеющегося в недрах и развивающегося в течение очень длительного времени (геологического). Результаты такого процесса нельзя отождествлять с результатами лабораторных опытов, когда органическое вещество подвергается высоким и сверхвысоким давлениям в короткие сроки. В этом случае, кроме значительного повышения температуры, происходят принципиально иные химические преобразования вещества, вплоть до чисто механического разрушения крупных молекул его.

14. А. Б. Травин (1953) полагал, что при интенсивном давлении, сопровождающем складчатость и крупные дизъюнктивы, происходит повышение температуры, приводящее к дополнительной углефикации вещества угля. Приводимые этим автором доказательства проявления такого типа метаморфизма, названного им динамотермальным, могут быть легко объяснены другими причинами. Так как складчатость — процесс чрезвычайно медленный, то развивающаяся при этом тепловая энергия, распределенная на очень большие отрезки времени, вызывает незначительное повышение температуры угля и практически не углефицирует его дополнительно. Происходит только локальный прогрев угля в непосредственной близости от трещин нарушений (см. п. 4), и, возможно, проявляются процессы, аналогичные тем, которые протекают при лабораторных опытах (см. п. 13).

15. Совершенно отчетливо влияние давления регистрируется только по изменению некоторых физических свойств угля, особенно малометаморфизованного — бурого и длиннопламенного. Проявляется оно прежде всего в уплотнении вещества, мерой которого является содержание шахтной (полной или рабочей) влаги. Шюрманн (Schüßmann, 1927) установил правило, согласно которому каждый пласт, лежащий стратиграфически ниже малометаморфизованного угля, при прочих равных условиях всегда содержит меньше шахтной влаги, чем вышележащий. Такое изменение влажности зависит прежде всего от уплотнения органической массы угля, происходящего во время погружения угленосной толщи на максимальные глубины. Хотя одновременно с таким погружением возрастает и температура, но именно давление нагрузки играет ведущую роль вследствие того, что температура при глубинном метаморфизме, как мы видели, достигает только десятков градусов.

Зная содержание шахтной влаги, можно регистрировать и влияние давления, вызывающего складчатость. М. и Р. Тайхмюллер (М. и R. Teichmüller, 1954) описали случай с олигоценовыми бурями углями (близкими к длиннопламенным), залегающими в подвергшейся интенсивному давлению с юга (со стороны Альп) Хаусхамской мульде в Южной Баварии. В южном крыле этой структуры падение пластов запрокинутое, на северном крыле они падают под углами около 40° . Изолинии содержания влаги повторяют изгибы пластов угля, но под менее крутыми углами, совершенно аналогично тому, как это происходит в Кузбассе (Скок, 1963) и Донбассе (Левенштейн, 1962) с изволями. На крутом южном крыле изолинии содержания влаги заметно сближены по сравнению с северным крылом, где складчатость менее напряженная. В каждом пласте на одном горизонте влажность на южном крыле мульды меньше, чем на северном. По мере углубления по одному и тому же пласту угля содержание влаги убывает совершенно так же, как убывает выход летучих веществ в указанных бассейнах.

М. и Р. Тайхмюллер (М. и R. Teichmüller, 1954), по данным Берковица и Штейна, приводят еще более интересный пример воздействия

давления, вызвавшего складчатость, на степень уплотнения вещества угля. Угли Пакистана, имеющие химические свойства типичных бурых углей ($C^r = 74\%$, $V^r = 55\%$), вследствие очень интенсивной складчатости содержат влаги столько же, сколько и коксовые угли, и, что самое интересное, в действительности спекаются.

16. Наиболее чувствительным способом оценки степени уплотнения бурых углей и малометаморфизованных каменных (до молодых газовых включительно), как уже указывалось, является содержание шахтной влаги. Величины расстояний между изолиниями содержания такой влаги, проведенные через 1% и выраженные в метрах, аналогично изолиниям выхода летучих веществ (Скок, 1954) можно назвать ступенями метаморфизма углей по влаге. У бурых углей, близких к длиннопламенным, эти расстояния равны примерно 100 м ; у менее метаморфизованных углей Австралии (М. и R. Teichmüller, 1954) величины ступеней снижаются до 30 м ; у еще менее зрелых итатских углей Канско-Ачинского бассейна они равны примерно 20 м . Эти ступени должны быть наименьшими у землистых бурых углей, близких к торфам, так как достаточно незначительной нагрузки, чтобы их органическое вещество существенно уплотнилось и содержание влаги резко снизилось. Величины ступеней по влаге в полном нормальном стратиграфическом разрезе угленосной толщи, включающем малометаморфизованные угли, по-видимому, подчинены логарифмическому закону.

Одновременно с физическим уплотнением органического вещества малометаморфизованных углей существенно изменяется макро- и микроскопическое строение их, а также постепенно увеличивается углефикация.

17. Для измерения и оценки степени метаморфизма в каменных углях и антрацитах обычно применяется выход летучих веществ. Этот параметр, согласно правилу Хильта, закономерно уменьшается стратиграфически вниз, но не пропорционально нарастанию мощности угленосной толщи. Выход летучих веществ, определенный в полублестящем петрографическом типе угля, при глубинном метаморфизме в нормальном стратиграфическом разрезе угленосной толщи изменяется по логарифмическому закону (Скок, 1954). Причина такого распределения изволей, по мнению Карвайля (Karweil, 1956), следующая. В молекулах малометаморфизованных углей имеется большое количество реакционноспособных групп, и скорость химических реакций, обуславливающих уменьшение выхода летучих, определяется в основном температурой, повышение которой на 10° , согласно правилу Вант-Гоффа, увеличивает эту скорость в 2—4 раза. Поэтому в области таких углей выход летучих веществ V^r вниз по стратиграфическому разрезу уменьшается вначале замедленно, а затем во все возрастающем темпе, что и определяет аналогичное снижение величин ступеней глубинного метаморфизма. Но одновременно с этим уменьшается и количество реакционноспособных групп, и постепенно ведущим параметром, определяющим скорость химических реакций, становится не температура, продолжающая возрастать, а число этих групп, оставшихся в молекулах угля. Именно поэтому, начиная примерно с изволи 26% , постепенно увеличивается степень глубинного метаморфизма, достигающая максимума у высокометаморфизованных антрацитов.

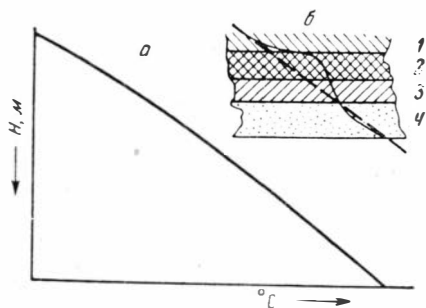
18. Для всех ископаемых углей, кроме землистых бурых, близких к торфам, в качестве масштаба степени метаморфизма целесообразно применять измерение отражательной способности витринита. После стаярдтизации способов полировки аншлифов и разработки аппаратуры, исключающей субъективизм в оценке величины отражательной способности, этот метод должен получить широкое применение. Достоинство его — объективность, позволяющая сопоставлять между собой угли раз-

ных бассейнов с различным петрографическим составом, а также то, что величина отражательной способности витринита при глубинном метаморфизме изменяется пропорционально максимальной глубине погружения угленосной толщи (см. п. 6), аналогично тому, как это происходит с удельным весом горючей массы угля (Скок, 1956). Такую же зависимость отражательной способности витринита от глубины погружения подтверждают и данные И. И. Аммосова (1961, фиг. 5).

19. Для глубинного метаморфизма формирующейся угленосной толщи характерно непрерывное нарастание с глубиной температуры и давления, происходящее почти по прямолинейной зависимости. Так как плотность пород при этом непрерывно увеличивается, а вместе с ней растет и теплопроводность их, то в действительности нарастание температуры и давления должно происходить по очень пологим кривым экспоненциального вида, близким к прямым (фиг. 1, а). В действительности температурная кривая должна иметь «зубчатый характер» (фиг. 1, б) вследствие разной теплопроводности угля и вмещающих пород различного петрографического состава. Если взять за основу вид температурной кривой на фиг. 1, то в первом приближении расстояния между геонотермическими поверхностями будут примерно одинаковыми, несколько увеличивающимися на глубину. Назовем этот характер геонотерм нормальным. Тогда распределение изоволей в нормальном стратиграфическом разрезе при глубинном метаморфизме будет таким, как это установлено для Кузбасса и Донбасса (Скок, 1954).

20. Совпадение величин ступеней глубинного метаморфизма в Кузбассе и Донбассе — не единичный случай. По весьма приближенным данным М. В. Голицина и И. В. Орлова (1962), в Карагандинском бассейне, в пологой части крупной синклинали структуры расстояния между изоволями 35—21% равны 670 м, а в более крутой части — 750 м. В Кузбассе, по данным, полученным в районах с очень крутыми падениями, расстояния между теми же изоволями 940 м (Скок, 1954). Причина различных величин ступеней метаморфизма в разных условиях залегания пластов угля разобрана ниже (см. п. 21).

На Чульмаканском месторождении Южно-Якутского бассейна (Челебаева, 1960) при горизонтальном залегании уголь пласта Д28 находится в стадии (степени) метаморфизма III_3 (по данным ИГиРГИ), а залегающий на глубине 412 м стратиграфически ниже пласт Д5 — в стадии IV_2 . По шкале ВУХИН, первый пласт находится в степени Жв примерно на границе с Км, второй — в степени Кс¹. В переводе на выход летучих веществ в полублестящем петрографическом типе угля ($V_{пб}^r$) в Кузбассе стратиграфические расстояния между пластами с такой же степенью метаморфизма в зависимости от положения их на соответствующих полосах диаграммы ВУХИН (Скок, 1963) могут колебаться в пределах от 260 до 420 м. Несмотря на невысокую точность, которая обеспечивается петрографическим методом, действительное нормальное рас-



Фиг. 1. Кривая нарастания температур с глубиной погружения (H) угленосной толщи в нормальном геотермическом поле

Справа сверху — деталь кривой:
1 — алевролит. 2 — уголь. 3 — аргиллит,
4 — песчаник

¹ Сопоставление этих шкал приближенное.

стояние между пластами углей Д28 и Д5 (412 м) не выходит из указанных пределов.

Подсчет нормальных расстояний между пластами кузнецкого угля, находящихся в одинаковой с южно-якутскими углями степени метаморфизма, сделанный А. И. Челебаевой (770 м), неверен. Челебаева повторила ошибку В. В. Мокринского (1957), который для таких подсчетов использовал данные по выходу летучих веществ из керновых проб южно-якутских углей и прямо сопоставил их с кузнецкими. Ошибка Мокринского в том, что он сравнивал градиенты изменения V_r у юрских углей с таковыми у палеозойских, не учитывая вероятных различий свойств тех и других и даже не введя поправку на петрографический состав. Известно, например, что юрские угли даже при одинаковой степени метаморфизма и петрографического состава отличаются от палеозойских существенно большими величинами V_r и пластического слоя. Кроме того, Мокринский не приводит данных о зольности использованных им для таких подсчетов проб, что вообще ставит под сомнение приводимые им цифровые данные, так как в лаборатории Южно-Якутской экспедиции керновые пробы в первые годы исследования этого бассейна не обогащались и часто анализировались при зольности, доходящей до 30% и более.

Следует отметить очень точное совпадение величин ступеней метаморфизма углей Кузбасса и Рура (см. п. 25).

21. В пределах одного и того же бассейна в зависимости от условий залегания пластов угля может наблюдаться некоторое различие в величине ступеней глубинного метаморфизма. В Руре (Patteisky, Teichmüller, 1960), Донбассе (Левенштейн, 1962) и, по-видимому, в Караганде (Голицин, Орлов, 1962) установлено, что в районах пологого падения пластов угля выход летучих веществ в стратиграфическом разрезе изменяется быстрее, чем при крутом падении. Градиент изменения V_r (например, в Донбассе) в области углей марок ПЖ, К и ОС в условиях пологих падений составляет в среднем 1,9% на 100 м, а при крутом падении — 1,6% на 100 м.

Одной из наиболее вероятных причин этого явления нужно считать менее высокий геотермический градиент при крутом падении пластов угля, обусловленный тепловой анизотропией пород угленосной толщи и самого угля. Тепловое сопротивление их в направлении, перпендикулярном к слоистости, заметно выше, чем в параллельном (Дахнов, Дьяконов, 1952). Коэффициент тепловой анизотропии особенно велик у пород глинистого состава (1,31) и, вероятно, у угля; наименьшее значение этого коэффициента наблюдается у песчаников (1,05). Вследствие этого при крутом залегании пласта тепловое сопротивление одних и тех же пород меньше, чем при пологом. Это явление, возможно, усиливается движением вверх газообразных и жидких продуктов метаморфизма, играющих роль теплоносителя. Передвижение их должно происходить более интенсивно при крутом залегании пласта вследствие как повышенной трещиноватости пород в складчатой толще, так и большей проницаемости их для газов и жидкостей по наслоению, чем вкрест ему.

22. В этом докладе мы не касаемся таких деталей, как увеличение степени метаморфизма угля одних и тех же пластов в складках на глубину, установленное в Кузбассе (Аммосов, 1941; Молчанов, 1948; Скок, 1954, 1963), Донбассе (Левенштейн, 1962) и Караганде (Голицин, Орлов, 1962), которое, вероятно, наблюдается в аналогичных случаях при глубинном метаморфизме и в других складчатых бассейнах. Упомянем только, что точно такое же явление (см. п. 15) установлено по изменению содержания влаги в бурых углях Южной Баварии и подтверждено на Итатском месторождении Канско-Ачинского бассейна.

23. Примеры близкого совпадения величин ступеней глубинного метаморфизма каменных углей и антрацитов для разных бассейнов, общий характер распределения изоволей по нормальному разрезу угленосных отложений, что нашло свое объяснение в физико-химических законах (см. п. 17), позволяют считать эту закономерность (Скок, 1954) установленной. Естественно, что при различной величине палеогеотермического градиента даже в пределах одного и того же бассейна (см. п. 21) абсолютные значения ступеней глубинного метаморфизма могут изменяться, однако общий характер распределения изоволей в разрезе остается одним и тем же.

24. Внедрение в угленосную толщу молодых интрузий служит дополнительным источником тепловой энергии, воздействие которой на вещество угля, уже подвергшегося углефикации под влиянием глубинного метаморфизма, вызывает дальнейшее отощение его. Форма геотермических поверхностей и расстояния между ними обуславливаются типом интрузивных тел (силлы, батолиты и т. д.), местом их расположения и теплопроводностью прогреваемых пород. Величины температур при этом будут отвечать сумме температур нормального теплового поля, имевшегося на момент внедрения интрузии, и от наложенного «ненормального», вызванного появлением этих тел. Очевидно, что метаморфизирующее влияние такого сложного теплового поля будет зависеть от следующих причин: а) относительного времени внедрения интрузива; б) петрографического состава его (основной, кислый); в) числа, формы и особенно размеров интрузива; г) расстояния пластов угля от него и взаимного расположения их.

Известно (Перепечина, Шехунов, 1939; Крейлсн, 1938), что чередование марок углей при этом остается таким же, как и при глубинном метаморфизме, но расстояния между одноименными изволями всегда уменьшаются, а распределение их в разрезе угленосной толщи резко отличается от такового при глубинном. В отдельных случаях на Сучане (Перепечина, Шехунов, 1939) наблюдается, что нижележащие пласты угля менее метаморфизованы, чем вышележащие.

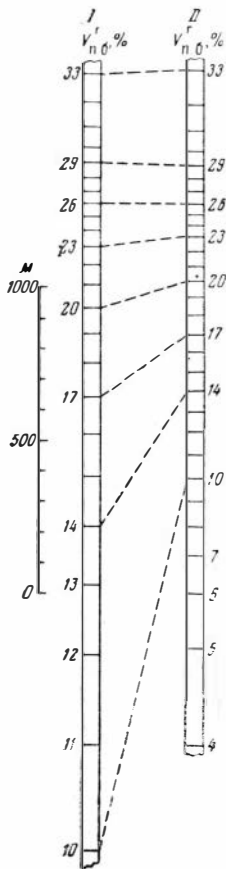
Такой тип метаморфизма предложено называть термальным (Перепечина, Шехунов, 1939; Порфирьев, 1948 и др.). Некоторые авторы (Жемчужников, 1948 и др.) называют его контактовым. Правильнее этот термин применять для случая непосредственного или очень близкого нахождения угля от изверженной породы, приводящего к резко другим результатам (см. п. 27).

25. Типичным примером термального метаморфизма, наложившегося на глубинный, является Рурский бассейн. Здесь (Pattelsky u. a., 1962) имеется, по-видимому, крупное слепое изверженное тело (или тела), внедрившееся в нижнемеловое—пермское время. Наиболее близко к современной поверхности эти интрузивы залегают на западе и юго-западе Рурского бассейна (Крефельд, Эркленц), где первично газовые угли, соответствующие нашим жирным, метаморфизованы до антрацитово-стадии. В центре и на северо-востоке бассейна интрузивы залегают глубже или имеют меньшие размеры. Наличие их здесь доказывается уменьшением расстояний между изволями, начиная с выхода летучих веществ около 20%, по сравнению с таковыми при глубинном метаморфизме в Кузбассе и Донбассе (фиг. 2). В области спекающихся углей расстояния между изволями в Руре практически те же, что и при глубинном метаморфизме углей Кузбасса и Донбасса, а в области тощих углей и антрацитов эти расстояния резко уменьшаются (см. таблицу).

Очень близкие по величине ступени метаморфизма в области, не затронутые тепловым воздействием интрузии, и примерно одинаковый абсолютный геологический возраст бассейнов Кузбасса, Донбасса и Рура дают основание предполагать, что и палеогеотермические градиенты в

них были близки. Поэтому те $4\frac{1}{100}$ м, которые положил в основу построения графика Карвайль (Karweil, 1956), явно преувеличены. Их можно рассматривать как суммарную и усредненную величину, обусловленную глубинным и термальным видами метаморфизма.

26. Угли, подвергшиеся термальному метаморфизму, под микроскопом не отличимы от углей, образовавшихся в условиях глубинного метаморфизма (Травин, 1956). Удельный вес горючей массы отощенных каменных углей и антрацитов Рурского бассейна, подвергшихся термальному воздействию изверженных пород, очень точно укладывается в закономерности, свойственные глубиннометаморфизованным углям (Скок, 1956). Иными словами, при одинаковых для тех и других значениях V^r величины плотности горючей массы угля также одинаковы. Аналогичное явление наблюдается и с отражательной способностью витринита таких же рурских углей. Величина ее для углей с V^r от 41,8 до 3,1% (Гофманн, Енкнер, 1933) на графике, на котором V^r отложено пропорционально ступеням глубинного метаморфизма, укладывается на прямую линию¹ совершенно аналогично плотности средне- и высокометаморфизованных каменных углей и антрацитов (Скок, 1956). Интересно, что у термальнометаморфизованных антрацитов Эркеленца (Рур), по данным Паттейски и других (Patteisky и. а., 1962), наблюдается трещиноватость (эндокливаж?), свойственная «первичной» степени метаморфизма их.



Фиг. 2. Сопоставление ступеней глубинного метаморфизма в углях Кузбасса и Донбасса со ступенями метаморфизма в Руре

I — Кузбасс и Донбасс, II — Рурский бассейн (по данным Patteisky и. а., 1962, рис. 1);

$V_{пб}^r$, $V_{вт}^r$ — выход летучих в угле полублестящего типа и витрините

по выходу летучих веществ и по элементарному составу. По мере удаления от интрузива V^r и элементарный состав постепенно приближаются к таковым у первичных углей. Под микроскопом контактометаморфизованные угли (Травин, 1956) оказываются пористыми и чрезвычайно неравномерно отощенными. Эти угли не подчиняются формуле Фермора о пропорциональном изменении удельного веса горючей массы их от со-

Термально- и глубиннометаморфизованные угли неотличимы, вероятно, и по своим химико-технологическим свойствам. Возможно только, что при относительно высоких температурах и скоростях прогрева, т. е. вблизи изверженных тел, может наблюдаться некоторый «сдвиг» указанных свойств, выражающийся, например, в том, что спекающая способность их будет проявляться при больших величинах выхода летучих веществ, чем у глубиннометаморфизованных, как это наблюдается на Суматре (Крейлен, 1938). Этот вопрос пока еще как следует не изучен.

27. При непосредственном или весьма близком нахождении пласта угля от внедрившегося интрузива, что сопровождается очень быстрым прогревом его до высоких температур, происходит контактовый метаморфизм. Под влиянием такого прогрева в пределах могут образоваться графиты (Тунгусский бассейн) или естественный кокс, а также особые угли, оцениваемые обычно

¹ Неопубликованные данные автора.

Сопоставление расстояний между изоволями Рурского бассейна и Кузбасса

№ п/п	Интервалы, VГ, %	Нормальные расстояния, м		№ п/п	Интервалы, VГ, %	Нормальные расстояния, м	
		Рур	Кузбасс			Рур	Кузбасс
1	21,5—19,9	105	118	12	27,8—24,5	175	150
2	26,8—21,5	130	268	13	26,0—16,4	320	700
3	28,0—24,3	135	161	14	16,2—14,6	395	460
4	28,0—26,6	75	62	15	22,0—19,9	200	145
5	26,7—24,2	60	112	16	35—30	400—420	480
6	22,4—19,5	460	220	17	30—25	220	270
7	23,2—19,7	290	240	18	25—20	270	298
8	24,9—21,8	220	170	19	20—15	240—350	553
9	25,3—20,8	300	250	20	15—10	250—320	1220
10	24,9—21,4	220	193	21	10—5	280—300	3450
11	25,0—23,9	100	50				

Примечания: 1. Расстояния между изоволями в малозольных рурских углях определены графически по табл. 1 и 2 из работы Паттейски, Тайхмюллер и Лейстиков (Patteisky и. а., 1962), (данные под номерами 1—15—по табл. 2, данные 16—21—по табл. 1).

2. Для Кузбасса определение VГ проводилось по углям полублестящего типа (Скок, 1954).

держания золы и по химизму должны быть сильно отличными от термально- и глубиннометаморфизованных.

Указанные особенности обусловлены крайне неравномерным и очень быстрым прогревом таких углей, происходящим как путем нормальной передачи тепла твердыми телами, так и вследствие выделения остывающим интрузивом газовых эманацій и гидротерм, проникающих через трещины и поры в угле и вмещающих породах. Последний способ теплопередачи и обуславливает значительную неравномерность отощения угля, доходящую до того, что вдали от трещин иногда сохраняются микропризнаки, свойственные «первичной» степени метаморфизма угля. Эта неравномерная углефикация делает малопригодной оценку степени контактового воздействия по выходу летучих веществ и элементарному составу. В химико-технологическом плане отличие контактово-метаморфизованных углей от всех остальных состоит прежде всего в том, что в них вместо нормальной химической перестройки угля происходят реакции пиролиза. В частности, в определенной обстановке даже при наиболее благоприятном для спекающихся углей выходе летучих веществ, как указывает В. Я. Посыльный (1962), они полностью теряют пластический слой. Укажем, что этот автор относит такие угли к типу термальнометаморфизованных. На наш взгляд, правильнее считать их контактовометаморфизованными.

Границу между контактовым и термальным метаморфизмом угля нужно проводить, с одной стороны, по исчезновению микропризнаков, характерных для первого, а с другой — по отсутствию твердых продуктов пиролиза.

28. Динамометаморфизм, понимаемый здесь как результат давления, приводящего к складчатости, проявляется, по-видимому, только в мало-метаморфизованных углях. В результате его в основном происходят различные физические изменения угля и прежде всего нарастание плотности. Иными словами, при этом ускоряется тот же процесс уплотнения угля, который идет и в условиях глубинного метаморфизма. В более высоких стадиях влияние динамометаморфизма затухевывается и оце-

нить степень влияния его невозможно. Углефикационные изменения при динамометаморфизме либо вовсе не происходят, либо очень незначительны. Во всяком случае они нигде до сих пор не установлены.

Теоретически, дополнительная углефикация при динамометаморфизме возможна в силу следующих соображений. Сдерживание реакций метаморфизма, вызывающих увеличение объема, у молодых углей вообще, видимо, очень невелико, поскольку проницаемость пород угленосной толщи для газов и жидкостей здесь меньше, чем в более высоких степенях метаморфизма. Наличие складчатости, приводящее к появлению трещиноватости, вероятно, еще несколько уменьшает тормозящее влияние давления, что также должно в какой-то степени интенсифицировать процесс углефикации. В том же направлении должно действовать и сближение молекул, происходящее при уплотнении вещества угля. Кроме того, чисто механическое перемещение молекул, происходящее при складчатости, по мнению Карвайля (Karweil, 1956), может облегчить нахождение ими реакционноспособных мест друг у друга, что способствует, хотя и в очень небольшой степени, углефикации.

Впредь до получения надежных фактических данных разбираемый вопрос не может быть решен уверенно.

29. В отдельных случаях интенсивнейшего проявления тектоники (Горловский бассейн; Травин, 1956) на фоне глубинного метаморфизма может проявиться некоторое отощение угля вследствие трения, происходящего в результате наличия сети крупных и мелких (микроскопических) передвижек. Этот тип метаморфизма можно назвать термином, предложенным В. В. Мокринским (1957), — фрикциометаморфизмом. Однако с остальными взглядами этого автора, вкладываемыми им в этот термин, согласиться нельзя.

30. Перейдем теперь к классификации главнейших типов метаморфизма, исходя из основных наших современных знаний. М. и Р. Тайхмюллер (M. u. R. Teichmüller, 1954) предложили подразделить метаморфические изменения в угле на два основных вида — структурные (физические) и вещественные (химические и химико-технологические). Вначале преобладают первые; вещественные изменения идут очень замедленно, а затем постепенно начинают преобладать, и роль структурных отходит на второй план. Примерная граница между ними, вообще очень постепенная и условная, проходит где-то близко к области блестящих бурых углей. В отдельных случаях один тип превращений может опережать другой. Типичный пример — бурые угли Пакистана (см. п. 15).

31. Основной тип метаморфизма, глубинный, проявляется как в геосинклинальных, так и во всех других типах бассейнов, по классификации Г. А. Иванова (1959), в том числе и в чисто платформенных. Следующим по значению является термальный метаморфизм, всегда накладывающийся на глубинный и переходящий, в определенных условиях, в контактовый.

32. Для глубинного метаморфизма основным условием является нормальное тепловое поле, создаваемое глубинным источником тепловой энергии, отстоящим от угленосной толщи на «бесконечно большом» расстоянии и проявляющимся на неограниченно большой площади. Для термального метаморфизма характерно ненормальное тепловое поле, создаваемое достаточным большим по запасу тепловой энергии интрузивом, имеющим ограниченные размеры и расположенным на сравнительно небольшом расстоянии от угленосной толщи — от первых сотен метров до нескольких километров. При непосредственном контакте угля и изверженной породы наблюдается контактовый тип метаморфизма, обусловленный резко ненормальным тепловым полем и частичной передачей тепловой энергии газообразными и жидкими теплоносителями —

магматическими эманациями и гидротермами, выделяющимися из остывающего интрузива. Последнее определяет неоднородность метаморфизации угля, а также очень высокую скорость нагрева его до высоких температур, что и вызывает реакции пиролиза.

33. Глубинный метаморфизм, согласно предложению М. и Р. Тайхмюллер (М. и Р. Teichmüller, 1954), рационально подразделять на структурный и вещественный. В отдельных случаях первый может существенно «опережать» второй (Пакистан; см. п. 15 и 30), что и будет проявлением динамометаморфизма в нашем понимании этого термина.

34. Остальные виды — фрикционометаморфизм и метаморфизация, вызываемые облучением угля радиоактивными элементами, заметно проявляются только спорадически и, не являясь основными, из предлагаемой классификации выпадают.

ЛИТЕРАТУРА

- Аммосов И. И. О метаморфизме углей Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса.— Изв. АН СССР, серия геолог., № 6, 1941.
- Аммосов И. И. Стадии изменения осадочных пород и парагенетические отношения горючих ископаемых.— Сов. геология, № 4, 1961.
- Аммосов И. И., Тан Сю-и. Стадии изменения углей и парагенетические отношения горючих ископаемых. Изд-во АН СССР, 1961.
- Верболюз С. Е. Выводы из анализа мощностей каменноугольных отложений Донецкого бассейна.— Уголь, № 4, 1952.
- Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна. Вып. VII. Справочник по качественной характеристике антрацитовых шахтопластов. Углетехиздат, 1952.
- Голлицин М. В., Орлов И. В. Типы метаморфизма углей Карагадинского бассейна.— Материалы по геологии полезн. ископ. Центр. Казахстана, вып. 2, 1962.
- Гофманн Е., Енкнер А. Углефикация и ее определение под микроскопом.— Сб. «Обогащение и петрография углей». Горно-геолого-нефтяное изд-во, 1933.
- Дахнов Д. И., Дьяконов Д. И. Термические исследования скважин. Гостехиздат, 1952.
- Дубок А. П. Метаморфизм гумусовых углей.— Сб. трудов научн. конфер., вып. 1. Кемеровское изд-во, 1958.
- Ершов В. З. Анализ мощностей свит угленосной толщи среднего карбона и метаморфизм угольных пластов. Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна, вып. VIII. Углетехиздат, 1954.
- Жемчужников Ю. А. Общая геология ископаемых углей. Углетехиздат, 1948.
- Иванов Г. А. Закономерности строения, образования и изменения угленосных отложений (формаций). Автореф. дисс. Л., 1957.
- Иванов Г. А. Генетическая классификация угленосных формаций. Изд. Мин. геологии и охраны недр СССР, 1959.
- Кашпур Я. Н. Температура горных пород на больших глубинах в Донецко-Макеевском районе Донбасса.— Уголь, № 7, 1954.
- Кашпур Я. Н. К вопросу о геотермических аномалиях Донбасса.— Докл. АН СССР, 116, вып. 3, 1957.
- Корытникова Н. И. О геотермических ступенях угольных месторождений.— Уголь, № 130, 1936.
- Корытникова Н. И. Влияние теплопроводности горных пород на геозотермы.— Геофизика, т. 7, вып. 1 (25), 1937.
- Крейлен О. Основные направления химии и систематики углей. Гос. научно-техн. Изд-во Украины, 1938.
- Левенштейн М. Л. Закономерности метаморфизма углей Донецкого бассейна.— Сов. геология, № 2, 1962.
- Матвеев А. К. Геологические факторы и вероятный механизм процесса метаморфизма углей.— Сб. «Советская геология», № 7, 1948.
- Мокринский В. В. Южно-Якутская угленосная площадь и ее перспективы.— Труды ЛАГУ АН СССР, вып. VII, 1957.
- Молчанов И. И. Взаимосвязь зон углефикации и тектонических структур Прокопьевско-Киселевского района Кузнецкого бассейна.— Труды геол.-исслед. бюро, вып. 3, 1948.
- Перепечина Е. А., Шехунов В. С. Сучанское каменноугольное месторождение. ГОНТИ, 1939.
- Погребницкий Е. О. Геологическая история Донбасса как один из факторов метаморфизма углей.— Труды XVII Межд. геол. конгр., т. I, 1937.
- Попов В. С. Донецкий бассейн.— Энциклопедический справочник «Горное дело», т. 2, 1957.

- Порфирьев В. Б. Метаморфизм ископаемых углей. Изд. Львовск. ун-та, 1948.
- Посыльный В. Я. О метаморфизме углей Сахалина.— Сб. «Вопросы геологии угля», Изд-во АН Казахск. ССР, Алма-Ата, 1962.
- Скок В. И. О ступенях глубинного метаморфизма ископаемых углей.— Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1954.
- Скок В. И. Изменение удельного веса каменных углей и антрацитов при глубинном метаморфизме.— Докл. АН СССР, 107, № 3, 1956.
- Скок В. И. Тектоника и глубинный метаморфизм угля в Кузнецком бассейне.— Сов. геология, № 5, 1963.
- Стадник Г. Л. Глинистые породы. Изд-во АН СССР, 1957.
- Травин А. Б. О метаморфизме углей. Сб. «Химия и генезис твердых горючих ископ.». Труды I Всес. совещ., 1950 г. Изд-во АН СССР, 1953.
- Травин А. Б. О некоторых микроскопических признаках глубинного, контактового и динамотермального метаморфизма ископаемых углей.— Труды горно-геол. ин-та ЗСФАН СССР, вып. 17, 1956.
- Челебаева А. И. Метаморфизм углей Южно-Якутского бассейна.— Разв. и охрана недр, № 3, 1960.
- Широков А. З. Причины метаморфизма углей Донецкого бассейна. Изв. Днепропетр. горн. ин-та, 19, 1948.
- Яворский В. И. Метаморфизм углей Кузбасса.— Сов. геология, сб. 38, 1949.
- Huck G., Karweil J. Physikalisch chemische Probleme der Inkohlung, Brennstoff — Chemie, N 1/2, 1955.
- Karweil J. Die Metamorphose der Kohlen vom Standpunkt der physikalischen Chemie, 107, S. 132—139, 1956.
- Patteisky K., Teichmüller M. Inkohlungs — Verkauf, Inkohlungs — Maßstäbe und Klassifikation der Kohlen auf Grund von Vitrit — Analysen. Brennstoff — Chemie, Bd. 41, N 3—5, 1960.
- Patteisky K., Teichmüller M. u. R., Leistikow O. Das Onkohlungs bild des Steinkohlengebirges an Rhein und Ruhr, dargestellt im Niveau von Flöz Sonnenschein.— Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 3, 2, Krefeld, 1962.
- Schürmann H. M. C. Über jungtertiäre Braunkohle in Ostborneo.— Braunkohle, S. 609—641, Halle, 1927.
- Teichmüller M., Teichmüller R. Die Stoffliche und strukturelle Metamorphose der Kohle.— Geol. Rundschau, № 42. S. 265—296. Stuttgart, 1954.
- Teichmüller M., Teichmüller R. Inkohlungsuntersuchungen und ihre Nutzanwendung.— Geologie en Mijnbouw, Nr. 2. Nw. Serie 20e Jaargang, Leiden, 1958.

СВЯЗЬ МЕЖДУ ТИПОМ УГЛЕФИКАЦИИ И СОСТАВОМ ВМЕЩАЮЩИХ УГЛИ ПОРОД¹

По современным представлениям, которые разделяют большинство лиц, занимающихся изучением углей, все разнообразие состава и свойств ископаемых углей объясняют различиями в исходном материале, условиях накопления, характере среды, в которой происходило преобразование растительного материала в торф, а также вторичными процессами (углефикацией), к которым относят изменения в составе органического материала, вызываемые диагенезом и метаморфизмом. К процессам диагенеза относят превращение торфа в бурый уголь, а к процессам метаморфизма — образование всего ряда углей — от бурых до антрацитов включительно. При этом считается, что уголь в ряду Б—А (бурый—антрацит) проходит последовательно состояние всех стадий.

Указанные факторы, кроме метаморфизма, вызывают различие углей только внутри марок и никак не влияют на классификацию углей по маркам.

Ископаемые угли, как осадочные породы, являются частью угленосной толщи. Поэтому между углями и вмещающими их породами естественно должна существовать взаимная связь и соответствие в составе и свойствах тех и других, потому что геологические процессы (диагенез, метаморфизм, тектонические движения и т. д.) одновременно воздействуют и на угли, и на породы.

В настоящее время среди углей выделяют 10 основных групп, отличающихся друг от друга своими свойствами (Б, БД, Д, Г, ПЖ, К, ПС, Т, ПА, А); кроме того, половину из них (Б, Г, ПЖ, К, А) в свою очередь разделяют на подгруппы. Для всех групп (марок) и подгрупп углей имеется ряд физических, химических и технологических признаков, позволяющих достаточно уверенно относить их к той или иной группе.

Для пород, вмещающих угли, такая классификация пока не существует, и не выработаны параметры для создания ее, хотя на необходимость соответствующего изучения и классификации пород еще в 1943 г. указывал П. И. Степанов (1943). Он писал, что основная причина сложного разнообразия всей гаммы качества углей, начиная от их состава, физических, химических и технологических свойств, теснейшим образом связана и зависит не только от общего процесса накопления, но главным образом от процесса изменения (метаморфизма) вещества угленос-

¹ Публикуется в порядке обсуждения.— *Ред.*

ных отложений и самих углей. Изучение генезиса углей немислимо без исчерпывающего изучения явлений метаморфизма.

Построение генетических и промышленных классификаций ископаемых углей в свою очередь в значительной степени связано с учением об их метаморфизме. Петрография и степень метаморфизма углей служат основой для составления углехимических карт угольных месторождений.

С изучением явлений метаморфизма связан вопрос о прогнозе степени углефикации углей на основании степени метаморфизма вмещающих угли пород.

В литературе имеются крайне скудные указания на зависимость состава и свойств углей от состава и свойств вмещающих их пород. Эти указания приводятся в работах А. Т. Донабедова (1943), Е. А. Перепечиной (1943), В. Н. Логвиненко (1957) и др. В работе А. И. Гусева и А. С. Запорожцевой (1960) показано, что имеются различия в составе аллотигенных и аутигенных минералов из угленосных и безугольных горизонтов угленосной толщи, и приведены данные о связи аутигенных минералов из группы цеолитов (гейландит, эпидесмин и ломонтит) со степенью углефикации и составом углей, залегающих в породах, содержащих эти цеолиты.

В 1960 г. в Институте геологии Арктики была окончена комплексная тематическая работа по выявлению связи между метаморфизмом углей и диагенезом, эпигенезом и метаморфизмом вмещающих пород¹. В качестве основного объекта изучения были взяты угли и породы Норильских месторождений Тунгусского бассейна (шахты Имангда, Надежда, Кайеркан), где в угленосной толще широко распространены изверженные породы (траппы). Угли этих месторождений в большей или меньшей степени имеют следы воздействия интрузий и относятся по степени углефикации к ПЖ, К, ПС, Т, ПА и А. Для выяснения различий между углями и породами Норильских месторождений и углями и породами других бассейнов, где отсутствуют изверженные породы, были взяты разновозрастные (Р) угли (ПЖ, К, ПС, Т, ПА) и породы Печорского бассейна и разновозрастные J₃ и C_{г1} Сангарского района Ленского бассейна (Б, Б-Д, Д, Г, ПЖ, К, ПС, ПС-Т). Уже после окончания этой работы (в 1961 г.) для проверки полученных выводов были просмотрены угли и породы Усть-Енисейского бассейна (C_{г1}— марки Б, Д, Д-Г), Анабаро-Хатангского района Ленского бассейна (C_{г1}— марки Б-Д), Канско-Ачинского бассейна (J₂— марка Б) и Южно-Якутского бассейна (J₂₊₃— марки К-ПЖ, К, К-ПС). Всего было изучено около 2250 штифов², в том числе применительно к стадиям метаморфизма: Б и Б-Д — 300, Д — 50, Г — 50, ПЖ — 700, К — 500, ПС — 100, Т — 150 и ПА-А — 400 шлифов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ³

При исследовании пород в качестве известного был взят пласт угля определенного типа углефикации. Изучение вели по типам пород на расстоянии до 20 м от кровли и почвы пласта. Тип углефикации уста-

¹ Исполнители: литологи А. И. Бочарникова и Т. М. Пчелина, углепетрографы Н. М. Крылова и А. Б. Алексеева, углехимик Н. С. Голоушин.

² Породы Тунгусского, Печорского и Усть-Енисейского бассейнов и Анабаро-Хатангского района Ленского бассейна изучены А. И. Бочарниковой, Сангарского района Ленского бассейна — Т. М. Пчелиной, Канско-Ачинского и Южно-Якутского бассейнов — Г. П. Арсеньевой. Степень углефикации определена по Печорскому бассейну Н. М. Крыловой, по Тунгусскому — Н. М. Крыловой и А. Б. Алексеевой, по Ленскому — Е. С. Корженевской и Л. А. Большаковой, по Канско-Ачинскому — Е. С. Корженевской, по Южно-Якутскому — Е. С. Корженевской и А. Б. Алексеевой.

³ Вопрос о связи между составом и свойствами углей и вмещающих пород, как указывалось, изучен слабо, и методика для исследования этого вопроса не разработана.

Ограниченность сроков исследования и само направление первого этапа изучения,

навливали по петрографическим и оптическим признакам (химические анализы привлекали в качестве вспомогательных). В качестве первых признаков были приняты: относительный блеск угля в куске, частота трещин эндокливажа, цвет и оттенки углеобразующих компонентов, степень их видимости, вторых — плеохроизм, анизотропность и степень их выраженности в различных компонентах углей того или иного типа углефикации.

Породы подвергали физико-механическим, химическим и минералого-петрографическим исследованиям. Минералого-петрографические исследования являлись основными.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ

При изучении пород в шлифах наметились следующие направления: изучение аутигенных минералов, изучение аллотигенных минералов и происходящих в породе процессов, исследование характера поведения рассеянных углефицированных растительных остатков.

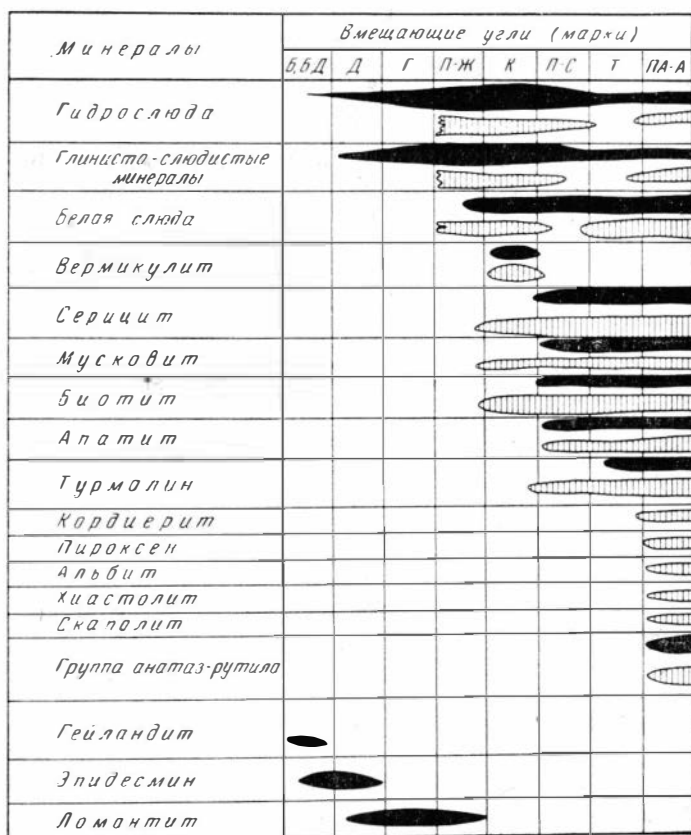
При исследовании выявился обширный комплекс новообразованных минералов, разнообразный по качеству и количеству. При его систематизации выяснилось, что большая часть минералов не имеет корреляционного значения для того или иного типа углефикации и может встречаться в породах, представляющих все типы углей всех бассейнов (например, карбонаты, хлориты, минералы группы титана, кварц, пирит и др.). Часть минералов имеет непосредственное отношение к фаціальным условиям (глауконит, лептохлориты и др.). Нельзя утверждать, что весь этот комплекс, который нами пока исключен из основных признаков, определяющих тип углефикации, со временем не приобретет корреляционного значения. По-видимому, необходимо более тщательное, дробное изучение отдельных минералов, а не выделение только групп хлоритов, карбонатов и т. д.

Среди минералов, определяющих тип углефикации, наметились две группы: первая (основная) характерна для определенного типа углефикации всех бассейнов, вторая (дополнительная) характерна для определенных типов углефикации того или иного бассейна и, по-видимому, отражает специфические условия формирования отложений этого бассейна.

Основная группа аутигенных минералов по маркам углей показана на фиг. 1. В эту группу входят гидрослюды, глинисто-слюдистые минералы, белая слюда, серицит, мусковит, биотит, апатит, турмалин, группа анатаз-рутила. К дополнительной группе аутигенных минералов, определяющих тип углефикации только для одного бассейна, пока можно отнести вермикулит, цеолиты (гейландит, эпидесмин, ломонтит), кордиерит, пироксены, альбит, хнастолит, скаполит.

К процессам, которые следует принимать во внимание при установлении типа углефикации, связанным главным образом с аллотигенной частью породы и принимаемым в качестве основных, были отнесены следующие (фиг. 2): дегидратация, гидратация, коррозия, гидрослюдизация каолинита, «загрязнение» зерен пузырьками воздуха и газа (?), хлоритизация, регенерация, метасоматическое замещение биотита хлоритом, новообразование слюд, перекристаллизация; к дополнительным процессам — мусковитизация биотита, метасоматическое замещение биотита и вермикулита каолинитом и гидрослюдой и каолинизация аллотигенных зерен.

закрывающегося в основном в сборе материала и количественной его оценке, заставили прибегнуть к сокращению общего литологического описания разреза, к схематичному изучению порообразующих минералов и к визуальной оценке признаков, характеризующих тот или иной тип углефикации.



Фиг. 1. Комплекс аутигенных минералов, определяющих тип углефикации в разрезах различных бассейнов

1 — Печорский (Воркутское и Хальмерюсское месторождения и группа Пай-Хайских месторождений), Ленский (Сангарский и Анабаро-Хатангский районы), Южно-Якутский (Чульманский район), Усть-Енисейский (бассейн р. Яковлевой) и Канско-Ачинский (Бородинское и Назаровское месторождения) бассейны; 2 — Тунгусский (Норильский район)

В рассеянных растительных остатках отмечался блеск (визуально). В породах, заключающих угли от Б до ПЖ включительно, выявлено разложение органических остатков и замещение их гидрослюдой и кварцем. Для пород, содержащих угли К, эти процессы нехарактерны, и в них отмечается нарастание силы блеска вплоть до сильного металлического, как и в породах, содержащих угли Т, ПА, А. В Норильском районе часто наблюдается обожжение органических остатков, преимущественно в породах, содержащих угли высокого типа углефикации. Повидимому, разложению подвергаются определенные петрографические типы растительных остатков, природа которых осталась пока не выясненной.

При анализе распределения отличительных признаков по типам углефикации сравнительно отчетливо намечается, что для каждого типа углефикации имеются в породах свои специфические признаки (см. фиг. 1 и 2).

Здесь необходимо коснуться поведения комплексов в более широком

Процессы		Вмещающие угли (марки)						
		Б,Б;Д	Д	Г	ПЖ	К	ПС	Т
Дегидратация		■	■	■	■			
Гидратация		■	■	■	■	■		
Коррозия		■	■	■	■	■	■	■
Гидрослюдизация каолинита „загрязнение“ [пузырьки газа (?), жидкость (?)]		■	■	■	■	■	■	■
Хлоритизация					■	■	■	■
Регенерация						■	■	■
Метасоматическое замещение	биотита злоритом					■	■	■
	биотита и вермикулита каолинитом и гидрослюдой					■	■	■
	мусковитизация биотита					■	■	■
	каолинизация по аллотигенным зернам					■	■	■
Новообразование слюд (серицит, мусковит, биотит)						■	■	■
Турмалинизация аллотигенных зерен						■	■	■
Перекристаллизация аллотигенных зерен						■	■	■

Фиг. 2. Комплекс процессов, характерных для определенного типа углефикации в различных бассейнах
Условные обозначения см. на фиг. 1

плане. При этом нельзя забывать количественного нарастания признаков, особенно для типов углефикации Б, Д, Г и ПЖ.

Породы, вмещающие угли Б, Б-Д, Г, ПЖ, имеют близкий комплекс аутигенных минералов, характеризующийся количественным нарастанием. Если в Б и Б-Д имеются следы гидрослюды и глинисто-слюдистых минералов, то в Д, Г и ПЖ количество их нарастает, и в углях Г глинисто-слюдистые минералы имеют определяющее значение, а в ПЖ появляются следы белой слюды. Для пород этих типов углефикации характерны процессы дегидратации (Б и Д) и гидратации. Последние усиливаются в углях ПЖ. Гидрослюдизация каолинита также наиболее развита в породах ПЖ углей. Рассеянные органические остатки разлагаются и замещаются гидрослюдой и кварцем. Породы, содержащие угли от Б до ПЖ включительно, выделены нами в I группу, где основное значение имеют процессы диагенеза.

Породы, включающие угли типа К, характеризуются широким развитием белой слюды при подчиненном распространении глинисто-слюдистых минералов и гидрослюды. Появляются следы серицита. Характерны процессы гидратации, хлоритизации, каолинизации. В Норильском районе отмечаются процессы частичной, иногда значительной перекристаллизации цемента и основной массы глинистых пород. Породы, где распространены угли К, отнесены нами во II группу; здесь преобладающее значение имеют процессы эпигенеза с зачатками явлений метаморфизации.

В породах типов углефикации ПС, Т, ПА и А ведущее значение имеет серицит при подчиненном значении белой слюды и глинисто-слюдистых минералов. Появляются биотит и мусковит, количество которых нара-

стает от ПС к А, а также турмалин, апатит и группа анатаза — рутила. Для пород этих типов углефикации совершенно не характерны процессы гидратации; значительную роль играют коррозия, «загрязнения» аллотипенных зерен и регенерация. Широко развиты новообразования слюд (биотит, мусковит, серицит); протекают процессы перекристаллизации цемента и основной массы глин. Органические остатки имеют преимущественно сильный металлический блеск.

В породах Норильского района, где проявляется контактовый метаморфизм, комплекс новообразованных минералов усложняется рядом метаморфических минералов — кордиерита, скаполита и др. (см. рис. 1); значительно развиты кордиеритовые сланцы, роговики, скарны. Эта группа пород, включающая угли ПС, Т, ПА и А, объединена в III группу. Преобладают здесь процессы метаморфизма и эпигенеза.

Физические свойства пород (пористость, влага, плотность), включающих угли различных типов углефикации, различны и внутри бассейнов, и между бассейнами.

В качестве коррелятива могут служить также некоторые геохимические данные, в частности определение обменного комплекса в глинах почвы и кровли пластов определенного типа углефикации. Здесь интересно отметить, что фигуративные точки состава поглощенного комплекса пород, вмещающих угли различной углефикации, из различных бассейнов группируются в определенных полях диаграммы, предложенной Н. С. Спиро (1959).

Менее тонким коррелятивом, но не менее существенным, являются, конечно, макропризнаки, к которым относится главным образом физическое состояние пород — степень уплотнения, характер трещиноватости и характер выполняющего трещины материала. Согласно выделенным нами трем группам углей (I—III), в породах, вмещающих угли ПА бассейнов с нормальным течением процессов (региональный метаморфизм), появляются сланцы, а в районах контактового метаморфизма сланцы появляются преимущественно начиная с пород, включающих угли Т. Кроме того, в породах, содержащих угли ПА и А, встречаются роговики, кварциты и скарны.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сравнение характера изменений состава и свойств углей в ряду Б—А с аналогичными изменениями в породах, приуроченных к этим углям, показывает тесную взаимосвязь этих изменений. Основные параметры качества углей (аналитическая влага, удельный вес горючей массы, выход летучих¹, теплота сгорания, спекающая способность), определенные по микрокомпонентам группы витринита, изменяются в ряду Б—А по кривой с перегибом в области углей ПЖ—К, т. е. там, где на процессы диагенеза накладываются процессы эпигенеза и проявляются первые признаки метаморфизма. Изменение свойств углей по кривой не может быть удовлетворительно объяснено только метаморфизмом. В связи с этим следует считать совершенно неправильным объединение понятий углефикации и метаморфизм.

Некоторые свойства углей — частота трещин эндокливажа (Иванов, 1939) в ряду Б—А, характер видимости спор и пыльцы (отсутствие в ПС и Т и наличие в А) — позволяют считать, что угли ряда ПС, Т, ПА и А до наложения на них процессов метаморфизма (регионального) в своем составе имели какие-то отличия от углей Б—К, обусловленные различием в процессах диагенеза. Наблюдаемый факт зависимости изменений в составе углей от мощности угленосных отложений можно

¹ Отчетливо наблюдается в клареновых углях Ленского бассейна (Гусев, Запорожцева, 1960; Корженевская, Голоушин, 1959).

объяснить не только глубиной погружения (давление, температура — региональный метаморфизм), но и скоростью погружения, т. е. различием в продолжительности и интенсивности первичного окисления органического материала, а в связи с этим — и различным ходом процессов диагенеза. По-видимому, стадийность в преобразовании органического вещества не является неперенным условием образования углей ряда Б—А; это скорее процесс зональных смен по площади условий, характеризующихся специфическими чертами геохимического и главным образом тектонического характера.

Сравнивая комплексы отличительных признаков в породах Ленского и Печорского бассейнов в зависимости от типа углефикации с аналогичными комплексами в породах Норильского района Тунгусского бассейна, мы видим значительное различие между ними. Так, по ряду признаков (перекристаллизация цемента, наличие аутигенного мусковита, биотита и турмалина) породы Норильского района с углями К соответствуют породам Ленского и Печорского бассейнов, вмещающим угли Т.

Аналогичное несоответствие имеется в составе и свойствах углей Тунгусского бассейна. Норильские угли (г. Надежда, пласт I) по петрографическим признакам и по выходу летучих ($V^r = 25,4\%$) относятся к углям К, по содержанию кислорода ($N+O = 10\%$) они соответствуют углям Г—ПЖ, по спекающей способности ($y = 8-12$ мм) они должны быть отнесены к ПС и Т. Имеет большое отличие и состав микрокомпонентов, особенно группы фюзенита.

Все эти различия в углях и в породах, вызванные воздействием изверженных пород, позволяют наметить в первом приближении количественную и качественную оценку процессам контактового метаморфизма в углях и вмещающих их породах.

ВЫВОДЫ

1. Как каждой группе угля в ряду Б—А свойствен свой комплекс (количественный или качественный) отличительных углепетрографических, химических, физических и технологических признаков, так и породам, вмещающим эти группы угля, присущ свой комплекс отличительных признаков, позволяющий с достаточной долей вероятности говорить о марочном составе заключенных в породах углей (с точностью до марки, а иногда выделять и более мелкие подтипы внутри марок).

2. Особенности состава пород с учетом состава углей вместе с геохимическими и физическими исследованиями позволяют более правильно подойти к решению вопроса об условиях преобразования органического вещества и подвергнуть сомнению правильность представлений о стадийном преобразовании органического вещества ископаемых углей и последовательном переходе одной марки угля в другую в ряду Б—А.

3. В первом приближении намечается следующее представление о генезисе различных типов углей. Органическое вещество, фиксированное в осадке, находясь во взаимодействии с физико-химической средой и испытывая воздействие тектонических движений (направленность и интенсивность которых является главным фактором, определяющим физико-химический характер среды), приобретает в процессе диагенеза основные черты и овойства, присущие различным типам углей ряда Б—А. В дальнейшем эти свойства усложняются метаморфическими процессами, область распространения и интенсивность которых предопределяется скоростью тектонических движений (мощность отложений), протекавших в период осадконакопления.

4. Широко распространенные понятия — углефикация, метаморфизм углей, степень углефикации, степень метаморфизма — должны быть

пересмотрены. В качестве временной меры следует понимать под углефикации изменение органического вещества в процессе диагенеза и, возможно, эпигенеза¹. Термин степень углефикации целесообразнее заменить термином тип углефикации. Термин степень метаморфизма следует применять только для различий интенсивности метаморфических изменений, но не как какой-то параметр, характеризующий качество угля. Угли с проявлением одинаковой интенсивности метаморфических изменений могут относиться к разным маркам в зависимости от первоначального состояния органического вещества, подвергнувшегося метаморфическим изменениям, и от вида метаморфизма (региональный или контактовый).

5. Результаты проделанной работы следует рассматривать как первый этап исследований по выяснению связей между составом углей и вмещающих их пород, заключающийся в выборе направления исследований, поисках методики и в накоплении материала.

Следующим этапом исследований должно быть более углубленное комплексное исследование пород и углей какого-либо одного бассейна с наибольшим разнообразием марок углей. Эта работа должна включать углепетрографические, углехимические, литологические (минералого-петрографические), геохимические и физические исследования с качественной и количественной оценкой изучаемых объектов для выяснения взаимосвязей не только с типом углефикации, но и с отдельными конкретными свойствами углей. Такие исследования наиболее целесообразно произвести на материалах Кузнецкого или Донецкого бассейнов.

Завершающий этап исследований мыслится как проведение по единой методике (выработанной во втором этапе) сравнительного изучения основных, типичных бассейнов СССР для составления единых (взаимно увязанных) классификаций углей и пород и получения материалов для решения вопроса о генезисе разнообразных типов углей.

ЛИТЕРАТУРА

- Гусев А. И. Основные черты угленосности и качественной характеристики углей северной части Сибирской платформы.— Тезисы докладов совещания по геологическому строению и минеральным ресурсам Сибирской платформы, вып. 2. Иркутск, 1959.
- Гусев А. И., Запорожцева А. С. О некоторых закономерностях накопления меловых отложений в Ленском угленосном бассейне. Труды НИИГА, т. 112, 1960.
- Донабедов А. Т. Физические свойства горных пород угленосных месторождений как индикаторы степени метаморфизма углей.— Изв. АН СССР, серия геол., № 4—5, 1943.
- Иванов Г. А. Кливаж (отдельности) в углях и вмещающих породах и пути его практического использования. Часть I. ГОНТИ, 1939.
- Корженевская Е. С., Голоушин Н. С. Особенности химико-петрографической характеристики углей Ленского бассейна.— Труды НИИГА, т. 107, 1959.
- Логвиненко В. Н. О позднем диагенезе (эпигенезе) донецких карбонатных пород.— Изв. АН СССР, серия геол., № 7, 1957.
- Перепечина Е. А. К вопросу о степени метаморфизации углей и вмещающих пород в угольных месторождениях Урала.— Изв. АН СССР, серия геол., № 4—5, 1943.
- Степанов П. И. Основные задачи изучения геологии угольных месторождений СССР и пути их разрешения.— Изв. АН СССР, серия геол., № 4—5, 1943.
- Спиро Н. С. Химический состав пермских глинистых отложений и связь его с фациальными условиями осадкообразования.— Труды НИИГА, т. 98, вып. 1, 1959.

¹ Не исключается возможность, что эпигенез — не следующая за диагенезом стадия изменения, а различная зона его.

ИЗМЕНЕНИЕ СТЕПЕНИ МЕТАМОРФИЗМА И КАЧЕСТВА УГЛЕЙ КУЗБАССА С ГЛУБИНОЙ РАЗРАБОТКИ

В ближайшие годы в Кузбассе намечается резкое увеличение добычи углей, особенно коксующихся, необходимых для развития черной металлургии. Прирост добычи коксового угля в бассейне можно обеспечить либо путем ввода в эксплуатацию новых шахт с коксующимися углями, либо углублением некоторых шахт. В этой связи большой практический интерес приобретает вопрос об изучении и уточнении качественных показателей углей и их ресурсов на нижних горизонтах.

Свойства углей зависят от многих факторов, главнейшие из которых — их петрографический состав и степень метаморфизма. Петрографический состав кузнецких углей для большинства пластов достаточно постоянен. Поэтому решающее значение для определения качества углей имеет степень их метаморфизма.

Вопросы метаморфизма углей Кузбасса рассмотрены во многих работах (Аммосов, 1941; Яворский, 1945; Молчанов, 1947; Станов, 1953; Скок, 1954 и др.). Проведенными исследованиями установлено, что метаморфизм кузнецких углей изменяется в стратиграфическом разрезе, по простиранию и вкрест простирания пластов.

Дальнейшие наблюдения над метаморфизмом углей бассейна позволили уточнить характер изменений степени метаморфизма по падению пластов, сходных с наблюдающимися в Рурском и Донецком бассейнах. Так, в Рурском бассейне Паттейский и Тейхмюллер (Patteisky, Teichmüller, 1960) установили, что на каждые 100 м глубины выход летучих веществ уменьшается на 0,8%. Эту величину они принимают как градиент отношения углей с глубиной.

Проведенными в Донецком бассейне исследованиями убедительно доказано, что степень метаморфизма углей с глубиной непрерывно увеличивается. М. Л. Левенштейн (1962), впервые составивший обстоятельную сводку по этому вопросу для Донбасса, отмечает, что увеличение степени метаморфизма донецких углей по падению пластов происходит повсеместно, независимо от стадии зрелости углей, но с тем различием, что в углях средней стадии метаморфизма выход летучих веществ уменьшается более интенсивно, чем в углях марки Г и Т. Левенштейн указывает, что в области коксовых углей падение летучих веществ на 100 м глубины местами достигает 1,0%, а в области тощих углей и полуантрацитов снижается до 0,3%.

Изменение степени метаморфизма углей Кузбасса по стратиграфическому разрезу, по простиранию и вкрест простирания пластов для большинства районов бассейна изучено более или менее хорошо. В некоторых районах установлены в общем виде даже ступени и градиенты метаморфизма углей. Так, для Прокопьевско-Киселевского района И. И. Аммосов (1941) приводит градиенты метаморфизма по стратиграфическому разрезу 2,25, 1,24 и 0,75 для углей с выходом летучих веществ соответственно 22—29%, 29—34% и 13—17%. Из этих данных видно, что наибольший градиент метаморфизма имеют угли средней степени зрелости, а с повышением степени метаморфизма от коксовых углей к тощим он постепенно уменьшается; этот градиент снижается также в сторону газовых и длиннопламенных углей. Следовательно, градиент метаморфизма углей находится в прямой зависимости от их зрелости.

Если установлено изменение степени метаморфизма углей Кузбасса в стратиграфической последовательности, по простиранию и вкрест простирания, то совершенно нет данных по изменению метаморфизма углей с глубиной. Указания И. И. Молчанова (1947) на связь метаморфизма углей с тектоническими структурами и на повышение степени метаморфизма от замков антиклинальных складок к замкам синклиналией по существу остались без внимания.

Учитывая большое практическое значение изменения метаморфизма углей с вертикальной глубиной, Кузнецкий научно-исследовательский угольный институт приступил к детальному их изучению. К настоящему времени по метаморфизму углей в институте накопился значительный фактический материал, из которого можно сделать важные выводы. С этой точки зрения изучены угли всех главнейших месторождений бассейна, но особенно много данных получено по Прокопьевско-Киселевскому и Анжерскому районам, где имеются относительно глубокие шахты.

В настоящей статье рассмотрены лишь некоторые результаты этих исследований. Но прежде чем приступить к изложению фактического материала, заметим, что степень метаморфизма углей в настоящее время оценивается двумя способами: по отражательной способности и по выходу летучих веществ.

Сущность первого способа заключается в определении отражательной способности угля под микроскопом. На данном этапе этот способ оценки зрелости углей имеет существенные недостатки, одним из которых является определение отражательной способности визуально, без цифрового выражения. Лишь в последние годы для этой цели начали применять регистрирующие приборы, позволяющие выражать отражательную способность угля численно, но эти приборы еще не вышли из стадии эксперимента.

В качестве общепринятого способа оценки степени метаморфизма углей все еще остается второй способ — определение степени зрелости углей по выходу летучих веществ, дающий особенно хорошие результаты при исследовании малозольных углей. Не случайно до последнего времени летучие вещества используются как один из главных показателей при оценке качественной характеристики углей при составлении различных классификаций и их технологических группировок. Выход летучих веществ как главный показатель для оценки углей используется и в зарубежной практике. Так, Международное совещание и IV Интернациональный конгресс по петрологии углей, которые состоялись в мае 1961 г. в г. Крефельде (ФРГ), признали, что для определения степени углефикации углей по технологическим показателям лучше всего для бурых углей использовать содержание влаги в витрините, а для каменных углей — выход летучих веществ (Тимофеев, 1962).

При изучении изменения степени метаморфизма углей Кузбасса с глубиной в качестве основного показателя нами принят также выход летучих веществ по витреновым концентратам и малозольным средним пробам. Кроме того, исследовались изменения плотности витреновых проб с глубиной. Как известно, плотность угля тесно связана с метаморфизмом углей. Ее величина по существу не в меньшей мере зависит от степени зрелости углей. Плотность углей, по нашему мнению, должна служить вторым надежным показателем для оценки изменения степени их метаморфизма.

Изучению подвергали прежде всего угли тех шахт, которые имеют несколько действующих горизонтов и где разрабатываются относительно высокозрелые угли. В Прокопьевско-Киселевском районе это шахты Коксовая I, Коксовая II, 5-6, 12, им. Вахрушева и некоторые другие, в Анжерском районе — шахты 5-7 и 9-15.

Кроме специальных проб, отобранных на шахтах, изучали керновые пробы из некоторых глубоких скважин. Широко использовали также данные большого количества угольных проб (более 3000), анализированных в химических лабораториях шахт и трестов. Результаты специальных исследований углей с разных глубин приведены в таблице, из которой видно, что во всех изученных пластах выход летучих веществ с глубиной уменьшается, причем уменьшение его на всех горизонтах более или менее одинаковое. Исключение составляют только некоторые пласты, в которых по мере увеличения глубины разработки выход летучих веществ снижается более интенсивно.

Исследования также показывают, что величина уменьшения выхода летучих веществ зависит от степени метаморфизма углей. Так, на шахте Коксовой I на глубине 100 м выход летучих веществ уменьшается в пределах 0,70—1,7% (в интервал не укладываются лишь единичные пробы). Аналогичные изменения летучих веществ с глубиной наблюдаются и по шахтам 5-6, 12 и Северный Маганак, где угли по степени зрелости очень близки к углям шахты Коксовой I.

Несколько меньшую величину уменьшения выхода летучих веществ на 100 м глубины имеют угли шахт 5-7 и 9-15, где она колеблется в пределах 0,65—0,85% (в среднем).

Таким образом, величину уменьшения выхода летучих веществ на 100 м вертикальной глубины можно рассматривать как градиент повышения степени метаморфизма с глубиной и использовать для прогноза степени метаморфизма, а следовательно, и качества углей на нижних горизонтах, поскольку это явление вполне закономерно (фиг. 1).

Повышение степени метаморфизма углей Кузбасса с глубиной подтверждают также данные по изменению их плотности. Бесспорно установлено, что плотность углей изменяется прямо пропорционально степени их метаморфизма. Это вполне понятно, так как метаморфические процессы вызывают внутримолекулярную перестройку в угольном веществе, уплотнение угольной массы, что ведет к повышению ее плотности. Полученные результаты по изменению плотности углей с глубиной приведены в таблице и графически изображены на фиг. 2.

При использовании плотности углей для оценки степени их метаморфизма всегда следует иметь в виду, что на плотность, кроме степени метаморфизма, влияют еще петрографический состав и минеральные примеси. В нашем случае влияние петрографического состава исключается тем, что для анализов взяты только витреновые пробы. Влияние минеральных примесей сохраняется полностью, но может быть исключено путем пересчета плотности на беззольный уголь по формуле Занделса:

$$\rho = \frac{\rho_1 \rho_2 (100 - A^c)}{100\rho - \rho_1 A^c},$$

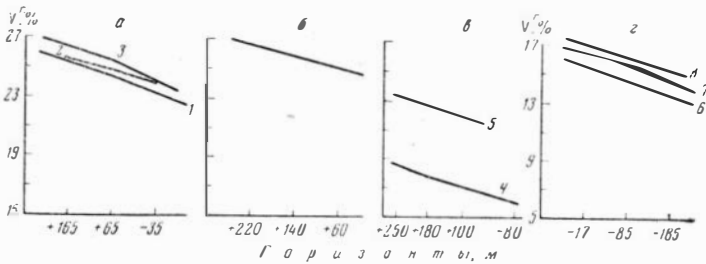
Свойства некоторых исследованных углей

№ п/п	Шахта	Пласт	Вид пробы	Абсолютная отметка, м	Ас	VГ	Изменение VГ на 100 м глу- бин, %	Плотность на безазольный уголь, кг/см ³	Изменение плотности уг- ля на 100 м глубины
					%				
1	Коксовая I	VI Внут- ренний	Витреновый кон- центрат	+165	2,32	26,21	0,93	1,276	0,019
2				+ 65	4,45	25,28		1,295	
3				+ 35	2,38	24,19		1,311	
4	Коксовая I	VI Внут- ренний	Среднепластовая	+165	6,51	25,30	0,71	—	—
5				+ 65	5,80	24,59		—	
6				— 35	6,81	23,61		—	
7	Коксовая I	IV Внут- ренний	Витреновый кон- центрат	+165	3,23	25,20	0,98	1,274	0,021
8				+ 65	3,04	24,22		1,295	
9				— 35	3,00	23,16		1,317	
10	Коксовая I	IV Внут- ренний	Среднепластовая	+165	8,50	24,50	0,97	—	—
11				+ 65	7,11	23,53		—	
12				— 35	8,73	22,10		1,43	
13	Коксовая I	II Внут- ренний	Витреновый кон- центрат	+165	3,49	25,35	0,74	1,288	0,012
14				+ 65	2,91	24,61		1,300	
15				— 35	4,49	23,21		1,40	
16	Коксовая I	II Внут- ренний	Среднепластовая	+165	7,50	22,3	0,8	—	—
17				+ 65	7,30	21,5		—	
18				— 35	7,21	20,2		1,3	
19	№ 5-6	Характер- ный	Витреновый кон- центрат	+220	2,65	26,67	0,90	1,271	0,027
20				+140	2,58	25,95		1,298	
21				+ 60	3,98	25,25		0,87	
22	№ 5-6	I Внут- ренний	Витреновый кон- центрат	+140	3,53	29,03	1,07	1,270	0,016
23				+ 60	4,94	27,96		1,286	
24				Северный Маганак	VI Внут- ренний	Среднепластовая		+210	
25	Флотоконцент- рат	—700	6,1				21,40	—	
26	№ 12	Характер- ный	Витреновый кон- центрат	+250	2,47	23,43	0,96	—	—
27				+100	3,69	22,06		—	
28	Северный Маганак	Характер- ный	Среднепластовая	+250	7,7	19,5	1,00	—	—
29				+180	12,1	18,8		1,12	
30				+100	12,0	17,9		—	
31	№ 12	Горелый	Среднепластовая	+250	8,8	18,8	1,14	—	—
32				+180	8,0	18,0		—	
33				— 80	5,2	16,1		0,95	

№ п/п	Шахта	Пласт	Вид пробы	Абсолютная отметка, м	Ас	VГ	Изменение VГ на 100 м глу- бины, %	Плотность на беззольный уголь, кг/см ³	Изменение плотности уг- ля на 100 м глубины	
					%					
34	№ 5-7	Двойной	Витреновый кон- центрат	+ 17	3,10	17,06	0,97	1,300	—	
35				- 85	2,93	16,09				0,83
36				-185	2,62	15,26				
37	№ 5-7	Петров- ский	Витреновый кон- центрат	+ 17	2,41	16,71	0,70	1,284	0,019	
38				- 85	1,45	16,01				0,66
39				-285	1,48	14,69				
40	№ 5-7	Тонкий	Витреновый кон- центрат	+ 17	2,95	15,58	0,76	1,311	—	
41				- 85	5,90	14,82				0,72
42				-185	5,67	14,10				
43	№ 5-7	Коксовый	Витреновый кон- центрат	+ 22	2,23	17,62	0,65	1,308	0,008	
44				- 75	2,22	16,97				0,70
45				-285	2,36	16,27				
46	№ 9-15	Тонкий	Витреновый кон- центрат	- 20	2,81	16,40	0,79	—	—	
47				-120	2,64	15,61				

где ρ — плотность беззольного угля; ρ_1 — плотность угля, определенная опытным путем; ρ_2 — плотность минеральных примесей; A_c — зольность угля.

В приведенной формуле участвует плотность минеральных примесей, в связи с чем возникает необходимость количественного определе-



Фиг. 1. Изменение выхода летучих веществ ($VГ$) витреновых концентратов с глубиной по пластам шахт

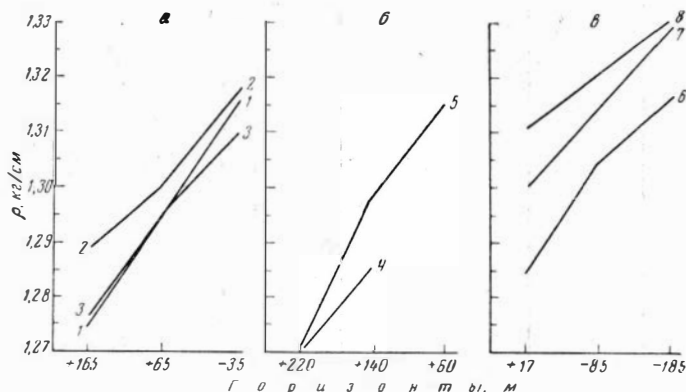
а — шахта Коксовая I: 1—3 — пласты соответственно IV, II и VI Внутренний; б — шахта № 5-6, пласт Характерный; в — шахта № 5-7, пласты: 4 — Горелый, 5 — Характерный; г — шахта № 5-6, пласты: 6 — Тонкий, 7 — Петровский, 8 — Двойной

ния их в исследуемом угле; удельные веса минералов берутся из минералогического справочника.

Таким образом, задача сводится к количественному петрографическому анализу углей с определением вида и количества минеральных примесей.

Следует оговориться, что диагностика минеральных примесей в угольных аншлифах-брикетах вызывает известные затруднения. Для устранения их можно рекомендовать использование сравнительного метода, разработанного в лаборатории геологии и петрографии Кузнецкого угольного института. Сущность его заключается в том, что при изучении минеральных примесей в аншлифах применяют эталонные угольные брикеты с известными минералами.

При исследовании углей новых районов чаще всего следует прибегать к совместному рассмотрению брикетов изучаемых углей и брикетов-эталонов. Для удобства можно рекомендовать изготовление сдво-



Фиг. 2. Изменение плотности витреновых концентратов с глубиной по пластам шахт

а — шахта Коксовая I, 1—3 — пласты соответственно IV, II, VI Внутренний; б — шахта № 5-6; пласты 4 — I Внутренний, 5 — Характерный; в — шахта № 5-7, пласты: 6 — Петровский, 7 — Двойной, 8 — Тонкий

енных аншлифов, одну половину которых будет составлять изучаемый брикет, другую — эталон. При пользовании такими аншлифами в большинстве случаев удастся безошибочно определять состав минеральных примесей в углях, подсчитывать количественное распространение их и таким образом подходить к установлению удельного веса минеральных примесей. При этом необходимо определять среднединамический удельный вес для всех минеральных включений.

Произведенные пересчеты показали, что каждый процент минеральных примесей, имеющих средний удельный вес 2,1—2,3, повышает плотность угля на 0,005. Вводя поправку на содержание минеральных примесей, можно получить плотность беззольного угля, величина которой будет зависеть только от степени метаморфизма углей.

Плотность витренов на беззольную массу, по нашему мнению, следует рассматривать как один из главных показателей стадии метаморфизма углей. Приведенные в таблице и на фиг. 2 данные показывают, что плотность витренов с глубиной непрерывно увеличивается. Так, на шахте Коксовая I на 100 м вертикальной глубины плотность их повышается в среднем на 0,015—0,020, по шахте 5-7 — на 0,010—0,015.

Полученные таким образом данные по выходу летучих веществ и плотности определенно указывают на повышение метаморфизма углей Кузбасса с глубиной. В районах, где сосредоточены высокозрелые угли, это ведет к ухудшению их спекающей способности и, следовательно, к сокращению ресурсов коксового сырья. В этом отношении показатель на шахта 5-7, которая на верхних горизонтах давала угли с $V_r=15-16\%$ и $y=6-10$ мм. Эти угли успешно используются для коксования.

По мере углубления шахты выход летучих веществ снижался до 12—14% и совершенно исчез пластический слой. Очевидна нецелесообразность дальнейшего углубления этой шахты.

Нельзя, конечно, обойти молчанием и тот факт, что в районах развития слабозрелых углей повышение степени метаморфизма с глубиной будет способствовать улучшению их спекающей способности.

В настоящей статье не рассматриваются причины повышения степени метаморфизма углей с глубиной, но выявленная закономерность заставляет пересмотреть коренным образом старые представления о времени проявления метаморфических процессов. Кроме того, она указывает на значительную неточность запасов углей Кузбасса по марочному составу. Даже при последних пересчетах запасов одни и те же марки распространялись от поверхности до глубины 1800 м. В свете последних данных вполне очевидна ошибочность подобных допущений. Поэтому естественно встает вопрос о пересмотре запасов углей Кузбасса по марочному составу.

ЛИТЕРАТУРА

- Аммосов И. И. О метаморфизме углей Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса.— Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1941.
- Левенштейн М. Л. Закономерности метаморфизма углей Донецкого бассейна.— Сов. геол., № 2, 1962.
- Молчанов И. И. Взаимосвязь зон углефикации с тектоническими структурами в Прокопьевско-Киселевском районе Кузнецкого бассейна. Вестник ЗСГУ, вып. 4, 1947.
- Скок В. И. О ступенях глубинного метаморфизма углей.— Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1954.
- Станов В. В. Метаморфизм углей Кузбасса.— Труды I Всес. совещ. по химии и генезису твердых горючих ископаемых. М., 1953.
- Тимофеев П. П. Международные совещания и IV Интернациональный конгресс по петрологии в мае 1961 г.— Изв. АН СССР, серия геол., № 3, 1962.
- Яворский В. И. Карта зонального распространения углей различных качеств Кузнецкого бассейна. Новосибирск, 1945.
- Patteisky K., Teichmüller M. Inkohlungs-Verlauf, Inkohlungs-Mastäbe und Klassifikation der Kohlen auf Grund von Vitrit— Analysen.— Brennstoff-Chemie, Bd. 41, № 3—5, 1960.

МЕТАМОРФИЗМ УГЛЕЙ ПРОКОПЬЕВСКО-КИСЕЛЕВСКОГО РАЙОНА КУЗБАССА

До настоящего времени при построении карт прогноза качества углей за показатель степени их метаморфизма принимали выход летучих веществ. Работами последних лет установлено, что выход летучих веществ в большинстве случаев не отражает истинной степени метаморфизма углей. Несоответствие между выходом летучих веществ и истинной степенью метаморфизма тем больше, чем выше зольность и окисленность угля. Выход летучих веществ зависит и от петрографического состава углей. Так, в углях одной и той же степени метаморфизма увеличение содержания компонентов группы фузинита снижает выход летучих веществ, в то время как компоненты группы витринита приводят к их возрастанию. Кроме того, выход летучих веществ не отражает истинной степени метаморфизма углей ни для низко-, ни для высокометаморфизованных углей.

Определение истинной степени метаморфизма и петрографического состава имеет большое практическое значение для коксовых углей. Работами ИГиРГИ АН СССР в последние годы разработана методика расчета коксовых шихт по петрографическому составу и степени метаморфизма углей. Это метод, учитывающий основные факторы углеобразования, позволяет расширить сырьевую базу коксующихся углей в Кузбассе за счет менее дефицитных марок.

Построенная нами карта метаморфизма углей Прокопьевско-Киселевского района (фиг. 1) отражает зональное изменение истинной степени метаморфизма углей в районе, определяемой петрографическим путем. Материалом для составления карты послужили пробы в основном неокисленного угля, отобранные по шахтам (из квершлаггов, по горизонтам от +220 до +140 м) и участкам детальной и предварительной разведки (из скважин, углеразрезов, дудок и расчисток). Всего было исследовано 762 пробы, в том числе по 141 пробе произведен и химический анализ.

Степень метаморфизма углей определена под микроскопом в спрессованных брикетах, путем сравнения испытуемого угля с эталоном. Подсчет микрокомпонентов в углях производили согласно ГОСТ 9414-60.

Результаты настоящей работы подтверждают ранее установленные (для группы Внутренних пластов) основные закономерности проявления метаморфизма в районе, значительно детализируя и дополняя их для всего разреза угленосной толщи.

Степень метаморфизма углей в районе изменяется: а) со стратигра-

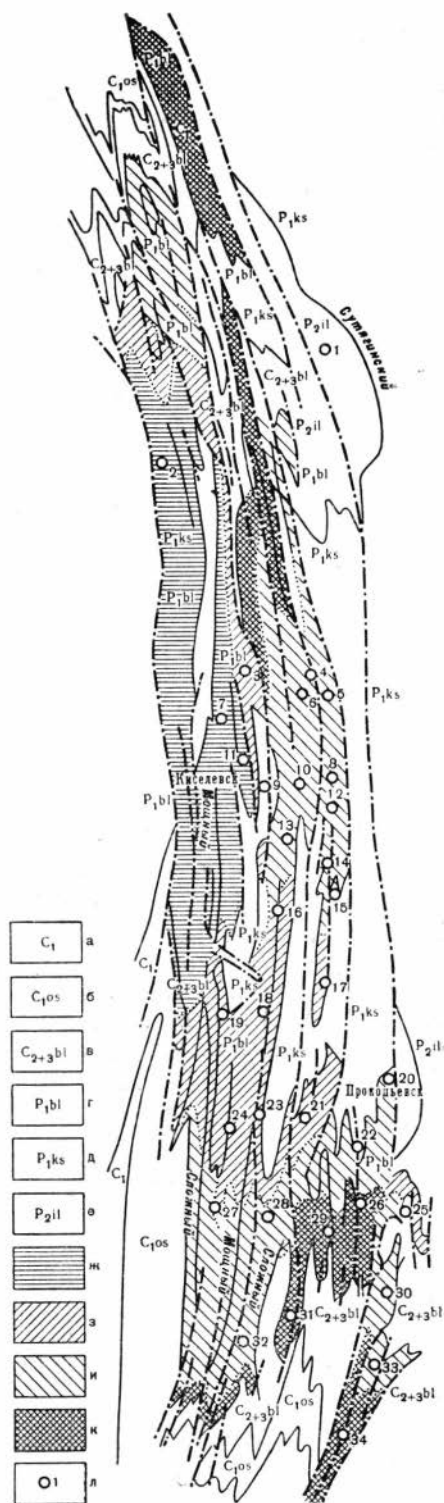
фической глубиной, б) вкрест простирания угленосных отложений и в) по простиранию пластов угля.

Со стратиграфической глубиной степень метаморфизма пластов угля увеличивается от вышележащих пластов к нижележащим. Установлено, что эти изменения в районе происходят от газовой средней до тощей степени метаморфизма. Например, степень метаморфизма пластов угля в пределах поля шахты им. Дзержинского изменяется от жирной высокой (пласт II Внутренний) до коксовой малой (пласт Садовый). Содержание летучих веществ в пластах снижается от 27 до 17%, толщина пластического слоя — от 18 мм до нуля. Содержание витринита в пластах угля колеблется от 63 до 34%, в отдельных случаях (пласты Характерный и Ударный) резко снижая и качество углей (фиг. 2).

Та же закономерность в изменении метаморфизма и показателей химико-технологических свойств углей со стратиграфической глубиной наблюдается для шахты 4-6 и достаточно четко выражена в пределах

Фиг. 1. Схема изменения метаморфизма углей в Киселевско-Прокопьевском районе Кузбасса

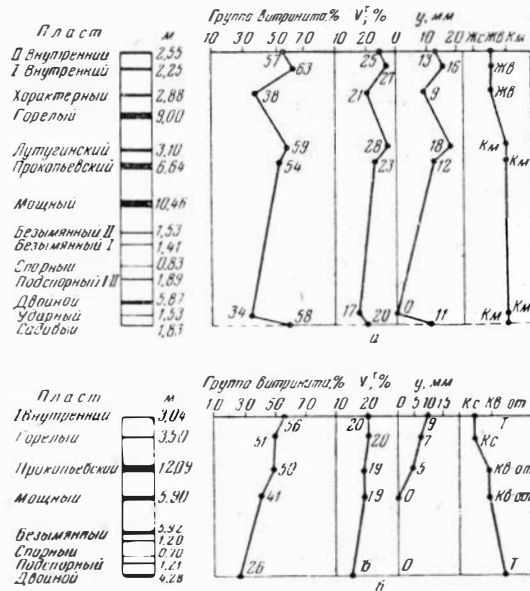
Свиты: а — нижний карбон (морской), б — острогская, в — нижебалахонская, г — верхнебалахонская, д — кузнецкая, е — ильинская. Степень метаморфизма углей: ж — газовая (средняя, высокая), з — жирная (малая, средняя, высокая) и отощенная, к — тощая; л — шахты: 1 — Карагайлинская, 2 — Алтайская МТП, 3 — Дальние горы, 4 — № 6, 5 — № 5, 6 — № 3, 4, 7 — Красный Кузбасс МТП, 8 — № 12, 9 — № 13, 10 — им. Вахрушева, 11 — № 3, 12 — № 1-2, 13 — Суртайха, 14 — № 7а, 15 — № 7б, 16 — Тайбинская, 17 — Красногорская, 18 — Зиминка 1-2, 19 — Зиминка 3-4, 20 — Коксовая 2, 21 — № 5-6, 22 — Коксовая 1, 23 — им. Калинина, 24 — № 8, 25 — Северный Маганак, 26 — № 3-3бис, 27 — Манейха, 28 — им. Дзержинского, 29 — Черная гора, 30 — Маганак, 31 — Смычка, 32 — Зенковские уклоны, 33 — Красный углекоп, 34 — Южная



каждого шахтного поля или участка Прокопьевско-Киселевского района.

Вкрест простирания угленосной толщи Прокопьевского месторождения (табл. 1) степень метаморфизма пласта I Внутреннего изменяется

от жирной малой (шахта 8 и Тырганские уклоны) до коксовой малой (шахта Коксовая 2); в южной части Киселевского месторождения степень метаморфизма пласта Прокопьевского изменяется от газовой средней (участок Тугайский) до коксовой высокой — отощенной (шахта



Фиг. 2. Изменение степени метаморфизма, петрографического состава и качества пластов угля в стратиграфическом разрезе Киселевско-Прокопьевского района

а — поле шахты № 9 им. Дзержинского, б — поле шахты № 4-6

4-6). Соответственно изменяется содержание летучих веществ по пласту I Внутреннему от 31 до 20%, по пласту Прокопьевскому — от 31 до 17%; толщина пластического слоя по пласту I Внутреннему снижается от 24 до 14 мм, по пласту Прокопьевскому — от 6 до нуля.

Изменение степени метаморфизма углей вследствие наличия крупных дизъюнктивных нарушений и в связи с изменением метаморфизма

Таблица 1

Состав и степень метаморфизма исследованных углей

Пласт	Шахта	Выработка	Степень метаморфизма	Ас, %	VГ, %	У, мм	
Внутренний I	Шахта 8 и Тырганские уклоны	Квершлаг 14	Жм	10	31	24	
		Главный квершлаг	Жс	7	27	17	
	Им. Калинина	№ 5-6	Квершлаг 76	Жв	6	22	16
		Коксовая 2	Главный квершлаг	Км	13	20	14
Прокопьевский	Участок Тугайский	Квершлаг 1	Гс	9	30	5	
		Дальние горы	Квершлаг 9	Гв	8	31	6
	№ 4-6	Квершлаг 1	Жс	9	29	5	
		1-й западный квершлаг	Кв-от	6	17	0	

вкрест простирания необходимо рассматривать в пределах отдельных тектонических структур и с учетом формы складок. Например, в пределах III синклинали степень метаморфизма пласта IV Внутреннего, у юго-восточного замыкания складки, на поле шахты им. Дзержинского — жирная высокая ($V_r=27\%$, $y=15$ мм). В северном направлении по обоим крыльям синклинали, на полях шахт им. Калинина, Зиминка 1-2 и № 5-6, степень метаморфизма понижается до средней жирности ($V_r=29-30\%$, $y=17-18$ мм). К северо-западному замыканию складки степень метаморфизма снова повышается до коксовой средней на поле шахты им. Вахрушева ($V_r=21\%$, $y=14$ мм) и тошей — на участках Краснобродских ($V_r=16\%$, $y=0$ мм).

Наиболее низкая степень метаморфизма пласта IV Внутреннего в пределах III синклинали наблюдается в центральной части западного крыла складки на полях шахт им. Калинина и Зиминка 1-2 (жирная средняя). При этом восточное крыло III синклинали метаморфизовано сильнее, чем западное. Степень метаморфизма пласта IV Внутреннего в пределах шахт им. Ворошилова и Красногорской — жирная высокая.

Повышение степени метаморфизма углей в восточных крыльях складок по сравнению с их западными крыльями, происходящее в результате повышения степени метаморфизма угля вкрест простирания угленосной толщи с юго-запада на северо-восток, наблюдается почти в каждой синклинали и антиклинальной структуре района.

Изменение степени метаморфизма угля пласта IV Внутреннего в других синклиналичных структурах района происходит аналогично описанному выше. В антиклинальных структурах степень метаморфизма по простиранию этого пласта выражается в повышении ее к центральной части складки и в понижении к замкам (II Тырганская и Маганакская антиклинали). При этом самая низкая в районе степень метаморфизма пласта IV Внутреннего ($V_r=33-36\%$, $y=5-9$ мм) установлена в крыльях нулевой синклинали на участках Тугайском и Октябрьском, самая высокая — тошья ($V_r=16\%$, $y=0$ мм) в пределах Краснобродских участков.

Описанным выше закономерностям изменения степени метаморфизма в складчатых структурах подчинены все пласты района.

В результате построения карты истинной степени метаморфизма углей в районе выделились четыре области метаморфизма (см. фиг. 1).

К первой области относятся наименее метаморфизованные угли газовой (средней и высокой) степени метаморфизма в юго-западной части района в пределах участков: Абинского западного, Тугайского, Октябрьского, Новосергеевского западного, Акташского 1, Абинского южного и северного, западной части шахт Дальние горы, № 13 и частично угли пластов участка Акташского 2.

Вторая область охватывает угли жирной (малой, средней и высокой) степени метаморфизма, расположенные в основном в центральной части Прокопьевского месторождения, на полях шахт 8 и Тырганские уклоны, им. Калинина, Зиминка 1-2, Зиминка 3-4, Красногорская, Прокопьевская (Гортопа), № 5-6 (за исключением нижних пластов), частично угли пластов шахт Манеиха, им. Дзержинского, Тайбинской, Дальние Горы, № 13 и участков Акташского 2 и Трудармейского. В эту же область входят пласты угля всяческого крыла нарушения К Маганакской антиклинали.

К третьей области относятся угли коксовой (малой, средней и высокой) степени метаморфизма в юго-западной части Прокопьевского месторождения на шахтах Коксовой I, Коксовой II, Маганак (лежачее крыло нарушения К), Северный Маганак, Красный Углекоп (Лучшевская антиклиналь), Зенковские уклоны, участка Зенковского западно-

го, отдельные пласты шахт Манеиха, им. Дзержинского, № 5-6 и угли пластов восточной части Киселевского месторождения на шахтах 7а и 7б. Суртаиха, им. Вахрушева, № 1-2, 5, 4-6, на участке Краснобродском западном и отдельных пластов участков Новосергеевского восточного и Новосергеевского I.

К четвертой области наиболее метаморфизованных углей той же степени метаморфизма относятся угли пластов шахт Южная, Красный уголек (западная часть), Черная гора, отдельных пластов шахт 3-Збис, Смычка, а также угли пластов участков Калзыгайского, Калзыгайского северного, Краснобродских и Новобачатских углерезов.

С целью выявления закономерностей изменения степени метаморфизма одноименных пластов с глубиной по шахтам 5-6, Коксовой I и Коксовой II были отобраны пробы с горизонтов +220, +165, +60 и —35 м. На шахте 5-6 были отобраны пробы пластов Горелого, Лутугинского, Прокопьевского и Мощного с горизонтов +220 и +60 м. Степень метаморфизма одноименных пластов на обоих горизонтах не выходит за пределы жирной высокой.

На шахте Коксовая II опробованы пласты IV и VI Внутренние на горизонтах +225 и +25 м. Степень метаморфизма этих пластов на горизонте +225 м коксовая малая переходная к жирной высокой, на горизонте +25 м — коксовая малая.

На шахте Коксовая I степень метаморфизма пластов угля VI и I Внутренних и Характерного на горизонте +165 м — коксовая малая; на горизонте —35 м для тех же пластов она переходит в коксовую среднюю.

Выявленные закономерности в изменении метаморфизма послужили основанием для прогноза качества углей на слабо изученных и неизученных участках (табл. 2), а также на глубину до горизонта —300 м, отраженного на разрезах по Прокопьевскому и Киселевскому месторождениям.

Т а б л и ц а 2

Стадии метаморфизма углей Кузбасса

Участки	Пласты	Степень метаморфизма (предполагаемая)	Предполагаемая марка угля (по ГОСТ 8162-59)
I. Участки поисковой разведки: Зенковский южный	Все пласты (кроме Сложного)	<i>Кв—от</i>	СС, Т
	Сложный	<i>Т</i>	СС, Т
Акташский I	Все пласты	<i>Гв</i>	Пласт Внутренний — <i>Гж</i> , пласт Горелый и Прокопьевский— <i>Кж</i>
Новосергеевский западный	Пласт Двойной и нижележащие у ЮЗ границы участка	<i>Жм</i>	<i>К₂</i>
	Все пласты	<i>Гв</i> (у СЗ границы поля переходит в <i>Жм</i>)	СС, Т
Калзыгайский	Мощный, Безымянный	<i>Кв—от</i>	<i>К₂</i> , СС, Т
	Все нижележащие пласты	<i>Т</i>	СС, Т
II. Перспективные площади			
Новосергеевский восточный	Спорный, Пионер	<i>Кс</i>	СС, Т
	Все нижележащие пласты	<i>Кв—от</i>	СС, Т
Трудармейский	Все пласты в ЮЗ части поля	<i>Жм</i>	СС, Т
Краснобродский западный	Все пласты	<i>Кв—от</i>	СС, Т
Новосергеевский восточный	Спорный, Пионер	<i>Кс</i>	СС, Т
	Все нижележащие пласты	<i>Кв—от</i>	СС, Т

К ВОПРОСУ О ПЕРВИЧНОЙ ОКИСЛЕННОСТИ ВИТРИНИТА В УГЛЯХ КУЗБАССА

Изучением первичной окисленности или «восстановленности» углей занимался ряд исследователей. В. В. Видавский и Е. И. Прокопец (1932), изучая угли Кузбасса, установили, что изометаморфные угли при более или менее выдержанном петрографическом составе имеют иногда разные химические параметры, и объяснили это явление различной окисленностью исходного растительного материала. Позднее В. В. Видавский (1941 г), при рассмотрении условий образования углей Донбасса, заменил термин «окисленность» на «восстановленность».

И. И. Аммосов (1947) при изучении углей Кузбасса выделил два типа углей: «восстановленный»- α и «маловосстановленный»- β . Угли типа α отличаются от β -углей более высокой спекаемостью во всех петрографических типах.

Термин «первичное окисление» введен в геологическую литературу А. Б. Травиным (1954), который первоначально употребил его применительно только к витриниту для объяснения разных качественных показателей у изометаморфных углей, одинаковых по петрографическому составу. Позднее этот термин А. Б. Травин (1961) применял для обозначения всех процессов, связанных с фюзенизацией углей.

Синонимом термина «первичноокисленный» уголь является «маловосстановленный» тип углей Донбасса, содержащий, по данным А. В. Усачевой (1954), больше светло-серой гелифицированной массы по сравнению с «восстановленным» типом и отличающийся от последнего худшей спекаемостью.

Существенным недостатком всех предыдущих исследований первичной окисленности углей является, на наш взгляд, слабое использование при этом петрографического метода. Большинство авторов (В. В. Видавский, И. И. Аммосов и др.) свои выводы и положения основывали только на данных химии. Между тем петрографический метод исследования первичного окисления витринита (как носителя спекаемости) дает возможность не только видеть различие между окисленным и неокисленным витринитами, но и количественно подсчитать их содержание в угле, а следовательно, и увязать с данными химии.

Угли балахонской серии Кузбасса, особенно угли Прокопьевско-Киселевского района, Низовского месторождения Кемеровского района и Назасских участков Томь-Усинского района обладают резко выраженной первичной окисленностью. Исследования первичной окисленности витринита проводили в отраженном свете, в иммерсии, при увеличении 660, в основном по углям шахты 5-6 Прокопьевского района

Кузбасса. При этом было установлено, что содержание первично окисленного витринита в углях шахты 5-6 весьма различно не только в разных пластах, но и в пределах одного пласта. Кроме того, сама окисленность выражена не везде одинаково. При подсчетах содержания микрокомпонентов в керновых и пластово-промышленных пробах различали неокисленный, слабо- и среднеокисленный витринит.

Слабоокисленный витринит под микроскопом выглядит несколько светлее, чем неокисленный, и имеет повышенную отражательную способность, тогда как среднеокисленный витринит характеризуется уже желтовато-белым оттенком и большей отражательной способностью, чем неокисленный. Неокисленный и слабоокисленный витринит входят, по ГОСТ 9414-60, в группу витринита, а среднеокисленный витринит — в группу семивитринита.

Влияние первичного окисления витринита на спекаемость путем сопоставления экспериментальных данных по спекаемости угля пластов Внутренних с ожидаемыми для этих пластов величинами пластического слоя (y , мм), определенного по графику ВУХИН, показано в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Влияние первичного окисления витринита на спекаемость углей

Проба	Пласт	Ac, %	y , мм	Суммарное содержание в угле витринизированного вещества, %	Витринит слабоокисленный + среднеокисленный, %	Величина пластического слоя y (мм) по графику ВУХИН для суммарного содержания витринизированного вещества	Потери пластического слоя y (мм) на первичное окисление витринита	Степень метаморфизма угля по классификации ВУХИН и шкале И. И. Аммосова (в скобках)
4670	IV Внутренний	7,6	14	70	39	23	9	Жв (III ₂)
2706		6,8	18	71	22	23	5	Жс — Жв (III ₁ —III ₂)
4663	III Внутренний	16,5	10	56	27	18	8	Жв (III ₂)
7548		10,5	9	54	35	18	9	Жв (III ₂)
661	II Внутренний	10,1	9	65	37	19	10	Км (IV ₁)
7954		7,5	11	62	36	20	9	Жв (III ₂)
4744		7,0	11	63	35	20	9	Жв (III ₂)

При этом прогноз величины пластического слоя делался по суммарному содержанию витринита (неокисленного, слабо- и среднеокисленного) в зольном угле. Как видно, суммарное содержание первично окисленного витринита колеблется здесь в пределах 22—39% и снижает пластический слой на 5—10 мм.

Влияние первичного окисления на химические свойства угля различно в зависимости от степени его выраженности. В табл. 2 приведены данные о содержании в пробах угля витринита неокисленного, слабо- и среднеокисленного, а также ожидаемые значения пластического слоя для каждого из них и для суммарного содержания витринита в угле, определенные по графику ВУХИН. Нетрудно видеть, что среднеокисленный витринит занижает спекаемость угля значительно больше, чем витринит слабоокисленный. Например, в пробе 4670 содержание среднеокисленного витринита в 16% снижает пластический слой угля на 5 мм, в то время как 23% слабоокисленного витринита понижают спекаемость лишь на 4 мм. Отсюда следует, что 3% среднеокисленного витринита снижают пластический слой на 1 мм, как и 6% слабоокисленного витринита, т. е. среднеокисленный витринит по спекаемости — вдвое более инертный, чем слабоокисленный витринит.

Влияние первичного окисления витринита на спекаемость углей

Проба	Пласт	Содержание витрено-образного вещества в угле, %			Ас, %	у, мм	Величина пластического слоя у (в мм) по графику ВУХИН		Степень метаморфизма угля по классификации ВУХИН и шкале И. И. Аммосова (в скобках)
		группа витринита		группа семи витринита			для суммарного содержания витринизированного вещества	для группы витринита	
		витринит неокисленный	витринит слабоокисленный	витринит среднеокисленный					
4670	IV Внутренний	31	23	16	7,6	14	23	18	Жв (III ₂)
2706		49	13	9	6,8	18	23	20	Жс—Жв (III ₁ —III ₂)
4663	III Внутренний	29	12	15	16,5	10	18	14	Жв (III ₂)
7548		19	16	19	10,5	9	18	12	Жв (III ₂)
661	II Внутренний	28	23	14	10,1	9	19	14	Км (IV ₁)
7954		26	23	13	7,5	11	20	16	Жв (III ₂)
4744		28	17	18	7,0	11	20	15	Жв (III ₂)

Наблюдения показывают, что первичная окисленность витринита влияет на химические свойства угля не однозначно и зависит от степени метаморфизма углей. Например, малозольные угли Ленинского района (вернее, петрографические типы угля) с содержанием витринита 45—55% при стадии метаморфизма угля газовая малая (или I₃) не дают пластического слоя, аналогичные же по составу и метаморфизму угли участка Абинского Западного (Киселевский район) обладают пластическим слоем в 9—11 мм. При микроскопическом исследовании углей этих двух районов нами было выявлено существенное различие между ними по содержанию первично окисленного витринита.

Угли Ленинского района содержат весьма незначительное количество первично окисленного витринита, а в углях участка Абинского Западного содержание его (главным образом слабоокисленного) достигает 26—38% (табл. 3). Сопоставлением проб угля Ленинского и Киселевского районов по степени первичной окисленности витринизированного вещества и характеру спекаемости угля выявлена положительная роль первичного окисления витринита (слабое окисление) на низких стадиях метаморфизма углей.

Роль первичного окисления витринита на высоких стадиях метаморфизма хорошо видна из сопоставления близких собой по петрографическому составу и метаморфизму углей Анжерского и Киселевского районов (участок Калзыгайский северный). Большинство углей обоих районов — отощенные (стадии метаморфизма V₂) при содержании витринита в угле 50—60%. Разница наблюдается в спекающей способности углей этих районов и степени их первичного окисления. Анжерские угли, как известно, дают пластический слой порядка 8—10 мм, тогда как спекаемость у калзыгайских углей отсутствует. Содержание первично окисленного витринита в калзыгайских углях достигает 36—70% (табл. 3), а в анжерских он составляет несколько процентов.

Таким образом, исходя из рассмотренных выше примеров сопоставления углей разных стадий метаморфизма и первичной окисленности

Таблица 3

Прогноз величины пластического слоя в пробах первично окисленных углей с участков Абинского западного и Калзыгайского северного

Проба	Глубина опробова- ния, м	Содержание микрокомпонентов в зольном угле, %									Степень метамор- физма угля	Ща, %	ΔС, %	VГ, %	у, мм	Величина пластиче- ского слоя у (мм) по графику ВУХИН
		группа витринита		группа семи- витринита	группа лептинита	группа фюзинита	минеральные примеси									
		витринит неокислен- ный	витринит слабо- окисленный	витринит средне- окисленный			глина	карбонаты	пирит							

Участок Абинский западный

8991	118—121	31	22	4	4	27	9	3	—	Гм (I ₃)	2,25	12,2	37,5	10	10
9017	127—128	25	24	8	2	35	4	3	—	Гм (I ₃)	1,86	15,7	29,2	9	10
9008	192—194	23	21	6	3	38	5	4	—	Гм (I ₃)	2,4	9,6	32,5	9	9
9001	73—83	23	31	7	3	29	3	3	1	Гм (I ₃)	2,21	13,4	33,9	10	11

Участок Калзыгайский северный

7617	160—163	25	27	15	—	28	3	3	—	Ом (V ₂)	0,90	7,8	12,6	—	4
7241	224—226	23	28	8	—	30	10	2	—	Ом (V ₂)	0,90	15,8	14,6	—	4
7773	105—107	12	33	37	—	12	4	2	—	Ом (V ₂)	1,25	8,40	14,9	—	2
7622	218—224	17	30	15	—	32	4	2	—	Ом (V ₂)	1,15	9,10	12,0	—	3

Отсутствие скаемости по данным пластометрического анализа в пробах угля участка Калзыгайского северного объясняется тем, что в слабоспекающихся углях пластический слой 2—4 мм пластометром не фиксируется.

витринита, можно сделать вывод, что первичная окисленность витринитов (слабое окисление) на низких стадиях метаморфизма может улучшить спекаемость угля и, напротив, существенно снизить ее на средних и высоких стадиях метаморфизма.

Наше изучение отражательной способности первично окисленного витринита, а также исследования его микротвердости и плотности показали, что первичное окисление витринита вызывает изменения его физических свойств, а именно: увеличение микротвердости, плотности и отражательной способности, т. е. изменения, которые происходят в угле при наложении на него метаморфизирующего фактора.

Рассмотренные выше примеры разного влияния первичного окисленного витринита на спекаемость угля в зависимости от степени его метаморфизма, а также наблюдаемые при первичном окислении изменения физических свойств витринита (микротвердость, удельный вес и отражательная способность), аналогичные изменениям, происходящим в угле при его метаморфизме, свидетельствуют о том, что действие первичного окисления на уголь (в том числе и на его качество), по-видимому, уподобляется действию метаморфизма. Это значит, что уголь, содержащий значительную часть первично окисленного витринита, представляет собой шихту, состоящую из естественной смеси разно метаморфизованных витринитов.

Теоретическое и практическое обоснование полученных выводов по первичной окисленности витринита находит свое выражение в применении графика ВУХИН для прогноза величины пластического слоя по пробам первично окисленных углей.

Прогноз спекаемости угля с помощью графика ВУХИН производится, как известно, по содержанию группы витринита (точнее — однородного витринизированного вещества) в угле и степени его метаморфизма. Все витринизированное вещество, как уже отмечалось, разделялось нами на три части: витринит неокисленный, слабо- и среднеокисленный. Исследования под микроскопом показали, что среднеокисленная часть витринита в угле всех стадий метаморфизма соответствует по отражательной способности группе метаморфизма V_3-VI_1 и практически не представляет интереса для изучения спекаемости. Поэтому прогноз качества угля производится нами только по неокисленному и слабоокисленному витриниту.

Слабоокисленный витринит в угле разных степеней метаморфизма имеет и разную отражательную способность. Сравнительные данные приведены в табл. 4.

Известно, что истинная степень метаморфизма исследуемого угля определяется по отражательной способности витринита (коллинита).

Таблица 4

Значения отражательной способности неокисленного и слабоокисленного витринитов в угле разных степеней метаморфизма

Степень метаморфизма угля	Неокисленный витринит	Слабоокисленный витринит
Гм (I_3)	Гм (I_3)	Жм—Ж (III_3-III_1)
Жс (III_1)	Жс (III_1)	Км (IV_1)
Жс—Жв (III_1-III_2)	Жм—Жв (III_1-III_2)	Кс (IV_2)
Жв (III_2)	Жв (III_2)	Кс—Кв ($IV-IV_3$)
Жв—Км (III_3)	Жв—Км (III_3)	Кв (IV_3)
Км (IV_1)	Км (IV_1)	Кв—Ом (V_1)
Ом (V_2)	Ом (V_2)	Ом—Ов (V_3-VI_1)

Поэтому значение отражательной способности неокисленного витринита соответствует степени метаморфизма углей.

В табл. 3 и 5 приведены результаты исследования проб первично окисленных, разной степени метаморфизма, отобранных с поля шахты 5-6 и участков Калзыгайского северного и Абинского западного Прокопьевско-Киселевского района, по которым дается прогноз ожидаемого пластического слоя. Величина последнего для этих проб определялась по графику ВУХИН отдельно для неокисленного и слабоокисленного витринита. Сумма полученных значений пластического слоя по неокисленному и слабоокисленному витринитам выражает ожидаемую величину пластического слоя для данной пробы угля в целом.

В качестве примера рассмотрим определение пластического слоя одной из проб угля (проба 4668, табл. 5) со степенью метаморфизма жирная средняя (III_1). По графику ВУХИН для данной степени метаморфизма и 46% содержания в угле неокисленного витринита имеем пластический слой $y=14$ мм. Согласно табл. 4, слабоокисленный витринит в составе угля жирной средней степени метаморфизма (III_1) будет иметь отражательную способность, соответствующую степени метаморфизма K_m (коксовая малая, или IV_1); 13% содержания слабоокисленного витринита в пробе 4668 при степени метаморфизма K_m по графику ВУХИН дадут пластический слой $y=4$ мм (для 20% содержания витринита $y=6$ мм, откуда при 13% витринита $y = \frac{6 \cdot 13}{20} = 4$ мм). Ожидаемый пластический слой у пробы угля 4668 будет, таким образом, равен сумме полученных величин по неокисленному и слабоокисленному витриниту, т. е. 18 мм.

Сопоставление данных прогноза пластического слоя, полученных по графику ВУХИН для проб первично окисленных углей, с результатами пластометрического анализа показало хорошую сходимость. Отклонения составили всего 1—2 мм (табл. 3 и 5).

Обобщенные результаты проведенных исследований по первичному окислению витринита в углях Кузбасса дают возможность высказать следующие положения:

- 1) витринизированное вещество неоднородно по своим физическим и химическим свойствам во всех углях Кузбасса и разделяется на неокисленное и первично окисленное;
- 2) первичное окисление витринита разделяется на слабое и среднее в зависимости от степени его выраженности, которая определяется величиной отражательной способности витринита;
- 3) слабоокисленный витринит отличается от неокисленного своими физическими и химико-технологическими свойствами. Он обладает повышенными микротвердостью, удельным весом и отражательной способностью, а также может существенно понижать спекаемость угля на средних и высоких стадиях метаморфизма и повышать ее в углях низких стадий метаморфизма; среднеокисленный витринит вследствие сильного окисления спекаемостью, по-видимому, не обладает;
- 4) есть основание полагать, что действие первичного окисления на витринит уподобляется действию на него метаморфизма и выражается изменением у витринита физических и химических свойств, аналогично воздействию на него метаморфизующего фактора; таким образом, первично окисленный уголь представляет собой естественную смесь витринита разных стадий метаморфизма, обладающих разными качественными параметрами;
- 5) петрографический метод количественного подсчета в исследуемых углях первично окисленного витринита делает возможным прогнозирование пластического слоя углей по графику ВУХИН с точностью до 1—2 мм.

Прогноз величины пластического слоя в пробах первично окисленных углей шахты 5-6

таблица 5

Проба	Пласт. глубина опробования, м	Содержание микрокомпонентов в зольном угле, %							Степень метаморфизма угля	Ща, %	Лс, %	VГ, %	у, мм	Величина пластического слоя у (мм) по графику ВУХИНа
		Группа витринита		Группа семи-витринита	группа фюзингита	Минеральные примеси								
		витринит нсоксиленный	витринит слабоокисленный			витринит среднеокисленный	глина	карбонаты						
4668	VI Внутренний, 117—124	46	13	13	23	2	2	1	Жс (III ₁)	1,30	5,0	27,4	19	18
6381	VI » 451—457	40	18	16	21	1	3	—	Жв (III ₂)	0,90	5,5	25,3	16	17
5245	IV » 450—470	19	22	19	30	5	4	1	Жв—Км (III ₃)	1,10	14,0	22,6	10	11
4662	IV » 266—293	17	17	22	31	3	10	—	Жв (III ₂)	1,2	14,3	25,8	12	10
4670	IV » 275—287	31	23	17	22	2	4	1	Жв (III ₂)	0,9	7,6	24,8	14	15
2706	IV » 68—94	49	13	10	23	2	2	1	Жс—Жв (III ₁ —III ₂)	1,15	6,8	27,1	18	19
162	III » 462—468	37	13	20	22	4	3	1	Км (IV ₁)	1,10	9,3	22,0	14	13
7953	III » 197—203	30	20	19	23	1	4	3	Жв (III ₂)	1,20	9,5	25,3	16	15
4663	III » 313—323	29	12	16	31	5	5	2	Жв (III ₂)	1,20	16,5	24,8	10	12
7548	III » 373—382	19	16	24	30	4	4	3	Жв (III ₂)	1,15	10,5	21,7	9	11
9086	III » 373—382	41	13	12	29	3	1	1	Жв (III ₂)	1,05	5,1	23,2	15	15
661	II » 522—526	28	23	15	24	2	8	—	Км (IV ₁)	1,20	10,1	19,9	9	11
6393	II » 82—89	18	22	27	27	4	1	1	Жв (III ₂)	1,15	7,0	22,3	11	11
7954	II » 245—250	26	23	16	30	1	2	2	Жв (III ₂)	1,37	7,5	22,3	11	13
874	II » 245—250	44	9	13	28	4	1	—	Жв (III ₂)	0,50	7,0	24,1	14	16
4744	II » 245—250	28	17	21	29	2	2	1	Жв (III ₂)	0,60	7,0	22,2	11	13
610	I » 553—561	27	23	19	24	5	2	—	Км (IV ₁)	0,95	8,1	20,5	12	11
6391	I » 716—722	34	20	25	18	2	1	—	Жв—Км (III ₃)	0,90	6,9	22,5	12	14
4677	I » 416—420	20	17	31	23	3	5	1	Жв (III ₂)	1,05	9,0	22,9	11	12
146	Горелый, 157—172	24	17	22	31	3	2	1	Жв (III ₂)	1,35	7,2	22,0	11	12
612	» 194—213	21	13	27	35	2	1	1	Жв—Км (III ₃)	1,00	5,1	20,7	8	9
1990	» 301—319	23	19	24	30	—	4	—	Км (IV ₁)	1,0	6,1	20,2	10	10
7950	» 671—690	20	18	30	25	2	4	1	Км (IV ₁)	1,30	7,8	20,5	9	9
1376	» 637—651	35	16	16	30	1	2	—	Км (IV ₁)	0,90	4,9	21,0	10	12
5852	» 554—575	19	28	19	29	4	1	—	Км (IV ₁)	0,95	5,5	19,9	10	10
5846	» 606—621	16	23	27	28	2	2	2	Км (IV ₁)	1,25	7,3	20,6	8	9

5*

67

Дальнейшее изучение первичного окисления витринита (особенно в углях низких стадий метаморфизма) поможет полнее использовать низкие марки коксующихся углей Кузбасса для нужд промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

- А м м о с о в И. И. Петрографическое исследование углей.— Труды геолого-исслед. бюро Главуглеразведки. Углетехиздат, 1947.
- В и д а в с к и й В. В., П р о к о п е ц Е. И. Изучение коксующей способности методом нафталинового экстрагирования.— «Сборник по химии угля ВУШИ», Харьков, 1932.
- Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна, т. 5. Укргостоптехиздат, 1941.
- П е р м и т и н а К. С., П о п о в а М. Е. Петрографический метод оценки технологических свойств углей Кузнецкого бассейна.— Сталь, № 1, 1951.
- Т р а в и н А. Б. О природе и условиях накопления некоторых углей Аскизского района Мишбасса.— Труды ТГУ, т. 132, 1954.
- Т р а в и н А. Б. О классификации и номенклатуре микрокомпонентов углей.— Материалы I совещ. Сибирской тематической комиссии по истории угленакопления, вып. I. Новосибирск, 1961.
- У с а ч е в а А. В. Геолого-углехимическая карта Донбасса, вып. VIII. Углетехиздат, 1954.

КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ УСКАТСКОЙ И ЛЕНИНСКОЙ ПОДСВИТ ПО СОСТАВУ КОНКРЕЦИЙ

С 1957 г. Западно-Сибирское геологическое управление проводит детальное литологическое изучение опорных разрезов угленосных отложений Кузнецкого бассейна. Нами изучался разрез ильинской и ерунаковской свит нормальной мощностью около 3000 м по классическим обнажениям левого берега р. Томи в Ерунаковском угленосном районе, на участке от д. Казанковской до пос. Белый Этап и по правому берегу р. Томи выше Бабьего Камня.

Кроме обычных признаков, которые фиксируются при литологическом описании пород, описывались все конкреции по методике, предложенной А. В. Македоновым. Всего было изучено около 3,5 тыс. конкреционных прослоев, в результате чего установлено, что для ерунаковской и ильинской свит характерны карбонатные конкреции. В незначительном количестве в казанково-маркинской подсвите встречены пиритовые конкреции.

Карбонатный материал в конкрециях составляет 50—70%, остальная часть представлена терригенным материалом. Только в известковых и известково-доломитовых конкрециях, располагающихся в угольных пластах, среднее содержание карбоната достигает 94%.

Карбонаты железа, кальция и магния, слагающие конкреции, встречаются в форме сидерита, кальцита, анкерита и доломита. При этом в сидеритовых конкрециях в виде изоморфной примеси присутствуют карбонаты магния и кальция, отмечаемые химическим анализом. Однако по данным рентгеноструктурного и термического анализов в этих конкрециях анкерита нет.

Рентгеноструктурным анализом наряду с сидеритом, имеющим нормальную величину кристаллической решетки, обнаружен сидерит с увеличенными ячейками кристаллической решетки, что является, по мнению Б. Г. Эренбурга, результатом изоморфного замещения сидерита углекислым кальцием. Количество изоморфных примесей углекислого кальция и углекислого магния в сидерите иногда достигает 10%.

В отложениях ерунаковской и ильинской свит преобладают смешанно-карбонатные конкреционные образования: известковисто-сидеритовые и известково-анкеритовые. Значительную роль в разрезе играют сидеритовые конкреции. В небольшом количестве в отложениях ильинской свиты встречены известковые и известково-доломитовые конкреции. В Ерунаковском угленосном районе устанавливается четкая зависимость между составом конкреций и характером вмещающих пород.

В аргиллитах и глинистых алевролитах преобладают сидеритовые конкреции часто с небольшой примесью кальцита. В меньшем количестве обнаружены известково-анкеритовые конкреционные линзы, приуроченные, как правило, к контактам аргиллитов с более крупнозернистыми разностями. Для крупнозернистых алевролитов и песчаников наиболее характерны известково-анкеритовые конкреционные линзы. В крупнозернистых разностях приуроченность конкреционных линз к контактам слоев не наблюдается.

В углях ильинской свиты встречены известковые конкреции часто с примесью доломита, иногда с небольшим количеством вкрапленного пирита.

Характерно, что известковые конкреции присутствуют в тех слоях угля, почвой или кровлей которых являются алевролиты, причем если алевролиты являются кровлей угля, то конкреции приурочены к верхней части угольного пласта; когда алевролиты подстилают угольный пласт, конкреции залегают в нижней его части.

Пиритовые конкреции, как правило, встречаются в почве угольных пластов. Для сидеритовых и известково-сидеритовых конкреций наиболее характерно залегание в виде сплошных конкреционных прослоев мощностью до 10 см (непрерывные цепочки). Иногда в прослоях конкреции срastaются боками.

Известково-анкеритовые образования залегают в виде конкреционных линз, мощность которых превышает 3 м. Размеры конкреционных линз в плоскости слоистости от нескольких метров до нескольких десятков метров.

Пиритовые конкреции встречаются в виде небольших линзовидных прослоев, мощностью до 5 см, не имеющих широкого площадного распространения.

Большинство конкреций имеют уплощенную форму (лепешковидные, плитчатые, линзовидные), реже встречаются желваковые, эллипсоидальные, булковидные конкреции, иногда конкреции шаровидной и гальковидной формы. Текстура у большинства конкреций однородная, но нередки конкреции полосчатые, пятнистые, слоистые за счет растительного шлама и растительных остатков различной степени сохранности.

В разрезе ильинской и ерунаковской свит конкреции значительно изменены. Так, пиритовые конкреции обнаружены только в казанково-маркинской подсвите ильинской свиты, известковые и известково-доломитовые углистые конкреции — в ильинской свите, в ерунаковской они отсутствуют. Сидеритовые, известково-сидеритовые и известковисто-сидеритовые конкреции встречены по всему разрезу ильинской и ерунаковской свит в различных соотношениях. В казанково-маркинской подсвите в общем преобладают известковисто-сидеритовые конкреции; примерно в два раза меньше в подсвите известково-сидеритовых конкреций.

В ускатской и ленинской подсвитах эти три группы конкреций обнаружены примерно в равных количествах с небольшим преобладанием в различных горизонтах то одной, то другой группы, и только в верхней половине ускатской подсвиты известково-сидеритовые конкреции находятся в резко подчиненном количестве.

В нижней части грамотеннской подсвиты преобладают известковисто-сидеритовые и сидеритовые конкреции, в средней — известково-сидеритовые, в верхней части грамотеннской и тайлуганской подсвит — сидеритовые.

Широко распространены в разрезе известково-анкеритовые конкреционные линзы. Наименьшее содержание глинистых известково-анкеритовых конкреционных линз содержится в тех горизонтах разреза, в

которых преобладают аллювиальные и дельтовые отложения. Еще большую изменчивость в разрезе испытывают типы конкреций¹.

Сочетания типов конкреций образуют определенные комплексы, характеризующие отдельные горизонты разреза. И наблюдается значительное количество типов конкреций, не имеющих большого вертикального распространения и приуроченных к тем или другим горизонтам.

Благодаря смене конкреционных комплексов нам удалось детально расчленить отложения ерунаковской и ильинской свит. В пределах ильинской свиты выделены семь зон, в пределах ерунаковской — восемь. Средняя мощность зон около 200 м. После расчленения отложений ерунаковской и ильинской свит мы обратили внимание на выдержанность конкреционных комплексов по площади бассейна и на возможность сопоставления конкреционного анализа для сопоставления удаленных друг от друга разрезов угленосных отложений.

В 1959 г. установлена выдержанность конкреционного комплекса нижней части тайлуганской подсвиты (угольные пласты 78—83) в крыльях Ерунаковской синклинали на расстоянии 3 км и выдержанность конкреционных комплексов двух зон ленинской подсвиты на расстоянии 14 км.

В настоящее время изучен разрез VIII Северо-Борисовской линии, расположенной в 110 км от Ерунаковского района. Верхняя, угленосная часть разреза мощностью 700 м нами отнесена к ускатской и ленинской подсвитам. В нижележащей части разреза, сложенной в основном песчаниками, конкреции встречаются редко и не дают достаточно данных для сопоставления этих отложений с отложениями Ерунаковского района.

Прежде чем перейти к обоснованию сопоставления разрезов Ерунаковского и Борисовского районов, кратко остановимся на геологической характеристике ускатской и ленинской подсвит в этих районах. В Ерунаковском районе ускатская подсвита (мощность 450 м) сложена часто пересланчивающимися песчаниками, алевролитами, аргиллитами и углями. Характерны мелкие циклы и тонкие слои пород. Только два слоя песчаников имеют мощность более 7 м. Угольные пласты тонкие и только в верхней половине подсвиты достигают рабочей мощности. Для ленинской подсвиты характерны более крупные циклы осадконакопления, более мощные слои гранулометрических разностей и большее количество угольных пластов рабочей мощности.

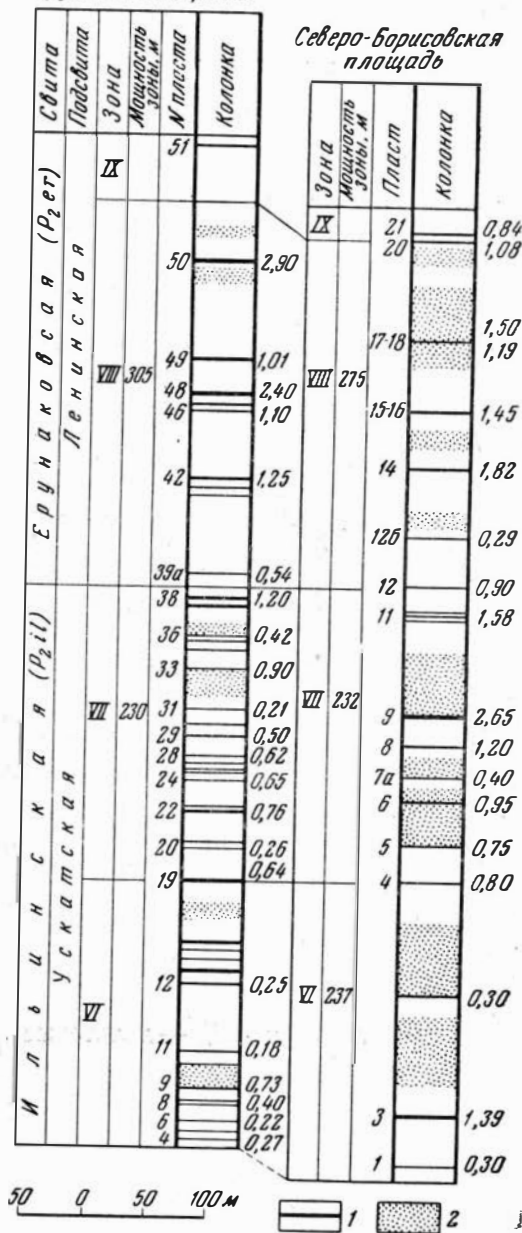
По нашим представлениям, в отложениях ускатской подсвиты 56% разреза составляют отложения опресненных лагун и 40% — дельтовые и аллювиальные отложения. В ленинской подсвите преобладают аллювиальные и дельтовые (58%)², в меньшей степени развиты опресненно-лагунные осадки. В нижней части ленинской подсвиты до пласта 50 преобладают опресненно-лагунные отложения. Подчиненную роль в ускатской и ленинской подсвитах играют отложения торфяных болот.

В разрезе ускатской и ленинской подсвит на Северо-Борисовской площади преобладают песчаники; алевролиты и аргиллиты здесь играют подчиненную роль. Количество угольных пластов небольшое, но уже в низах ускатской подсвиты появляется угольный пласт рабочей мощности. Осадконакопление для большинства циклов, по-видимому, началось в дельтовых и аллювиальных условиях, но в дальнейшем осадки перерабатывались и отлагались в бассейне.

При изучении конкреций угленосной части разреза Северо-Борисовской площади оказалось, что основные группы конкреций (сидеритовые, известково-сидеритовые и известковисто-сидеритовые) встречаются примерно в равных количествах при несколько подчиненном содержании сидеритовых конкреций. Это дало нам основание отнести угленосную

¹ Под типами конкреций принято понимать группы их, характеризующиеся определенным минеральным составом, текстурными признаками и формой.

Ерунаковский район



Разрезы ускацкой и ленинской подсвит Ерунаковского района и Северо-Борисовской площади

1 — угольные пласты, 2 — песчаники

(нижняя половина ускацкой подсвиты). Характерная особенность конкреционного комплекса Северо-Борисовской площади — отсутствие глинистых известково-анкеритовых конкреционных линз, широко распространенных в Ерунаковском угленосном районе. Граница между VII и VIII зонами соответствует границе между ерунаковской и илинской свитами. Она очень близка к границе между ерунаковской и илинской свитами, отмеченной по данным спорово-пыльцевого анализа для Северо-Борисовской площади. На основании этого можно считать, что сопоставление отложений Ерунаковского района и Северо-Борисовской площади при помощи конкреционного анализа произведено правильно.

часть разреза Северо-Борисовской площади к отложениям ускацкой и ленинской подсвит.

В дальнейшем, при рассмотрении типов конкреций Северо-Борисовской площади было установлено, что выше пласта 20 преобладают конкреции, характерные для IX зоны; между пластами 12 и 20 наиболее распространены конкреции, характерные для VIII зоны, между пластами 12 и 4 — характерные для VII зоны, ниже пласта 4 — характерные для VI и IX зон. Кроме того, в отложениях Северо-Борисовского района в разрезе между пластами 12 и 20 встречены конкреции, которые среди отложений ускацкой и ленинской подсвит наблюдаются только в VIII зоне. Это мелкие и крупные известково-сидеритовые полосчатые конкреции, прослои которых здесь часты. Здесь обнаружено также несколько прослоев мелких лепешковидных известковисто-сидеритовых концентрических конкреций, не встречающихся ниже VIII зоны.

Между пластами 4 и 12 встречены конкреции, характерные для VII зоны (лепешковидные пятнистые сидеритовые конкреции, крупные известковисто-сидеритовые пятнистые конкреции и крупные известковисто-сидеритовые полосчатые конкреции. Ниже пласта 4 обнаружены конкреции, типичные для VI и IX зон. Кроме того, здесь резко сокращается содержание конкреций, характерных для VII зоны. На основании этого отложения ниже пласта 4 отнесены к VI зоне

ПЕПЛОВЫЕ ПОРОДЫ КУЗБАССА

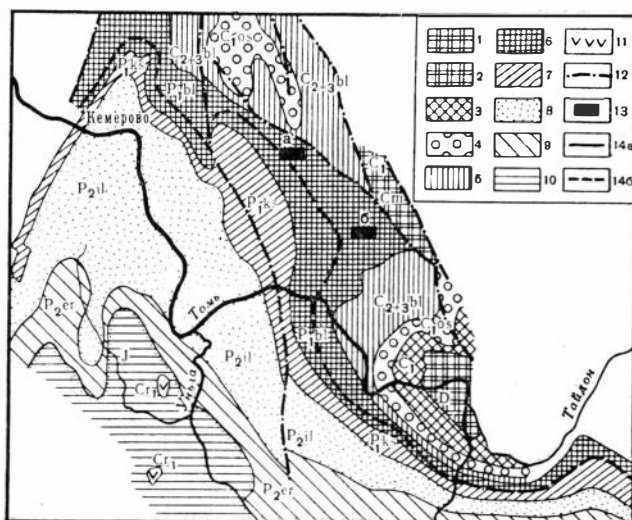
Структурно-поисковым бурением, проведенным в 1956—1958 гг. в Крапивинском районе Кузбасса на площади так называемой Заломненской депрессии, в составе угленосной толщи были обнаружены два слоя бентонитовых глин. Слои приурочены к отложениям ишановской подсвиты. Один из них (Грязненский) расположен в верхах подсвиты 5—6 м и был обнаружен в бассейне р. Грязной. Второй слой (Мунашкинский) незначительной мощности (0,5 м) залегает в низах ишановской подсвиты между пластами угля 36 и 37 и был впервые обнаружен в бассейне р. Заломной, в устье ее притока р. Мунашкиной. Выходы бентонитов по р. Грязной образуют Заломненское месторождение, а по р. Заломной — Воскресенское месторождение бентонитов (фиг. 1).

Предварительные исследования, проведенные в 1961 г. А. И. Лежним, В. П. Приходько и В. И. Будниковым, показали, что эти глины — бентониты, имеющие монтмориллонитовый состав и пепловое происхождение.

Нами в октябре 1960 г. на Заломненском месторождении был просмотрен разрез по VI разведочной линии, проходящей вдоль р. Средней Грязной, ниже устья ее правого притока руч. Мишкин Ключ. По разрезу пройдено шесть скважин общей протяженностью 500 м, вскрывающих нормальный разрез мощностью 300 м (фиг. 2). Верхний интервал бентонитовых глин вскрыт скважинами 60-40, 60-36 и 60-38 на глубинах от 20,6 до 72,5 м, т. е. в зоне выветривания, чем обусловлен пониженный выход керна. Детальным литологическим изучением керна скважин выяснены характерные особенности строения и вещественного состава бентонитовых глин и вмещающих пород.

Прежде всего установлено, что Грязненский горизонт бентонитов на VI разведочной линии по всем трем скважинам имеет сложное строение (фиг. 3). По скв. 60-40, характеризующейся лучшим качеством прорезки горизонта, он состоит из двух слоев: верхнего мощностью 2,28 м и нижнего — 5,15 м, разделенных прослоем мелкозернистого белесого песчаника мощностью 3,13 м; общая мощность горизонта 10,57 м. В двух других скважинах общая мощность около 8,5 м в каждой.

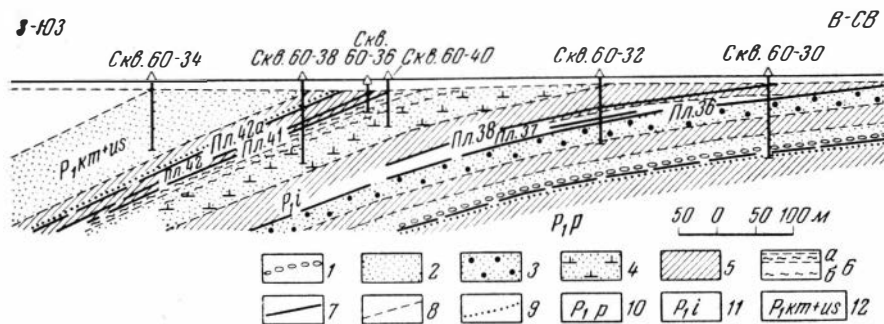
В обоих слоях глины неоднородны. Наиболее чистые разности их располагаются в нижних частях слоев. Контакт в почве резкий. Постепенно вверх глина засоряется более крупным терригенным материалом, появляющимся в виде тонких прослоев и равномерно рассеянной примеси, количественно увеличивающейся кверху. Таким образом, по исходному материалу примерно три четверти мощности каждого слоя в нижней его части представляет собой туф, а верхняя четверть — туффит.



Фиг. 1. Схематическая геологическая карта северо-восточной части Кузбасса

1 — кембрий (Ск), 2 — девон (D), 3 — карбон (С₁), 4 — острогская свита (С_{10s}), 5 — нижнебалахонская свита (С_{2+3bl}), 6 — верхнебалахонская свита (Р_{1bl}), 7 — кузнецкая свита (Р_{1ks}), 8 — ильинская свита (Р_{2il}), 9 — ерунаковская свита (Р_{2er}), 10 — тарбаганская серия (J), 11 — отложения мела (С₁₁). 12 — дизъюнктивные нарушения, 13 — месторождения бентонитов: а — заломненское, б — воскресенское, 14 — верхнешановский (Грязненский) горизонт бентонитов (I — прослеженный, II — предполагаемый)

Терригенный материал, как правило, аналогичен таковому вышележащих пород, переход к которым от глин постепенный. Так, в слое Грязненском I, залегающем под пластом угля, в верхней части появляется



Фиг. 2. Геологический разрез по VI разведочной линии

1 — конгломерат, 2 — песчанник, 3 — песчанник плохо отсортированный, 4 — песчанник известковый, 5 — алевролит, 6 — бентониты (а — мощные слои, б — маломощные слои), 7 — пласты угля, 8 — литологические границы, 9 — геологические границы, подсвиты: 10 — промежуточная, 11 — ишановская, 12 — кемеровская и усятская

примесь пелито-алевролитового обломочного материала с примесью углистого, вследствие чего порода приобретает темно-серый цвет. В слое Грязненском 2, залегающем под песчаниками, появляется все увеличивающаяся примесь белесого алевролитопсаммитового материала.

Чистая глина во влажном состоянии светло-серая со слабым зеленоватым оттенком, весьма тонкодисперсная, мылоподобная, жирная, плаз-

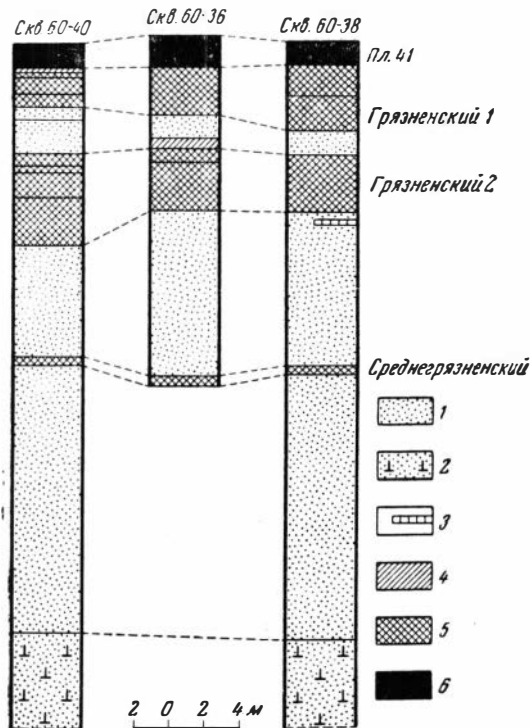
тичная, мягкая, легко режется ножом. При высыхании она белесая или со слабым голубоватым оттенком, становится крепкой и нередко приобретает ложнозернистое строение, что затрудняет ее распознавание в сухом керне. По текстуре глина характеризуется неравномерной, местами очень частой, горизонтальной и прерывисто-волнистой слоистостью вследствие наличия крупного растительного, слабообугленного шлама.

Макроскопически в слое Грязненском 1 выделяются семь, а в слое Грязненском 2 — четыре разновидности глин.

Ниже слоя бентонитов Грязненского 2 в 6,7—9,70 м обнаружен третий слой бентонитов — Среднегрязненский мощностью 0,5 м (фиг. 3 и 4). На фоне вмещающего мелкозернистого светло-серого песчаника бентонит выделяется своей мягкостью и пластичностью. Во всех трех скважинах этот слой практически залегает на примерно равном расстоянии от почвы пласта угля 41, равном 17,25—18,05 м.

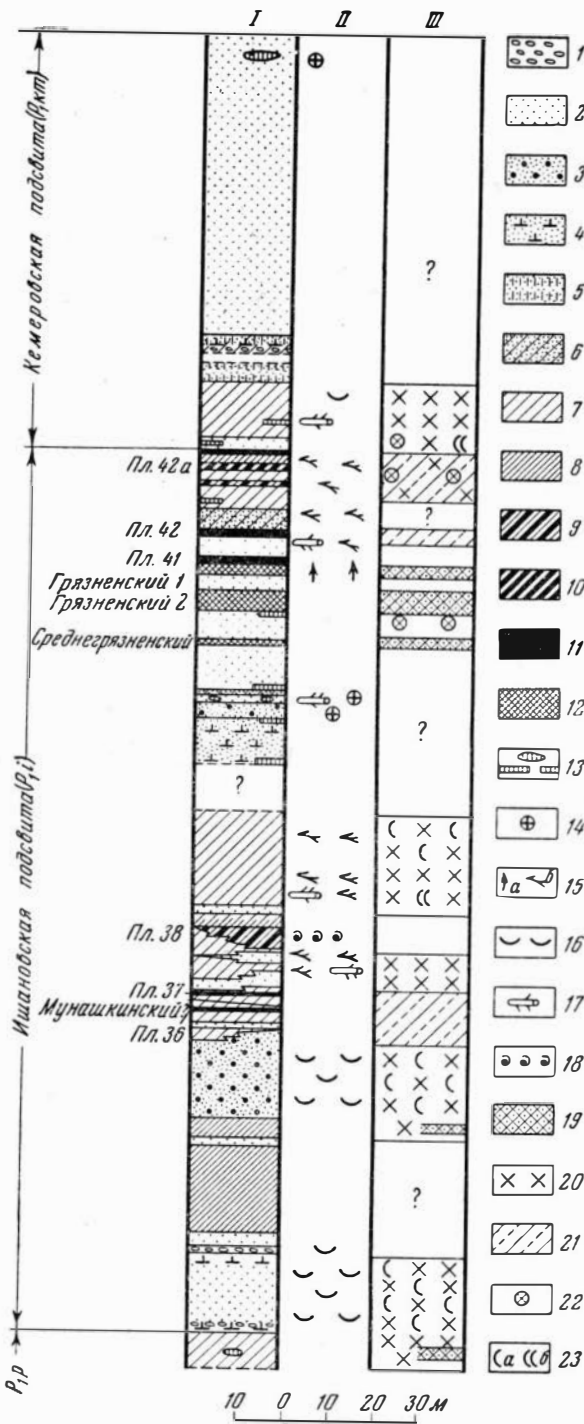
По петрографическим разностям бентонитовых глин были проведены гранулометрические, термические, рентгеноструктурные, электронно-микроскопические, микропетрографические, спектральные и химические анализы. Исследовались как естественные образцы, так и фракция <math><0,01\text{ м.м.}</math> Кроме того, в Литологическом кабинете КТЭ Ю. В. Миртовым был проведен комплекс исследований глин с выделением фракций <math><0,01</math> и $0,1—0,01\text{ м.м.}$ При этом гранулометрическим анализом трех образцов из слоя Грязненского 2 было установлено увеличение фракции <math><0,01\text{ м.м.}</math> сверху вниз, что вполне отвечает их макроскопической характеристике, т. е. согласуется с увеличением мягкости и пластичности пород в том же направлении. Так, в обр. 3953 из верхней части слоя Грязненского 2 содержание фракции <math><0,01\text{ м.м.}</math> составляет 34,56%, а в обр. 3956 и 3955 из средней части слоя, представленного чередованием песчаных и более чистых разностей глин, содержание этой фракции равно соответственно 41,6 и 80,28% (табл. 1).

Фракция <math><0,01\text{ м.м.}</math> подвергалась также окрашиванию органическими красителями и термическому анализу. Во всех образцах, кроме 3955 и 3956, окрашивание характерно для монтмориллонита. Метиленовым голубым все пробы окрасились в фиолетово-синий и синий цвет, который от добавки 2—3 капель NaCl изменился до голубовато-зеленого. Бензидином пробы окрасились в голубой и синий цвета, хризодином — в красноватый цвет.



Фиг. 3. Сопоставление верхнего интервала бентонитовых глин ишановской подсвиты по скважинам VI разведочной линии

1 — песчаник. 2 — песчаник известковистый. 3 — линзы сидерита. 4 — алевролит. 5 — бентонит. 6 — уголь



Фиг. 4 Сводный литолого-стратиграфический разрез по VI разведанной линии и распределение монтмориллонитовых и каолиновых минералов в разрезе

I. Литологическая колонка: 1 — конгломерат, 2 — песчаник, 3 — песчаник плохо отсортированный, 4 — песчаник известковистый, 5 — песчаник с карбонатами железа, 6 — песчаник переходный в алевролит, 7 — алевролит, 8 — аргиллит, 9 — аргиллит слабоуглистый, 10 — аргиллит углистый, 11 — уголь; 12 — бентонит; 13 — сланцевитовые линзы и прослойки

II. Распределение флоры и фауны: 14 — окаменевшая древесина, 15: а — отпечатки корней, б — отпечатки мелкой флоры; 16 — растительный детрит; 17 — отпечатки древесных стволов; 18 — отпечатки пелещипод.

III. Распределение глинистых минералов и слюды: 19 — существенно монтмориллонитовый состав; 20 — примесь монтмориллонита; 21 — примесь каолинита; 22 — мелкие гнезда мягкой глины; 23: а — чешуйки слюды, б — мусковит, биотит

Гранулометрический состав бентонитов
(навеска 50 г)

Образец	Место взятия образца (скважина, глубина, м)	Полевое определение породы	Содержание фракции, %			Содержание фракции, г		Тяжелая фракция, %
			0,5— —0,25	0,25— —0,01	0,01	0,25— —0,01	в том числе тяжелой фракции	
Слой Грязненский 2								
3953	Скв. 60-40, 27,00—27,60	Глина монтмориллонитовая песчаная (песчаник монтмориллонитовый)	11,34	54,1	34,56	27,05	0,219	0,8
3956	Скв. 60-40, 27,6—29,0	Глина монтмориллонитовая песчаная	7,6	50,8	41,6	25,4	0,133	0,52
3955	Скв. 60-40, 27,6—29,0	Глина монтмориллонитовая (более чистая разность)	0,24	19,48	80,28	9,74	0,025	0,25
Слой Среднегрянзенский								
3961	Скв. 60-40, 39,20—39,8	Глина монтмориллонитовая песчаная	2,2	39,0	58,8	19,5	0,234	1,2
3810	Скв. 60-36 43,5—44,0	То же	0,9	44,9	54,20	22,45	0,233	1,04

В обр. 3955 и 3956, кроме монтмориллонита, отмечается бейделлит. Метиленом голубым они окрасились в голубой цвет, который от добавки NaCl изменился до зеленого.

Дифференциальная кривая нагревания типично монтмориллонитовая; характеризуется эндотермическими реакциями при температуре 120—150, 700—710 и 900—920°, а также нередко отмечается эндоэффект при 180—220°. Последнее, по М. Ф. Викуловой, характерно для щелочноземельных монтмориллонитов с преобладанием Са-Mg поглощенного комплекса. В обр. 3955, содержащем по характеру окрашивания органическими красителями бейделлит, отмечается экзореакция при 1010°.

Минералогический анализ тяжелой и легкой фракций в иммерсионных жидкостях по образцам из скважины VI разведочной линии проведен Н. Л. Котовой. При этом было установлено, что состав минералов тяжелой фракции бентонитовых глин не отличается от такового вмещающих пород и характеризуется цирконо-апатито-гранатовым комплексом (циркона 8—26%, апатита 3—31%, граната — 17—65%). Иногда наблюдается повышенное содержание анатаза (до 3—6%) и корунда (до 3—4%), а в обр. 3955—3956 — эпидота (5—13%). В небольших количествах отмечаются ильменит, лейкоксен, магнетит, рутил, турмалин, слюда, шпинель, иногда пирит, лимонит, флюорит, сфен, следы зеленой роговой обманки.

Ю. В. Миртов анализом двух образцов бентонитовых глин установил преобладание апатита (до 64%). Аналогичный цирконо-апатито-гранатовый минералогический комплекс для пород данного района указывает также А. Н. Волкова, проводившая литологическое изучение пород балахонской серии Кузбасса.

В легкой фракции исследуемых образцов глин, как и во вмещающих породах, по заключению Н. Л. Котовой, преобладают К-Na полевые шпаты (60—75%), в небольшом количестве присутствует плагиоклаз

(5—15%). Кварц отмечается в количестве 20—30%; его содержание уменьшается к почве бентонитовых слоев.

По микропетрографическому описанию также отмечается незначительное содержание плагиоклазов и кварца и сравнительно повышенное содержание К-Na полевых шпатов. Кроме того, наблюдается преобладающее содержание в глинах обломков вулканического стекла и эффузивных пород. Отсутствие их в легкой фракции объясняется, по заключению Н. Л. Котовой, видимо тем, что последние как наиболее слабые составляющие частично были разрушены при механическом анализе, а частично, будучи сильно разрушенными и измененными и потому трудноопределимыми, попали при изучении в группу К-Na полевых шпатов. К последним отнесены все бесцветные и буроватые, сильно измененные обломки призматической и неправильной формы, плохо окатанные, нередко сильно загрязненные. Показатели преломления вулканического стекла и К-Na полевых шпатов близки: у вулканического стекла среднекислого состава они равны 1,492—1,529, а у К-Na полевых шпатов — 1,514—1,535.

По определению Ю. В. Миртова, легкая фракция бентонитовых глин на 85—95% слагается бесцветными или буроватыми зернами, представляющими собой нацело глинизированную массу с показателями преломления 1,513—1,520. Кроме того, присутствуют зерна кварца (4—5%) и кислого плагиоклаза (5—10%).

По данным электронной микроскопии в фракции <0,01 мм из двух образцов Грязненских 1и 2 слоев отмечаются полупрозрачные комочки с размытыми очертаниями монтмориллонита, в меньшем количестве — частицы неясной минералогической принадлежности, а в слое Грязненском 1, кроме того, примесь каолинита.

Под микроскопом бентонит имеет алевропелитовую структуру, неяснослоистую текстуру. Алевритовые частицы размером 0,02—0,04 мм слагаются в основном обломками разложившегося вулканического стекла, представляющими собой буроватую изотропную, либо слабо-двупреломляющую массу, переполненную чешуйками монтмориллонита. Кроме того, присутствуют плагиоклаз, кварц и единичные зерна циркона, апатита и клиноцонзита. Форма алевритовых зерен кварца и плагиоклаза чаще угловатая и оскольчатая со следами окатанности на отдельных зернах. Зерна разложившегося вулканического стекла имеют округлую или неправильную форму; изредка встречаются частицы с характерной для пеплов формой — удлиненной, изогнутой, рогульчатой.

Глинистая монтмориллонитовая масса составляет 85—95% породы и слагается мельчайшими, беспорядочно расположенными чешуйками с низким двупреломлением. Изредка наблюдаются более крупные чешуйки (до 0,005 мм) с двупреломлением 0,013—0,015. В отдельных участках глинистое вещество изотропно.

Химический состав глин во фракциях <0,01 и 0,1—0,01 мм и в естественных образцах, как видно из табл. 2, довольно разнообразный, но всюду характерен для монтмориллонитовых пород. Сравнение их составов между собой и с составом известных бентонитов Закавказья (по М. С. Мерабишвили) показывает, что к последним близки данные фракции <0,01 мм, наиболее характерные для монтмориллонитовых пород. Соотношение $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ в одном образце соответствует чистому монтмориллониту (4,1), в двух других образцах этой фракции — монтмориллониту с примесью свободной кремнекислоты (5,8—7,7%). Для фракции 0,1—0,01 мм и необработанных образцов характерно повышенное содержание SiO_2 .

Спектральный полуколичественный анализ всех разностей пород по всему разрезу показывает, что в углистых, железисто-карбонатных и

монтмориллонитовых породах содержание редких и рассеянных элементов несколько уменьшено.

По результатам изучения физико-химических свойств глин в лаборатории Кавказского института минерального сырья они — типичные бентониты и относятся к щелочноземельным монтмориллонитам с преобладанием Са-Mg поглощенного комплекса. Последнее подтверждается также характером дифференциальных кривых нагревания, увеличением объема при воздействии воды и образованием многочисленных жиллок эпигенетического кальцита при уплотнении породы в аргиллит.

Таким образом, все приведенные исследования, уточняя вещественный состав глин, подтверждают их пирокластическое происхождение. Наличие этих глин свидетельствует о значительной вулканической деятельности в пермское время и изменяет точку зрения на вещественный состав пород угленосной толщи Кузбасса.

Теперь можно утверждать, что в составе последних значительное место занимают пирокласты.

Все это подтверждает и делает более бесспорными краткие и не всегда уверенные более ранние высказывания отдельных исследователей о наличии или преобладании в отдельных слоях различных стратиграфических горизонтов обломков пирокластического происхождения.

Описываемые бентонитовые породы по результатам предварительного изучения имеют большую практическую ценность как минеральный сорбент и как тонкодисперсный минеральный наполнитель. По данным КИМС, более чистые разности глин по своим сорбирующим свойствам не уступают известному минеральному сорбенту Закавказья — гумбрину. Испытания глин в цехах Кузнецкого металлургического комбината и завода «Кузбассэлектромотор» показали, что они могут применяться в качестве добавок при производстве эмали и в литейном цехе для приготовления формовочных земель как связующая добавка.

Запасы глин значительны: предварительно подсчитанные запасы на участке длиной только около 10 км и до глубины 30 м при средней мощности слоя 5 м достигают 8—10 млн. м³.

Интересно распространение бентонитовых глин на площади Кузбасса. В работах В. И. Марченко, В. П. Батурина, А. В. Кутужова и А. Н. Волковой имеются краткие указания о наличии отдельных пепловых горизонтов в разрезах острогской, нижнебалахонской, кузнецкой, ильинской и ерунаковской свит. Г. А. Шаповалова (1960) отмечает незначительную постоянную примесь пепловых частиц во всей толще балахонской серии.

В разрезе VI разведочной линии примесь пеплового материала отмечается как в ишановской, так и в промежуточной и кемеровской подсвитах, но по простиранию пепловые горизонты не прослеживаются, и судить об их распространении можно лишь по ряду косвенных признаков. Предварительное изучение этого вопроса показывает, что распространение бентонитовых глин на площади Кузбасса будет зависеть от следующих факторов: площадного распространения пеплового материала; литолого-фациальных условий осадконакопления; характера и интенсивности процессов последующего эпигенетического преобразования пепловых пород и продуктов их диагенетического изменения, которые могут идти в двух направлениях: а) под влиянием метаморфизма и б) под влиянием процессов эпигенетического окисления монтмориллонита в каолинит.

О распространении слоя бентонитовых пород на площади Кузбасса существуют две точки зрения.

По мнению одних исследователей, бентонитовые породы на значительной площади Кузбасса не распространены, так как они обнаруже-

Таблица 2

Химический состав бентонитов (в %)

Место взятия образцов	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO	CaO	MgO	MnO	ВзО	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	П.п.п
Слой Грязненский 1, скв. 60-40, гл. 20,65—22,14 м (4 образца)	64,59— 71,13	14,85— 17,44	1,17— 2,41	1,52— 2,25	0,44— 0,52	1,98— 2,48	1,47— 1,87	0,05— 0,06	Следы— —0,1	0,77— 2,09	0,73— 1,05	0,037— 0,149	Смеды— 0,15	4,27— 5,83
Слой Грязненский 2, скв. 60-40, гл. 26,3—37,1 м (5 образцов)	69,02— 74,94	14,34— 16,94	0,71— 1,69	1,01— 1,43	0,40— 0,56	2,14— 2,45	0,84— 2,00	0,03— 0,05	0,03— 0,08	0,82— 1,69	1,12— 2,08	0,044— 0,112	0,02— 0,13	2,21— 4,55
<i>Грязненский горизонт:</i>														
фракция <0,01 мм (3 образца) . . .	53,95— 68,93	14,83— 20,54	1,67— 2,74	0,46— 0,75	0,18— 0,21	0,78— 3,01	1,85— 2,26	0,04— 0,15	—	0,14— 0,28	0,21— 2,91	—	0,02— 0,07	6,40— 14,90
фракция 0,1—0,01 мм (3 образца)	73,25— 78,73	8,60— 14,33	0,21— 0,52	0,65— 2,17	0,33— 0,37	1,73— 3,08	0,41— 0,95	0,05— 0,12	—	0,70— 1,68	0,96— 3,50	—	0,04— 0,21	1,98— 4,98
<i>Слой Среднегряненский:</i>														
скв. 60-40, гл. 39,2—39,8 м	64,44	19,98	1,09	1,45	0,62	2,45	1,57	0,09	0,03	2,02	2,24	0,050	0,32	4,35
скв. 60-38, гл. 82,5 м	63,81	20,52	0,89	2,12	0,54	2,44	1,42	0,09	0,03	2,14	2,34	0,135	Следы	3,83
<i>Асканское месторождение:</i>														
щелочной бентонит-аскангель	59,7	21,5	3,55	—	—	1,68	3,15	—	—	0,43	1,21	—	0,20	7,50
щелочноземельный бентонит аскан- глина	61,1	19,7	3,45	—	—	2,25	4,58	—	—	1,64	1,02	—	0,40	6,99
<i>Гумбрийское месторождение:</i>														
суббентонит-гумбри	69,5	14,2	3,37	—	—	2,18	3,47	—	—	0,46	0,23	—	0,09	7,13
<i>Ахалцхское месторождение:</i>														
щелочной бентонит	66,3	20,7	3,04	—	—	4,40	0,68	—	—	1,82	—	—	0,44	2,43
щелочноземельный бентонит	60,7	19,6	5,38	—	—	8,36	1,71	—	—	1,45	—	—	—	6,18
щелочноземельный бентонит-ханларит	60,3	18,4	3,10	—	—	2,38	4,86	—	—	0,86	1,34	—	0,07	8,82
<i>Сарихюское месторождение:</i>														
щелочной бентонит	59,2	18,3	8,18	—	—	1,56	4,23	—	—	3,63	—	—	0,55	4,88

ны пока только в Крапивинском районе. Ни в одной из приведенных ранее работ монтмориллонитовые породы не отмечаются, за исключением лишь незначительной примеси этого минерала.

Видимо, говорить о незначительности распространения описываемых пород на основании изложенного выше нельзя. Недавность открытия бентонитовых пород свидетельствует только о трудности их обнаружения. При этом необходимо иметь в виду, что работ по описанию стратиграфических разрезов с комплексным изучением вещественного состава глинистых минералов в Кузбассе крайне мало.

Другие исследователи считают, что поскольку пеплам свойственна региональность распространения, бентонитовые глины должны встречаться на всей площади бассейна. Согласится с этим полностью так же, по-видимому, нельзя. Действительно, как известно, пеплы распространяются на огромные площади. Значительная мощность слоя пепловых пород в Крапивинском районе (до 8,5—10,5 м) свидетельствует об интенсивности вулканического извержения и значительности их распространения, возможно, на всей площади Кузбасса. Но это относится к пеплам, а не к продуктам их диагенетического изменения — бентонитовым глинам.

Изучение разреза по VI разведочной линии подтверждает, что пеплонакопление происходило не только воздушным путем, но в основном путем водной транспортировки. Этот процесс был не эпизодическим, а достаточно длительным, обусловившим накопление в верхах ишановской подсвиты нескольких, иногда достаточно мощных слоев пепловых пород. Мощность, строение, выдержанность последних по простиранию зависят, вероятно, от литолого-фацциальных условий осадконакопления.

Пепловые породы, распространенные на значительных площадях бассейна, по-видимому, будут не везде одинаково преобразованы вторичными процессами. Как известно, продуктом диагенетического изменения пеплов является монтмориллонит (М. Ф. Викулова, 1958 г.). Но последний относительно неустойчив и при изменении условий легко переходит в другие минералы; так, при повышении метаморфизма он преобразуется в глинистые минералы типа гидрослюд, почему наиболее известен в отложениях не древнее мезозоя. С другой стороны, монтмориллониты в соответствующих условиях могут окисляться и переходить в минералы группы каолинита.

С точки зрения метаморфизма, районы Кузбасса, как известно, далеко не равноценны, что легко проследить по изменению степени метаморфизма углей. Последняя в Крапивинском районе, по сравнению с другими районами распространения верхнебалахонской свиты, наименьшая. Пласты угля ишановской подсвиты самой верхней здесь угленосной толщи — относятся по степени метаморфизма к газовым малым на юге района, изменяясь до газовых высоких на севере его. Далее по простиранию на юго-восток и на северо-запад от Крапивинского района степень метаморфизма углей увеличивается и достигает максимума на юго-западе бассейна в Бунгуро-Чумышском районе, где угли относятся уже к тощим и даже антрацитовым.

В литературе отсутствуют сведения о зависимости изменения монтмориллонита от степени метаморфизма пород при такой дробной градации последнего. Известно только, что в основном монтмориллониты встречаются в породах не древнее мезозоя. После открытия монтмориллонитовых пород в Крапивинском районе эта зависимость уточняется и можно утверждать, что при газовой стадии метаморфизма углей сопутствующие им пепловые породы превращаются в аргиллиты, но сохраняют свой монтмориллонитовый состав и в основном все свойства, присущие таким породам. При более высокой степени метаморфизма, по-видимому, изменение пойдет еще дальше, вплоть до гидрослю-

дизации. В известной мере это подтверждается работами по изучению вещественного состава пород балахонской серии, проводимыми А. Н. Волковой под руководством Г. Ф. Крашенинникова. По результатам этих работ, во всех районах Кузбасса, кроме Крапивинского и Прокопьевско-Киселевского, среди глинистых минералов развиты в основном гидрослюды, а в Бунгуро-Чумышском — даже серициты.

Таким образом, при широком распространении пеплового горизонта отмечать наличие бентонитовых пород можно лишь при учете метаморфизма. Учитывая все изложенное, можно сказать, что при прочих благоприятных условиях бентонитовые породы, как таковые, будут распространены по всей северо-восточной окраине Кузбасса — в Крапивинском районе и далее по простирающую на северо-запад на всем протяжении восточного крыла Кемеровской синклинали, а возможно, и на западном ее крыле вплоть до г. Кемерово. По направлению на юго-восток степень метаморфизма уменьшается как в самом Крапивинском районе, так, видимо, и за его пределами. Поэтому бентонитовые породы при прочих благоприятных условиях должны распространяться на юго-восток от Крапивинского района на всем протяжении выходов ишановской подсыты, вплоть до границы бассейна.

По Березовскому профилю Нижнегрязненской партии, проходящему у д. Банновки, в самых верхах балахонской серии ранее нами были отмечены своеобразные «белесые» песчаники, весьма схожие с песчаниками, вмещающими Грязненские слои бентонитов. Кроме того, на более южной площади, где метаморфизм уже увеличен, З. Я. Сердюк при изучении вещественного состава пород Терсинского месторождения, в низах кемеровской подсыты был отмечен резко выделяющийся горизонт глинистых пород с преобладанием монтмориллонитовых минералов. Горизонт расположен между пластами угля XI—XII и занимает интервал около 40 м.

Учитывая известную условность границ подсыты, вполне возможно, что этот горизонт является аналогом Грязненского бентонитового горизонта.

На западной — юго-западной окраине Кузбасса расположен Прокопьевско-Киселевский район, который имеет много общего с Крапивинским. Здесь также малая мощность отложений и пониженная степень метаморфизма верхних пластов угля, равная в нулевой синклинали газовой. Именно к этому району, по данным Ю. К. Горещкого (1943) и И. Н. Звонарева (1944), приурочено наибольшее количество прослоек каолинолита, т. е. аргиллита, состоящего из глинистого минерала жаолина. По данным А. Н. Волковой, здесь по всему разрезу преобладают каолилитовые ассоциации глинистых минералов.

Объяснение различия типов слабоустойчивых глинистых минералов в этих районах, обладающих многими одинаковыми чертами, видимо, следует искать в их основном различии — угленасыщенности отложений: Крапивинский район слабоугленосный, Прокопьевско-Киселевский — наиболее угленасыщенный. Н. М. Страхов (1960) считает, что избыточная органика создает избыточные массы CO_2 , которая в диagenезе и катагенезе действует как фактор выветривания разных минералов и превращения их в каолин. Как показала недавно Г. Н. Семашева, на примере Ангренского месторождения, выделившиеся в диagenезе массы CO_2 действительно способны произвести наблюдающуюся здесь каолинизацию вмещающих пород.

Явление подобного окисления, хотя и в незначительной степени, наблюдается в изученном разрезе по VI разведочной линии (см. фиг. 4). Термический анализ значительного количества естественных образцов показал, что по всему просмотренному разрезу во вмещающих породах имеется в том или ином количестве примесь монтмориллонита, увели-

чивающаяся в некоторых прослойках алевролитов. Но при приближении к пластам угля наблюдается заметная примесь каолинита. Особенно ярко это проявляется в интервале пластов угля 36—37, где, по В. П. Приходько, должен располагаться Мунашкинский слой бентонитов. В слое Грязненском 1, залегающем непосредственно под пластом угля, как указывалось, в отличие от слоя Грязненского 2, по электронно-микроскопическому анализу также отмечается примесь каолинита.

Открытие в Крапивинском районе Кузбасса пепловых пород, присущая пеплам региональность распространения, при довольно широком вертикальном диапазоне, проявление эпигенетической каолинизации монтмориллонита в Крапивинском районе и доказанность этого явления в Ангренском месторождении, а также отсутствие в геосинклинальных регионах глубокой химической дифференциации пород, наибольшее развитие прослоек каолинолитов именно в слабометаморфизованном и угленасыщенном районе и приуроченность их к пластам углей — все это дает возможность изменить точку зрения на происхождение каолинолитов и считать их пепловыми образованиями. Пепловый материал и в прослойках каолинолитов, и в примеси по всему разрезу после диagenетического изменения в монтмориллонит, или минуя эту стадию, под воздействием избыточного CO_2 в процессе эпигенетического окисления, которое не прекращается и в настоящее время, был каолинизирован.

На основании рассмотренного можно наметить следующий путь и последовательность преобразования пеплов в глинистые породы, которые могут изменяться от преобладания тех или других факторов: пеплы — монтмориллониты — каолиниты — гидрослюда — серицит.

Так, по наблюдениям Ю. К. Горецкого (1943), в Араличевском районе, значительно угленасыщенном и более высоко метаморфизованном, количество прослоек каолинолитов уменьшено, а отмеченные прослойки имеют слюдообразный характер кристалликов вермикулита.

Так как каолиновые глины также могут использоваться как тонкодисперсный нейтральный наполнитель, Прокопьевско-Киселевский район, как и Крапивинский, перспективен на этот вид сырья.

Разрез вмещающих пород на VI разведочной линии характеризуется чередованием крупных алевритовых и песчаных пачек. Последние наиболее выдержаны в разрезе и различаются по структурам и частично по карбонатности, что в значительной степени облегчает увязку их в разрезе, хотя бы на небольших расстояниях. Наиболее характерная общая особенность пород описываемого разреза, обусловленная примесью пеплового материала и слабым метаморфизмом — необычно белесый цвет песчаников, который обусловлен минералогическим составом, слабая цементация пород, имеющих обычно рыхло-зернистую поверхность излома, неустойчивость к увлажнению. М. С. Мирабишвили (1957) подобные признаки (слабость цементации и неустойчивость к увлажнению), вызванные примесью пеплового материала, отмечает в бурых углях Ахалцихского месторождения.

Минералогический состав пород характеризуется небольшим содержанием плагиоклазов и кварца и сравнительно повышенным K-Na полевыми шпатами. Наибольшее место занимают обломки эффузивов. Макроскопически они имеют белесый цвет и определяют цвет песчаников. Степень раскристаллизации их различна: от микрофельзитовой до порфириной. Возможно, что часть этих обломков — не продукт разрушения излившихся пород, а пирокластического происхождения. Особенно это касается тех случаев, когда раскристаллизованные обломки эффузивов как бы образуют поровый, контактово-поровый, а местами почти базальный цемент, представляя, возможно, в этих случаях раскристаллизованные, слившиеся обломки вулканического стекла. Повышенный метаморфизм, вызывая значительные преобразования пород

(окварцевание, кремнение, образование плагиоклазов, гидрослюдизация и т. д.), сильно изменяет состав породы и, скрывая ее первоначальный состав, приводит к видимому преобладанию кварца, кремнистых обломков и плагиоклазов.

Обнаружение бентонитовых пород открывает новую страницу в изучении геологии Кузбасса, дает новый для бассейна вид полезного ископаемого и, кроме всего, позволяет решить ряд теоретических вопросов.

ЛИТЕРАТУРА

- Горецкий Ю. К. Каолиниты Кузнецкого бассейна.— Вест. ЗСГУ, № 5, 1943.
- Мерабишвили М. С. Состояние, перспективы использования бентонитовых глин Кавказа.— Материалы совещ. по исслед. и польз. глин, 1957.
- Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Изд-во АН СССР, 1960.
- Шаповалова Г. А. К литологии балахонских свит Кузнецкого бассейна.— Материалы по геол. и нефтегазон. Кузн. бассейна. Изд-во АН СССР, 1960.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МЕТАМОРФИЗМА И ЗОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА В РАЙОНЕ р. НИЖНЕЙ ТУНГУСКИ

Одна из важных проблем при изучении угольных месторождений — проблема закономерностей распределения углей различного качества в разрезе и на площади развития угленосных отложений. Этот вопрос приобретает особую остроту для месторождений и отдельных районов Тунгусского бассейна, имеющего огромную площадь, всю гамму углей по степени их метаморфизма и ряд геологических особенностей, связанных с широким развитием в бассейне основных интрузий, лавовых покровов и туфогенных образований сибирской формации траппов.

С решением проблемы закономерностей распространения углей различного качества в Нижнетунгусском районе, как и в целом в Тунгусском бассейне, тесно связан вопрос о выяснении геологических факторов метаморфизма углей.

Изучением метаморфизма углей Тунгусского бассейна занимались многие исследователи, среди которых наиболее важное значение имели работы С. В. Обручева (1932), Н. Н. Урванцева (1931), В. П. Тебенькова (1938), Г. А. Иванова (1951), Ю. Р. Мазора (1958) и др.

Не излагая подробно взгляды различных исследователей на проблему метаморфизма углей вообще и не рассматривая причины повышения степени метаморфизма углей Тунгусского бассейна, отметим, что этот вопрос до настоящего времени еще далек от разрешения и различными исследователями трактуется по-разному.

Н. Н. Урванцев (1931) основным фактором метаморфизма углей Норильского района считал контактное воздействие, связанное с позднейшим внедрением в угленосную толщу интрузивных тел и называл этот процесс изменения углей «региональным термометаморфизмом». При этом он считал, что между образованием угленосной толщи и периодом внедрения интрузий прошло длительное время.

В. П. Тебеньков (1938), отмечая понижение степени углефикации в Нижнетунгусском районе с запада на восток, установил, что основной фактор изменения углей этого района — региональный и контактовый метаморфизм, действие которых в соответствии с основной структурой данного участка земной коры сказалось значительно больше на западе, чем на востоке. Изменение степени метаморфизма углей в стратиграфическом разрезе Тебеньков объяснял контактовым метаморфизмом и различием исходного материала.

Г. А. Иванов главной причиной, создавшей наблюдающуюся зональность в распределении углей различной степени метаморфизма, считал

региональный метаморфизм. Термальный же метаморфизм, по его мнению, наоборот, затушевывает эту зональность и обуславливает наличие высокометаморфизованных углей в любой из зон регионального метаморфизма. Близкую к этой точке зрения на причины метаморфизма углей Норильского района высказал Ю. Р. Мазор (1958). Из проведенных им исследований этого района можно сделать вывод о том, что основные изменения углей Норильской угленосной толщи связаны с накоплением мощной эффузивной толщи и повышением температуры в угленосных отложениях в связи с их опусканием и давлением вышележащих эффузивных пород, т. е. что основные изменения углей обязаны региональному (глубинному) метаморфизму.

В. П. Савенко большое значение в метаморфизме углей этого района придавал фактору динамической напряженности.

Как показали многочисленные наблюдения, проведенные в процессе работ Северной партии Красноярского геологического управления (1955—1958 гг.) в Нижнетунгусском районе, метаморфизм углей обусловлен здесь в основном причинами как регионального порядка, так и местного контактового воздействия. Динамометаморфизм в формировании углей района существенной роли не играл.

Под причинами регионального порядка нами понимаются те, которые обусловили общее понижение степени метаморфизма углей с запада на восток и наблюдающуюся в связи с этим зональность в распределении углей различного качества в указанном направлении, общую тенденцию к повышению степени метаморфизма углей в разрезе сверху вниз (правило Хильта), наличие высокометаморфизованных углей на значительных площадях и т. д. Все эти факты, с одной стороны, трудно объяснимы с позиций контактового метаморфизма даже при такой высокой насыщенности угленосной толщи интрузивными телами, какая наблюдается в Тунгусском бассейне. С другой стороны, объяснение этих и некоторых других особенностей только с позиции глубинного метаморфизма, в его обычном понимании, наталкивается на ряд других трудностей, главная из которых — незначительная глубина погружения этой части бассейна, так как установленная мощность угленосных отложений здесь не более 1500 м, а реконструируемая мощность с учетом вышележащей толщи эффузивных пород не превышает 3—4 тыс. м.

Выяснение основных геологических факторов, обуславливающих изменения углей описываемого района, представляет большие трудности, усугубляемые здесь наложением факторов регионального и контактового метаморфизма, а также отсутствием надежных критериев их различия.

Метаморфизм углей — сложный процесс изменения их внутреннего строения, химического состава и физических свойств, происходящий под действием различных физико-химических и термодинамических факторов, среди которых главное значение принадлежит температуре и давлению. Решающим из них во всех типах метаморфизма углей большинством исследователей признается температура.

Поэтому выделение разных типов метаморфизма углей основано преимущественно на анализе причин, обусловивших различный характер, масштабы и длительность температурного воздействия на них. Последнее отражается на характере превращений органической массы углей, а следовательно, и на их качестве. Так, региональный (или, точнее, глубинный) метаморфизм определяется глубиной погружения угленосной толщи и температурным воздействием на нее внутреннего тепла земли, в соответствии с геотермическим градиентом. Динамометаморфизм связывается с динамическими напряжениями, возникающими в угленосной толще в процессе складчатости и, по-видимому, сопровождающимися при этом повышением температуры. Контактный ме-

таморфизм обуславливается непосредственным тепловым воздействием интрузии на угленосные отложения.

Из указанных типов метаморфизма углей, по длительности и интенсивности температурного воздействия крайние положения занимают глубинный и контактовый метаморфизм. Первый характеризуется более длительным воздействием сравнительно невысоких температур; второй, наоборот, — непродолжительным воздействием более высоких температур.

В рассматриваемом районе проявились оба указанных типа. Однако, как уже было отмечено, ни тот, ни другой не объясняют здесь всех особенностей метаморфизма углей. Эти особенности, в первую очередь известная «региональность» в распределении углей различного качества, а также некоторая специфика химического и петрографического состава углей¹ объясняются с позиций так называемого «термального метаморфизма», связанного с магматической деятельностью.

Естественно предположить, что угли описываемого района, до внедрения трапповых интрузий, в результате глубинного метаморфизма были доведены до какой-то определенной, но невысокой стадии углефикации, и что степень метаморфизма угольных пластов нижних свит была несколько выше, чем вышележащих. Весьма вероятно также, что в соответствии с геологической структурой западной (переходной от гессинклинали к платформе) и восточной (платформенной) частей района мощность угленосных отложений несколько уменьшалась с запада на восток и степень метаморфизма углей одновозрастных свит понижалась в этом же направлении. В последующем угольные пласты испытали дополнительное и различное по интенсивности температурное воздействие, связанное с интрузивной деятельностью, захватившей угли на разной стадии их углефикации.

Метаморфизм углей, связанный с магматической деятельностью, по нашему мнению, необходимо подразделить на два вида: термальный и контактовый, существенно отличные друг от друга по характеру и масштабам температурного воздействия.

Необходимость выделения термального метаморфизма в самостоятельный тип обусловлена прежде всего тем, что под его влиянием угли приобретают некоторые физико-химические свойства, отличающие их и от регионально-, и от контактово-метаморфизованных углей. Отличен и характер изменения этих свойств в разрезе и на площади. В то же время термальный метаморфизм по ряду особенностей содержит в себе черты, с одной стороны глубинного, с другой — контактового метаморфизма, так как по характеру, масштабам и времени температурного воздействия на угли он занимает промежуточное положение между этими двумя видами метаморфизма. Так, по масштабам воздействия термальный метаморфизм близок к глубинному метаморфизму областей с повышенным геотермическим градиентом, по характеру же температурного воздействия, более интенсивному и более кратковременному, он имеет некоторое сходство с контактовым метаморфизмом.

Термальный метаморфизм связан как с магматическими очагами периода интрузивной деятельности, так и с общим тепловым прогревом угленосной толщи от внедрившихся интрузий траппов.

Вследствие различий в глубине залегания магматических очагов, соотношений в разрезе интрузивных и осадочных пород и теплопроводности пород вышележащих толщ суммарное тепловое воздействие, которое испытали угленосные отложения и пласты углей отдельных площадей и участков района, было неравнозначным; различным было и время этого

¹ Особенности химического и петрографического состава термально- и контактово-метаморфизованных углей будут рассмотрены нами в специальной работе.

воздействия. Оно было безусловно выше в целом для западной части района, где наиболее интенсивно проявилась интрузивная деятельность, по сравнению с восточной и выше для нижних стратиграфических горизонтов по сравнению с более верхними. В одних случаях это углубило те изменения, которые первоначально были обусловлены глубинным метаморфизмом, т. е. наблюдающуюся закономерность в понижении степени метаморфизма углей на площади с запада на восток и в разрезе снизу вверх. Здесь мы с известным основанием можем отмечать «региональный термометаморфизм» (по Н. Н. Урванцеву). В других случаях существовавшая ранее картина изменений степени метаморфизма углей была полностью затушевана или изменена на обратную.

Контактный метаморфизм (второй тип метаморфизма, связанный с магматической деятельностью) вызван более близким воздействием пластовых и секущих интрузий, внедрившихся в осадочную толщу. Воздействуя на угли разной степени метаморфизма, он еще более усложнил существовавшую картину. В результате внедрения трапповой магмы, заключающей огромные запасы тепла и летучих компонентов, угли в непосредственной близости с пластовой или секущей интрузией нередко превращены в естественный кокс или графит, а на более удаленном расстоянии, потеряв часть летучих, перешли в тощие угли или антрациты. Масштабы непосредственного контактового воздействия, как правило, ограничены (ширина зоны не превышает половины мощности интрузии) и зависят от ряда факторов, среди которых наиболее важное значение имеют состав трапповой интрузии, температура ее в период внедрения, а также размеры траппового тела, характер его залегания и время, в течение которого происходило остывание. Размер и характер контактового воздействия на угольные пласты зависят также от их трещиноватости, пористости и степени углефикации в момент внедрения интрузии. Последнему фактору большинство исследователей или не уделяет никакого внимания, или отводит второстепенную роль. По нашему же мнению, он заслуживает самого тщательного изучения и учета при анализе особенностей контактового метаморфизма.

В результате различного сочетания всех указанных выше факторов в одних случаях интрузии вызывали повышение метаморфизма углей вплоть до превращения их в естественный кокс или в графит, в других — оказывали весьма слабое воздействие, хотя имели сравнительную близость или непосредственный контакт с пластами углей. Несмотря на то, что зоны контактовых изменений углей имеют, как правило, локальный характер, только контактовым воздействием интрузий можно объяснить крайне неравномерное (скачкообразное) изменение качества углей, наблюдающееся на отдельных месторождениях описываемого района.

Таким образом, метаморфизм углей Нижнетунгусского района вызывается в основном двумя причинами, связанными с магматической деятельностью: с термальным и контактовым метаморфизмом. Первым обусловлены наблюдаемые изменения термального характера, которые нередко совпадают с направлением изменений от глубинного метаморфизма. Со вторым связаны почти все нарушения этих изменений и значительная пестрота (пятнистость) в метаморфизме углей данного района.

На основании всех полученных данных о метаморфизме углей рассматриваемого района нами сделана попытка построить график изменения степени метаморфизма углей для каждой из изученных свит в направлении с северо-запада на юго-восток по наименее метаморфизованным разностям углей. Степень метаморфизма углей при этом устанавливалась по петрографическим признакам (см. схему).

Построенный график показывает, что, несмотря на отсутствие определенно выраженной закономерности в изменении степени метаморфизма углей при переходе от одного месторождения к другому, в целом для района наблюдается понижение степени метаморфизма углей от бургу-

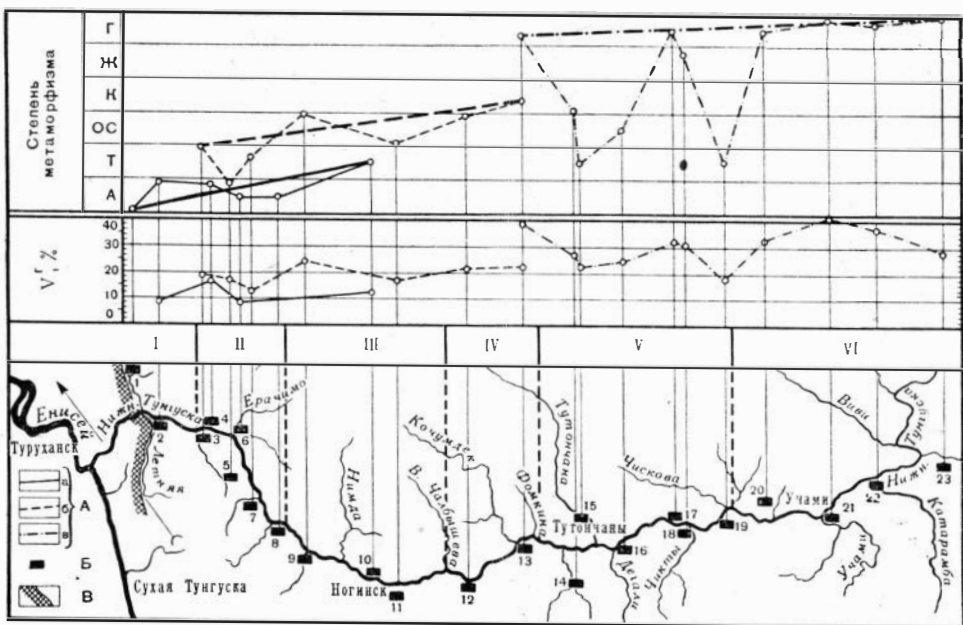


Схема изменения степени метаморфизма углей (по наименее метаморфизованным разностям) и зонального распределения углей различного качества в районе нижнего течения р. Нижней Тунгуски Тунгусского угленосного бассейна

А — кривые изменения степени метаморфизма углей по петрографическим признакам и выходу летучих веществ (V_r) различных свит: а — бургуклинская ($P_1bг$), б — пеляткинская ($P_2п1$), в — дегалинская ($P_2дг$); Б — месторождения углей: 1 — Делингдинское, 2 — Летнинское, 3 — Среднепеляткинское, 4 — Щекинское, 5 — Нижнечапкоктинское, 6 — Большепорожское, 7 — Верхнечапкоктинское, 8 — Хурактинское, 9 — Бугарихтинское, 10 — Анакитское, 11 — Ногинское, 12 — Джойское, 13 — Водопаднинское, 14 — Дзэтыктинское, 15 — Тутончанское, 16 — Дегалинское, 17 — Хогориктинское, 18 — Чиктинское, 19 — Корвунчанское, 20 — Хексачинское, 21 — Нижнеучамское, 22 — Гагаринское, 23 — Таймуринское; В — контур подстилающих пород среднего и нижнего палеозоя; I—VI — зоны метаморфизма (см. таблицу)

клинской свиты к дегалинской и по направлению с северо-запада на юго-восток и восток. Хотя эта закономерность не подтверждена повсеместно, из-за отсутствия достоверно установленных отложений дегалинской свиты в северо-западной части района и наблюдений по отложениям пеляткинской и бургуклинской свит — в юго-восточной, имеющийся фактический материал позволяет сделать предположение о том, что если отложения этих свит и будут выявлены в указанных частях района, то степень метаморфизма заключенных в них углей не изменит принципиальный характер изменений их метаморфизма, изображенный на фигуре.

В соответствии с изменениями степени метаморфизма углей, устанавливаемой по петрографическим признакам, изменяется и выход летучих веществ на горючую массу. При этом кривые изменения выхода летучих, приведенные на фигуре, в основном повторяют кривые изменения метаморфизма углей по петрографическим признакам.

Для оценки основных направлений промышленного использования углей, в первую очередь — как возможного сырья для коксования, наряду с установлением степени метаморфизма, весьма важное значение имеет их петрографический состав.

Проведенные исследования показали, что лучшим петрографическим составом по сумме спекающихся компонентов обладают угли пеляткинской и местами дегалинской свит средней части района от Нижнечапкоктинского месторождения на западе до Чиктинского месторождения на во-

Сопоставление схем зонального распределения углей в районе нижнего течения р. Нижней Тунгуски*

По Л. М. Шорохову, 1936 г.			По В. П. Тебенькову, 1938 г.			По Г. А. Иванову, 1951 г.			По В. С. Быкадорову, 1959 г.											
Зона	Границы выделенных зон	Характеристика углей выделенных зон	Зона	Границы выделенных зон	Характеристика углей выделенных зон	Зона	Границы выделенных зон	Характеристика углей выделенных зон	Зона	Границы выделенных зон	Характеристика углей выделенных зон									
I	Западная— р. Летняя, восточная— р. Порх	Распространены тощие угли с содержанием летучих 5—15%	I	Западная— реки Северная и Летняя, восточная— р. Караульная	Угли характеризуются наиболее высокой степенью метаморфизма и содержат летучих не более 10% на горючую массу (типичны угли Среднепелятчинского месторождения)	I	Западная— реки Северная и Летняя, восточная— р. Средняя Пелятка	Развиты полуантрацитовые и антрацитовые угли. Имеются месторождения графита. Угли метаморфизованные, менее чем полуантрациты неизвестны	I	Западная— реки Северная и Летняя, восточная— р. Средняя Пелятка	Бургуклинская свита, развиты антрациты и полуантрациты, редко встречаются графиты									
												II	Западная— р. Караульная, восточная— р. Водопадная	Содержание летучих в углях месторождений этого участка можно считать равным 10—18% (на горючую массу)	II	Западная— р. Ср. Пелятка, восточная— р. Атыри	Распространены преимущественно тощие и полуантрацитовые угли. Изредка встречаются антрациты. Могут быть графиты. Менее метаморфизованные угли неизвестны	II	Западная— р. Средняя Пелятка, восточная— р. Хуркакит	Бургуклинская свита. Развиты полуантрациты и антрациты, встречаются переходные разновидности от тощих до полуантрацитов. Пелятчинская свита. Развиты преимущественно тощие угли, известны переходные от тощих к отощенно-спекающимся, а также антрациты
IV	Западная— р. Верх. Чалбышева, восточная— р. Фомкина	Пелятчинская свита. Развиты угли коксовые переходные к отощенно-спекающимся; известны тощие, полуантрациты, антрациты																		

<p>II Восточнее— р. Порох</p>	<p>Преобладают угли с выходом летучих от 15 до 38%, тощие реже</p>	<p>III Западная— р. Водопадная, восточная—р. Учачи</p>	<p>IV В пределах этого участка имеются угли с летучими около 30% (Водопадная, Майгучинда), совершенно неизвестные на западе</p>	<p>V Западная— р. Силаткина, восточная— р. Чискова</p>	<p>VI Развиты преимущественно тощие угли; редко встречаются угли марки Пж—К. Газовые и еще чаще метаморфизованные угли незначительны (и едва ли могут быть встречены)</p>	<p>V Западная— р. Фомкина, восточная— р. Чискова</p>	<p>Деталинская свита. Развиты жирные, переходящие к коксовым, ходящие к газовым, переходящие к жирным; известны ОС, Т и полуантрациты. Деталинская свита. Известны жирные, переходящие к коксовым, ОС и Т; известны тощие и полуантрациты. Деталинская свита. Развиты преимущественно газовые угли, известные жирные, тощие переходящие в антрациты, местами графиты</p>
<p>III Восточнее р. Учачи</p>	<p>IV Район преимущественно низкометаморфизованных углей с выходом летучих веществ на горючую массу до 40%</p>	<p>V Западная— р. Чискова, восточная— проходит восточнее р. Илимлен. В данную зону входит весь Илимтинский угленосный район</p>	<p>VI Развиты преимущественно газовые угли; изредка встречаются тощие и полуантрацитовые угли</p>	<p>V Западная— р. Чискова, восточная— р. Таймура</p>	<p>Деталинская свита. Развиты преимущественно газовые угли, известные жирные, тощие переходящие в антрациты, местами графиты</p>		

* Географическая привязка границ выделяемых зон произведена непосредственно по углям рек, впадающих в Нижнюю Тунгуску, где угли изучены наиболее хорошо. Название границ (западная и восточная) несколько условно, ввиду того, что общее простирание выделяемых зон близко к меридиональному.

стоке. Здесь среднее содержание спекающихся компонентов в углях, как правило, превышает 50%, достигая в ряде пластов 70—80%. Учитывая же, что с этой частью района связаны и наименее метаморфизованные угли (от Г до ОС), ее следует рассматривать как наиболее перспективную в отношении нахождения углей, пригодных для коксования. Химическим анализом образцов, взятых из некоторых пластов угля этой части района, установлен спекшийся коксовый остаток, а для двух образцов углей пласта Водопаднинского месторождения получен пластический слой толщиной до 10 мм (определение было выполнено в аппарате Сапожникова).

Вероятность нахождения таких углей в северо-западной части района, где в наибольшей мере проявился термальный и контактовый метаморфизм, весьма незначительна по сравнению с его центральной и восточной частями.

Учитывая важность этого вопроса, мы сделали попытку построить по результатам работ Северной партии схему распределения углей различной степени метаморфизма для района нижнего течения р. Нижней Тунгуски.

Общая закономерность в изменении качества углей района с запада на восток впервые была подмечена Л. М. Шороховым еще в 1936 г. Более подробно этот вопрос освещен в работах В. П. Тебенькова (1938), который на основании анализа выхода летучих в углях различных месторождений по направлению с запада на восток выделил четыре зоны, характеристика которых приведена в таблице.

В 1951 г. Г. А. Иванов предложил схему зонального распределения углей в Тунгусском бассейне, в том числе и для

описываемого района. Исходным материалом для этого также послужили в основном результаты химического анализа углей. Для Нижнетунгусского района Иванов выделил пять зон, характеристика которых также приведена в таблице.

Предлагаемая нами схема распределения углей различной степени метаморфизма построена по материалам петрографического изучения углей, дающего более правильное представление о метаморфизме углей (в том числе и углей из зоны окисления) с учетом результатов химических анализов. При выделении границ участков или зон с углями различной степени метаморфизма мы, как и некоторые из предыдущих исследователей, главное внимание обращали на наименее метаморфизованные угли, с той лишь разницей, что такие зоны выделены нами с учетом частоты встречаемости углей той или иной степени метаморфизма. Последнее, отражая определенный уровень наших знаний об углях каждого выделенного участка (зоны), дает возможность более определенно решать вопросы поисков (вероятности нахождения) углей соответствующей степени метаморфизма.

Отложения бургуклинской свиты, вскрытые преимущественно в западной части района, не перспективны на спекающиеся угли. В то же время эта свита весьма перспективна на антрациты и графиты.

В пеляткинской свите вполне возможно нахождение углей от коксовых до стощенно-спекающихся. При этом вторая зона малоперспективна. Здесь в лучшем случае возможно нахождение углей марки ОС. Значительно более перспективна на угли марки ОС зона III. Здесь, кроме того, возможно нахождение и коксовых углей. Наиболее обещающая по нахождению коксовых и отощенно-спекающихся углей, связанных с отложениями пеляткинской свиты, зона IV. Она же наиболее перспективна и в отношении жирных и коксовых, а возможно, и газовых углей, приуроченных к отложениям дегалинской свиты. Юго-восточнее этой зоны с дегалинской свитой связаны угли от газовых до ОС. Здесь (V зона) более вероятны угли от жирных до коксовых, возможно ОС, а для зоны VI наиболее характерны газовые угли, вероятны жирные и коксовые.

Из сказанного следует, что наиболее перспективной по распространению коксующихся углей в средней части района можно считать зону IV с границами от р. Верхней Чалбышевой на северо-западе до р. Фомкиной на юго-востоке.

Спекающиеся угли (от Г до ОС) могут быть также обнаружены во II, III, V и VI зонах. Однако степень вероятности их нахождения в третьей зоне, а тем более во второй, значительно ниже, чем в четвертой. В V и особенно VI зонах наличие коксующихся углей в отложениях дегалинской свиты, по-видимому, может быть связано скорее всего с контактовым воздействием трапповых интрузий.

В случае обнаружения в западной и северо-западной частях района угленосных отложений дегалинской свиты, а в восточной — пеляткинской и бургуклинской свит, границы перспективной площади коксующихся углей будут значительно расширены. Таким образом, несмотря на широкое развитие в описываемом районе интрузивных пород, вопрос о нахождении в его пределах менее метаморфизованных углей, в том числе пригодных для коксования, может быть решен положительно.

ЛИТЕРАТУРА

- Мазор Ю. Р. Геологические факторы метаморфизма углей Норильской угленосной площади. Автореф. дисс. М., 1958.
- Обручев С. В. Тунгусский бассейн (южная и западная части).— Труды ВГРО, вып. 164, т. 1, 1932.
- Тобенъков В. П. К вопросу о метаморфизме углей низовьев р. Н. Тунгуски. Проблемы Арктики, № 5—6, 1938.
- Урванцев Н. Н. Норильское каменноугольное месторождение. Труды ГГРУ, вып. 95, 1931.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О СПЕКАЮЩИХСЯ УГЛЯХ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТУНГУССКОГО БАСЕЙНА

На огромном пространстве от Кузбасса до Южно-Якутской угленосной площади коксующиеся угли до сих пор были известны только на крайнем севере Тунгусского бассейна — в Норильском районе. Вследствие этого внимание исследователей в первую очередь привлекали Минусинский бассейн и Саяно-Партизанское месторождение Канско-Ачинского бассейна как сравнительно легкодоступные. Технологическое изучение этих углей показало, что они могут удовлетворительно коксоваться только в шихте с углями других бассейнов. Это заставляет обратить серьезное внимание на огромную площадь Тунгусского бассейна, вблизи которого известны крупные запасы железных руд (Медведков, 1962).

Тунгусский бассейн, кроме Норильского района, — один из слабо изученных угольных бассейнов Советского Союза. Предыдущими исследованиями в разное время было установлено распространение на территории бассейна углей различной степени метаморфизма и различного петрографического состава (Шорохов, 1938; Тебенков, 1938; Г. А. Иванов и Л. И. Сарбеева, 1951 г.; Бочковский, Лушихин, 1959, 1962; Яковлев и др. 1960; Сарбеева, 1960; Александров, 1962). Однако большая часть этих исследований была приурочена к окраинным частям Тунгусского бассейна (рек Бахта, Курейка, Нижняя Тунгуска, Тасеева, Ангара, Вилюй) и не дала положительных результатов в смысле нахождения спекающихся углей, хотя, учитывая огромную площадь бассейна, исчисляемую в 1 млн. км², и различную степень метаморфизма углей, можно предполагать наличие здесь перспективных площадей.

Проведенные Ф. А. Бочковским и Г. М. Лушихиным (1959, 1962) исследования в бассейне р. Нижней Тунгуски, а также анализ всего имеющегося материала по Тунгусскому бассейну позволили выделить перспективную площадь распространения спекающихся углей. При выделении этой площади авторы руководствовались следующими соображениями.

Способность углей образовывать кокс зависит прежде всего от их петрографического состава. Технологически пригодными для этой цели считаются в основном клареновые и дюрено-клареновые угли, содержащие достаточное количество гелифицированного вещества и липонидных компонентов. Однако даже благоприятный петрографический состав самостоятельно еще не решает вопроса о пригодности углей для получения кокса; для этого необходима определенная степень метаморфизма этих углей. Поэтому при изучении Тунгусского бассейна авторы исследовали закономерности изменения петрографического состава углей на площади и по разрезу и метаморфизм их.

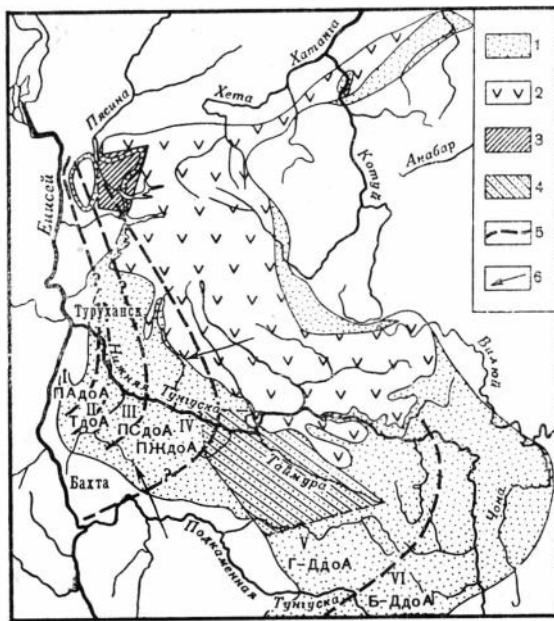
В результате исследований Ф. А. Бочковского, Г. М. Лушихина, И. К. Яковлева и других установлено, что в бассейне р. Нижней Тунгуски развиты угленосные отложения катской (C_{2+3}), бургуклинской (P_1), пеляткинской (P_2) и дегалинской (P_2) свит. При этом угольные пласты катской свиты сложены блестящими и полублестящими фюзеновыми кларенами. Эти пласты маломощные (0,10—0,20 м), а угли сильно метаморфизованные (антрациты). Отложения бургуклинской свиты содержат около 20 угольных пластов мощностью 0,6—7,2 м. Пласты сложены в основном фюзено-ксиленовыми кларено-дюренами и дюренами. В меньшей степени отмечаются блестящие и полублестящие фюзеновые кларены и дюрено-кларены. Угли этой свиты также высокометаморфизованные (тощие и антрациты). Таким образом, угли катской и бургуклинской свит в северной и центральной частях Тунгусского бассейна вряд ли представляют собой интерес для коксо-химической промышленности.

В отложениях пеляткинской свиты в бассейне р. Нижней Тунгуски насчитывается до 20 угольных пластов, мощность которых колеблется от 0,35 до 9,75 м; 14 пластов имеют рабочую мощность. Пласты сложены в основном блестящими и полублестящими фюзеновыми и спорофюзеновыми кларенами, в которых сумма спекающихся компонентов (гелифицированное и липонидное вещество) достигает 80—95%. В меньшей степени отмечаются полуматовые фюзеновые дюрено-кларены и кларено-дюрены, т. е. угли, в которых сумма спекающихся компонентов колеблется в пределах 45—75%.

Степень метаморфизма углей пеляткинской свиты колеблется в широких пределах — от К—ПС до А. Преимущественным распространением пользуются тощие угли. В восточном направлении (р. Водопадная) отмечается ослабление степени метаморфизма до К и К—ПС. Поэтому участок бассейна Нижней Тунгуски к востоку от р. Водопадной следует признать перспективным в смысле нахождения здесь спекающихся углей в отложениях пеляткинской свиты.

Отложения дегалинской свиты содержат до семи угольных пластов мощностью 0,2—12 м, из них не менее трех-четырёх пластов рабочей мощности. Пласты имеют разнообразный петрографический состав, преобладают полублестящие споро-фюзеновые кларены, споровые кларены и фюзеновые кларены. Несколько в меньшем количестве отмечаются полуматовые дюрено-клареновые и кларено-дюреновые угли. Сумма спекающихся компонентов в углях этой свиты несколько меньше, чем в углях пеляткинской свиты, однако благоприятным фактором является присутствие паренхимных тканей и липонидных компонентов. Угли дегалинской свиты имеют широкий диапазон степеней метаморфизма — от Д до А. Преимущественно распространены угли марок К—ПЖ. На контактах с траппами отмечаются тощие и антрациты.

Метаморфизм углей Тунгусской синеклизы, куда входят низовья и средняя часть бассейна Нижней Тунгуски, обусловлен в значительной степени региональными причинами; поэтому и изменения его на площади имеют определенные закономерности, на что в свое время обращали внимание Л. М. Шорохов (1933), В. П. Тебеньков (1938), Г. А. Иванов и Л. И. Сарбеева (1951). Угли дегалинской свиты, по нашим данным (Бочковский, Лушихин, 1959), на западе (район рек Водопадная—Кочумдек) имеют степень метаморфизма ПЖ—К. Выше по течению Нижней Тунгуски (реки Учачи и Таймура) метаморфизм углей слабее (Г—ПЖ). Еще далее на восток (р. Илимпея) отмечаются длиннопламенные угли. Таким образом, наиболее перспективным участком для углей дегалинской свиты следует признать площадь, заключенную между реками Водопадной и Таймурой. Эта площадь соответствует IV зоне с углями марок от ПЖ до А и западной окраине V зоны — марок от Г—Д до А (фиг. 1).



Фиг. 1. Схема зонального распространения углей различных марок в Тунгусском бассейне (составлена в 1948 г. Г. А. Ивановым и Л. И. Сарбеевой) с указанием площади возможного распространения спекающихся углей, выделенной Ф. А. Бочковским и Г. М. Лушхиным (1962)

1 — угленосные отложения, 2 — площади сплошного распространения траппов, 3 — установленная площадь распространения спекающихся углей, 4 — площадь возможного распространения спекающихся углей, 5 — границы между зонами углей различных марок по наименее метаморфизованным углям, 6 — направление увеличения степени метаморфизма углей

В целом для углей пеляткинской и дегалинской свит бассейна Нижней Тунгуски перспективная площадь на спекающиеся угли охватывает территорию, заключенную между левыми притоками Нижней Тунгуски — реками Водопадной и Таймурой. Эта полоса субмеридионального простирания, по-видимому, протягивается на север до Норильского района, где установлено широкое распространение спекающихся углей, приуроченных к отложениям пеляткинской свиты (месторождения Шмидта, Надежда, Кайеркан, Имангдинское, Караелак). Южная граница этой полосы еще не определена. Согласно представлению Ф. А. Бочковского и Г. М. Лушхина (1959, 1962), перспективная полоса протягивается на юго-восток в бассейн р. Чуни, правого притока р. Подкаменной Тунгуски, где также возможно обнаружение спекающихся углей верхнепермского возраста.

Образцы углей, собранные в 1960 г. О. И. Юоном в бассейне р. Таймуры, были петрографически изучены Г. М. Лушхиным, который подтвердил прогноз авторов 1959 г. о перспективности этого района в отношении нахождения спекающихся углей. Поскольку пробы и образцы отбирались из обнажений, о качестве углей можно судить главным образом на основании микроскопического исследования их петрографического состава. Ниже приведена характеристика пластов, относящихся по степени метаморфизма и петрографическому составу к спекающимся углям.

Для суждения о способности углей спекаться был определен количественный состав компонентов угля. При этом к легкоплавким компонен-

там отнесены бесструктурное (витро-десмит, витро-аттрит) и структурное (витрениты, ксилены, паренхиты) гелифицированное вещество, липондные компоненты и водоросли. К тугоплавким компонентам отнесены слабофюзенизированные компоненты (семифюзениты) и семивитрен, к неплавким — фюзенизированные компоненты (фюзениты). Средневзвешенную сумму отошающих компонентов определяли как сумму фюзенитов и треть тугоплавких компонентов.

На основании микроскопического изучения образцов угля определяли вещественно-петрографические разновидности типов угля, слагающие пласт. Учитывая количество легкоплавких, тугоплавких и неплавких компонентов в каждой разновидности, подсчитывали средневзвешенное количество компонентов в пласте (см. таблицу).

Микрокомпонентный состав пластов угля

Пласт	Канавы	Местоположение канав	Расстояние от дельты, м	Мощность пласта, м		Степень метаморфизма	Микрокомпонентный состав по степени спекаемости (в %)			
				общая	полезная		легкоплавкие	тугоплавкие	фюзенизированные	отошающие
1	1	Левый берег р. Таймуры, в 12 км ниже устья р. Вархем*	350	4,75	4,4	Г-ПЖ	73,1	26,4	0,5	9,3
1	2	В 450 м от канавы 1	75	6,5**	5,8	ПЖ	64,9	33,5	1,6	12,8
1	3	В 450 м от канавы 2	150	4,75	4,4	К	71,8	27,3	0,9	10
2	14	Правый берег р. Чамбэ, в 14 км от устья . .	8000	1,75	1,5	К	79,4	20,95	0,1	7,9
3	19	Левый берег р. Юнари, в 0,5 км выше устья р. Ихенды, верхняя пачка	2500	5,1	2,0	К-ПС	92,2	7,5	0,3	2,8
3	18	Там же, нижняя пачка	2500		1,5	К-ПС	82,5	8	9,5	12,2
4	18	Там же	2500		1,75**	1,75	К-ПС	48,7	49,3	2
5	19	Левый берег р. Юнари, в 0,2 км ниже устья р. Ихенды	2500	2,5	2,5	ПС	88,7	11,1	0,2	3,9
6	20	Левый берег р. Ихенды, в 8 км от устья, верхняя пачка	—	3,75	2,0	—	Не подсчитывался			
		Там же, нижняя пачка	—		1,25	К-ПС	59,5	36,2	4,3	16,3
7	20	Там же	—	2,10	1,95	К-ПС	97,6	2,3	0,1	0,9
8	23	Левый берег р. Юнари, в 1,5 км ниже устья р. Хурникоккта . . .	300	0,5**	0,5	К	95	0	5	5
9	25	Там же, в 10 км ниже устья р. Хурникоккта	—	3	3	ПЖ-К	92,3	4,0	3,7	5
10	25	Там же	—	0,70	0,70	ПЖ-К	84,5	15,0	0,5	5,5
11	27	Там же, в 500 м выше устья р. Холокит . .	—	2,4**	2,4	ПЖ	53,7	44,5	1,8	16,6

* Все расстояния указаны по прямой линии.

** Видимая мощность.

Среди исследованных пластов угля оказалось, что в верхнем течении р. Таймуры установлено два пласта угля и в бассейне р. Юнари — девять пластов, содержащих незначительное количество отошающих компонентов; уголь этих пластов, взятый вне зоны выветривания, должен

дать металлургический кокс (фиг. 2 и 3). Все пласты угля, способные спекаться, относятся к дегалинской свите верхней перми.

Обнажающаяся по р. Юнари часть дегалинской свиты имеет видимую мощность около 30 м. Свита здесь сложена перемежающимися слоями аргиллитов, алевролитов, песчаников, углистых аргиллитов и углей. В нижней и верхней частях разреза преобладают глинистые породы, в средней части появляется больше песчаного материала.

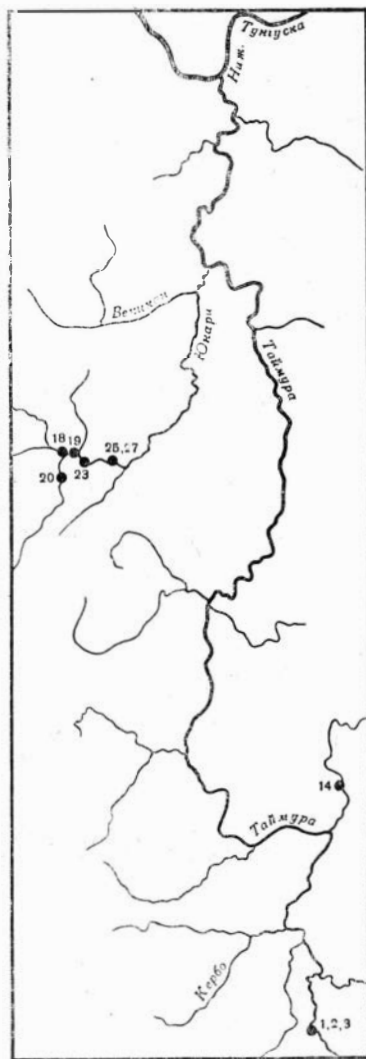
Дегалинская свита покрывается отложениями нижнего триаса, широко развитыми на описываемой территории; отложения представлены вулканогенно-осадочными породами.

Выход верхнепермских отложений обусловлен наличием в верхнем течении р. Таймуры и в среднем течении р. Юнари двух поднятий, протягивающихся в северо-северо-западном направлении. Углы падения на их крыльях не превышают 3° . Между этими поднятиями расположена широкая мульда, выполненная отложениями нижнего триаса, под которыми, надо полагать, развиты угленосные отложения дегалинской свиты. Поднятия осложнены мелкими складками. Наблюдается большое количество дизъюнктивных нарушений с амплитудой от 0,5 до 100 м.

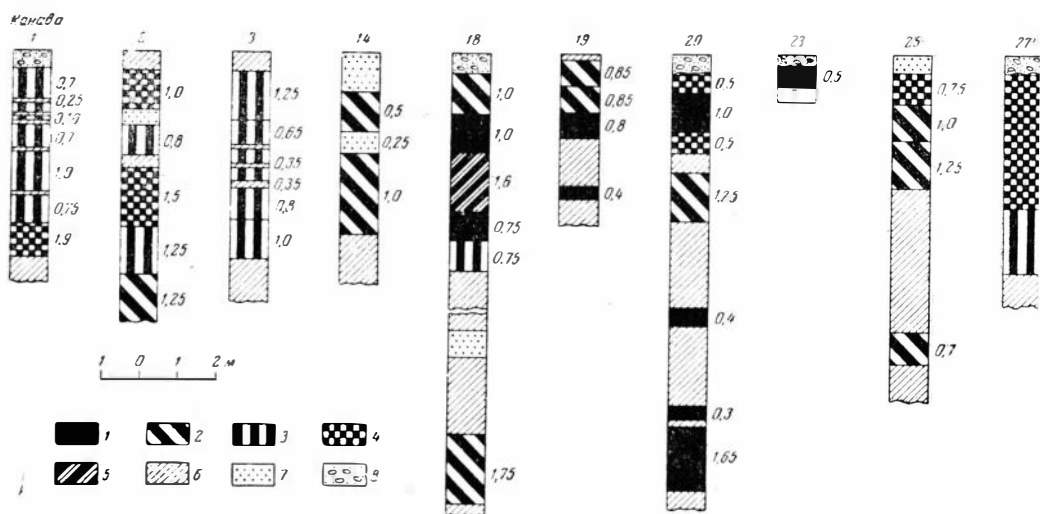
Химическому анализу подвергли только отдельные образцы угля, поэтому нельзя получить представление о зольности пластов угля в целом.

На основании проведенных исследований можно высказать предположение, что уголь описанных пластов должен быть отнесен к числу малозольных; только отдельные пакки матового угля высокозольные. В лабораторных условиях был проделан опыт обогащения двух высокозольных образцов угля. В обоих случаях получены хорошие результаты: при зольности исходного угля более 30% обогащенный уголь содержал около 2% золы. В большинстве случаев при химическом анализе образцов угля из отдельных пластов, взятых из канав, получен спекшийся или слипшийся королек.

В заключение заметим, что проведенные до настоящего времени исследования в бассейнах рек Таймуры и Учамы носили в известной мере эпизодический характер. Для наиболее полной оценки перспектив этого района по коксующимся углям необходимо рекомендовать проведение здесь геолого-поисковых работ с применением бурения, так как только с его помощью можно выяснить количество пластов спекающихся углей, наметить площадь их распространения и отобрать пробы неокисленного угля для более углубленных химико-технологических исследований. Весьма важным представляется прослеживание полосы спекающихся углей в южном направлении, т. е.



Фиг. 2. Карта расположения канав в бассейне р. Таймуры
Числа у точек — номера канав



Фиг. 3. Строение пластов угля

1 — блестящий уголь, 2 — полублестящий уголь, 3 — полуматовый уголь, 4 — матовый уголь, 5 — углистый аргиллит, 6 — аргиллит, 7 — песчаник, 8 — аллювий

ближе к обжитым районам Тунгусского бассейна и месторождениям железных руд. Поэтому поисковые работы желательно провести также по правым притокам р. Подкаменной Тунгуски (р. Чунч и др.).

ЛИТЕРАТУРА

- Александров А. В. Основные черты верхне-палеозойского осадко- и угленакопления на восточной окраине Тунгусского бассейна. Автореф. дисс. Изд. СО АН СССР, Новосибирск, 1962.
- Бочковский Ф. А., Лушихин Г. М. Прогнозная оценка Тунгусского угленосного бассейна для выявления месторождений коксующихся углей.— Сб. «Совещание по геологическому строению и минеральным ресурсам Сибирской платформы», вып. 1. Иркутск, 1959.
- Бочковский Ф. А., Лушихин Г. М. Перспективы нахождения коксующихся углей в южной половине Тунгусского бассейна.— Сб. «Полезные ископаемые Красноярского края». Изд-во АН СССР, 1962.
- Медведков В. И. Железные руды. Сб. «Полезные ископаемые Красноярского края». Изд-во АН СССР, 1962.
- Сарбеева Л. И. Петрографическая характеристика углей южной части Тунгусского бассейна.— Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 36. 1960.
- Тобенков В. П. К вопросу о метаморфизме углей низовьев реки Нижней Тунгуски.— Проблемы Арктики, № 5—6, 1938.
- Шорохов Л. М. Тунгусский угленосный бассейн. Угленосные районы Сибири. Новосибирск, 1938.
- Яковлев И. К., Богданова Л. А., Вербицкая Н. Г., Моккин Н. П. Материалы к стратиграфии и угленосности западной части Тунгусского бассейна.— Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 35. 1960.

О РЕГИОНАЛЬНОМ МЕТАМОРФИЗМЕ УГЛЕЙ БАССЕЙНА р. КУРЕЙКИ

Прежде чем рассматривать вопросы метаморфизма углей бассейна р. Курейки, необходимо остановиться на некоторых предпосылках метаморфизма углей вообще, так как в настоящее время существуют противоположные мнения и о причинах метаморфизма углей и об его видах. Даже традиционное использование геологами-угольщиками термина «региональный метаморфизм» вызывает непонимание и критику со стороны петрографов, занимающихся изучением метаморфических и изверженных пород.

Во избежание путаницы в употреблении терминов, касающихся вопросов превращения угольного вещества, по-видимому, прежде всего необходимо четко ограничить понятие «метаморфизм углей».

Речь идет об установлении границы между диагенезом и эпигенезом углей, с одной стороны, и собственно метаморфизмом их, с другой. Здесь мы сразу сталкиваемся с различной оценкой степени превращения угольного вещества и изменения при этом вмещающих его осадочных пород.

Как известно, для начала заметного превращения угольного вещества необходимы температуры порядка 200—300°, в то время как для видимых изменений вмещающих осадочных пород таких температур еще недостаточно. Факт особой «чувствительности» углей и соляных пластов, по сравнению с силикатными породами, к воздействию высоких температур, обусловленных глубиной залегания, отмечали еще Буке и Эйтель (Bocke, Eitel, 1923), Ривс (Reeves, 1928), Грубенман и Ниггли (1933), Гек (Heck, 1943) и др.

Несмотря на это, до сих пор среди петрографов существует мнение, что метаморфизм углей начинается только тогда, когда становятся заметными метаморфические изменения во вмещающих породах, что примерно соответствует углям послепантрацитово́й стадии. Но это лишь свидетельствует о том, как совершенно справедливо заметил Ю. А. Жемчужников (Жемчужников, Гинзбург, 1960), «что мы еще не умеем различать степень превращения пород, и не говорим против наличия самих превращений, т. е. метаморфизма».

В этом отношении геологи-угольщики имеют значительное преимущество перед петрографами-осадочниками, поскольку им удалось четко проследить в углях полный ряд последовательных превращений, которые пока не улавливаются во вмещающих породах. Поэтому отнесение целиком доантрацитово́й стадии превращения угольного вещества к диагенезу и даже эпигенезу вмещающих пород не может считаться правильным, если, конечно, подразумевать под эпигенезом не всю совокупность

изменений до момента перехода от нормальной осадочной породы в метаморфическую, а только изменения, протекающие в осадке вскоре после перекрытия его кровлей в нормальных термодинамических условиях вблизи поверхности Земли.

Все изменения, претерпеваемые угольным веществом после начала опускания осадков на глубину, обусловлены процессами метаморфизма, вызванными особыми, отличными от нормальных, термодинамическими условиями — воздействием повышенной температуры, давления, водных растворов, газового режима (см. таблицу).

Схема преобразования углей и вмещающих пород

Процессы превращения	Условные превращения	Результаты превращения	
		Органическое вещество	Вмещающие породы
Сингенез	Выпадение осадка до покрытия кровлей; окислительная среда	Растительный материал—торф	Осадок
Диagenез	Осадок вскоре после покрытия кровлей в нормальных термодинамических условиях вблизи поверхности Земли, нейтральная или восстановительная среда	В случае контактового воздействия—образование графита	Нормальные осадочные породы
Эпигенез	Погружение пород на глубину до 3 км; восстановительная среда		
Метаморфизм	Погружение пород на глубину до 7—11 км	Каменные угли Д ↓ Т ПА	Метаморфизованные осадочные породы
	Погружение пород на глубину до 12—16 км	А	
	Погружение пород на глубину > 12—16 км	Графит	Метаморфические породы

Из приведенной схемы видно, что метаморфизм углей начинается раньше, чем во вмещающих его породах, где эти изменения еще не фиксируются и начинают отмечаться лишь тогда, когда уголь в процессе регионального метаморфизма достигнет стадии графита.

В соответствии со сказанным представляется вполне правомочным употребление геологами-угольщиками термина «региональный метаморфизм углей», под которым понимается изменение углей (а также соответствующее изменение вмещающих пород), вызванное погружением их на глубину, в зону с отличными от нормальных термодинамическими условиями. Как правило, погружения захватывают значительные участки земной коры. При этом изменения углей и вмещающих пород распространяются на большие площади и в этом смысле региональны.

Конечно, нельзя признать удачным применение термина «региональный метаморфизм» к изменениям углей и метаморфических пород, происходящих в различных зонах земной коры с резко отличными термодинамическими условиями. Так, по классической схеме Грубенмана и Ниггли (1933), превращения углей происходят в верхней эпизоне, которая характеризуется глубинами 15—30 км, температурами 200—500° и давлениями 4000—9000 атм, тогда как типичные метаморфические изменения осадочных горных пород в основном связываются с мезо- и катазоной, в интервале глубин 25—50 км, с температурами 500—1200° и давлением выше 7000 атм. Указанные пределы температур метаморфизма Тернер (1951), критически обобщивший материалы по региональному метаморфизму, считает завышенными и, не соглашаясь с Ниггли, привии-

мающим температуру регионального метаморфизма 200° и меньше (для пород послекламенноугольного возраста в европейской альпийской области горообразования), считает удовлетворительными пределы температуры в различных регионах от 200 до 800° . В то же время известный исследователь углей Френсис (Francis, 1954) полагает, что для образования тощих углей необходима температура максимум $90-100^{\circ}$, воздействующая на угольное вещество в течение $0,6 \cdot 10^6$ лет; тем самым он придает значительную роль фактору времени.

Большинство исследователей сходится на том, что основные причины регионального метаморфизма — статические изменения при погружении на глубину, т. е. геотермический градиент, и изменения под действием нагрузок вышележащих толщ.

Иногда предпочтительная роль отдается одному из этих двух факторов. По-видимому, правильно говорить о комбинации обоих факторов, из которых первый играет решающую роль. В этом случае более правильным термином для обозначения подобных изменений углей мог бы служить термин «геотермический метаморфизм», который закрепил бы признание господствующей роли температуры при превращении угольного вещества.

В настоящее время в силу долголетней традиции и в СССР, и за рубежом региональные изменения химического состава углей принято называть региональным или глубинным метаморфизмом. Эта традиция в СССР связана с именами академика С. П. Степанова, А. А. Гапеева, Ю. А. Жемчужникова и многих других исследователей угольных бассейнов.

Конечно, не отрицаются и другие возможные факторы метаморфизма: региональный метасоматоз, дислокационный (динамический, кинетический) метаморфизм, метаморфизм при региональном развитии внедрений гранитной магмы и другие виды и комбинации факторов метаморфизма. Речь идет лишь об установлении основного, главенствующего фактора при изменении угольного вещества. Большой фактический материал, накопленный в настоящее время по метаморфизму многих угольных бассейнов, дает основание сохранить термин региональный или глубинный метаморфизм углей или ввести вместо него более удобный термин — геотермический метаморфизм, который отражает и генетическую суть причин происходящих превращений углей.

Региональные изменения углей подчиняются простой закономерности: с увеличением глубины погружения увеличивается степень их метаморфизма. Такая закономерность проявляется в большинстве угольных бассейнов СССР — Донецком, Кузнецком, Ленском, Кизеловском, Ферганском и многих других и отчасти нарушается в бассейнах, где широко проявилась магматическая деятельность (Тунгусский, Сучанский, ряд Уральских месторождений и др.). Магматическая деятельность в значительной степени зашифровала первоначальный региональный фон метаморфизма, существовавший в этих бассейнах до внедрения магмы.

Широкое проявление магматической деятельности позволило в ряде случаев трактовать контактовые изменения углей как региональные. Такая трактовка нашла свое отражение в работе И. И. Горского (1943) по Уралу и Н. Н. Урванцева (1954 г.) по Норильскому району.

Однако внимательное и всестороннее изучение контактового метаморфизма углей в Норильском районе (Мазор, 1960) дало возможность совершенно определенно говорить о локальности изменений углей под воздействием интрузивных и эффузивных траппов. Несмотря на широкое развитие траппового магматизма и соответствующие контактовые изменения углей, отчетливо выявляется общий региональный фон, существовавший до внедрения траппов и наблюдаемый ныне в ряде пунктов. Убедительный пример этого — существование в Норильском районе

месторождений, на которых угли сохранили свои спекающиеся свойства (месторождения горы Надежды, Имангды-Угольной), несмотря на наличие в близком соседстве мощных интрузивных дифференцированных трапповых тел, непосредственно на контакте с которыми угли превращены в графиты.

Кроме того, при более общем рассмотрении регионального метаморфизма углей в пределах Тунгусской синеклизы отчетливо выявляются вполне определенные закономерности независимо от проявлений интрузивного и эффузивного магматизма. Эти закономерности выражаются в постепенном увеличении степени метаморфизма углей в северо-западном направлении от юго-восточной окраины бассейна до Норильского района и с востока на запад (Обзорная карта..., 1956; Матвеев, 1960). Примечательно, что и на юго-восточной, и на восточной окраинах Тунгусского бассейна широко развит трапповый магматизм, который лишь затеняет, но не нарушает эти общие закономерности метаморфизма углей синеклизы.

Как известно, с увеличением глубины погружения геотермический градиент повышается. Прирост температуры на каждые 100 м углубления от зоны постоянной температуры — величина непостоянная и для различных участков земной коры изменяется неодинаково. Одним из основных факторов изменения геотермического градиента является близость магматического очага, т. е. расплавленной магмы. Геотермический градиент обычно в среднем принимается равным 3° на 100 м углубления, но может изменяться в широких пределах — от 20 до $0,7^{\circ}$ ¹. Нетрудно представить наличие в предтриасовое и триасовое время на Сибирской платформе чрезвычайно высокого геотермического градиента, связанного с существованием на незначительных глубинах огромной мощности очагов расплавленной магмы, создавших трапповую формацию платформы.

С чем связана столь свободная проницаемость для базальтовой магмы верхних частей земной коры на платформах, мы сейчас объяснить не беремся. Этот вопрос увел бы нас далеко от темы. Можно лишь сказать, что существуют мнения об отсутствии сиалической части коры, подстилающей собственно осадочный чехол платформы на территории Тунгусской синеклизы, и о соответствующем, относительно приподнятом положении границы Мохоровичича (Васильковский, 1963).

Во всяком случае для нас очевидно, что в период формирования трапповой формации уровень стояния верхних горизонтов магмы был очень высок и максимально приближен к поверхности Земли. Начало этого периода мы относим к катскому времени среднекаменноугольного этапа.

На р. Курейке в нижней части катской свиты нами обнаружены прослой туфогенных пород — туфопесчаников. Такие же прослой туфопесчаников наблюдались в отложениях катской свиты на р. Фокиной близ устья р. Серебряной. Наличие этих прослоев свидетельствует о начавшихся процессах магматизма на Сибирской платформе; следовательно, можно считать, что уже к началу накопления угленосных отложений тунгусской серии (средний карбон) геотермический градиент этой территории был необычно высоким.

Следует заметить, что в случае нормального проявления регионального метаморфизма прогибающиеся части бассейна осадконакопления приближаются к очагам магмы Земли; на Сибирской же платформе этот очаг сам был приближен к накапливающимся угленосным отложениям. Смысл, вкладываемый нами в понятие региональный метаморфизм, принципиально от этого не изменяется. Но это положение существенно влияет на ряд моментов. Следует отметить, во-первых, очень значитель-

¹ Пока еще остается неясной и не затрагиваемой до сих пор геологами-угольщиками роль гидротерм как теплоносителей, способствующих значительному перераспределению тепла по разрезу и на площади.

ное повышение геотермического режима рассматриваемой площади, выразившееся в высоком метаморфизме слагающих его пород, во-вторых, отсутствие необходимости опускания этой территории на какие-то многокилометровые гипотетические глубины с господством физико-химических условий, необходимых для наблюдаемых ныне степеней метаморфизма углей и пород.

Оптимальные мощности тунгусской угленосной серии (1000—1200 м) и туфогенно-лавового комплекса (1200—1500 м) не могут объяснить повышенного регионального фона метаморфизма. Наличие последнего было отмечено нами в Норильском районе при сравнении метаморфического градиента (градиент изменения выхода летучих веществ на 100 м мощности разреза) его месторождений с данными по другим бассейнам.

Еще ранее, в 1951 г., Р. А. Венер отмечал, что угли Норильских месторождений, аналогичные по марочному составу одновозрастным углям Кузнецкого и Печорского бассейнов, отличаются от них внешним видом и рядом химических особенностей (сильное обеднение битуминозными компонентами, богатыми водородом, образование свободного водорода и т. д.). Эти отличия и повсеместное распространение интрузивных траппов, создавших широкую сеть контактовых изменений, дали основания Н. Н. Урванцеву (1954 г.) для выделения «регионального термометаморфизма», т. е. метаморфизма под воздействием в основном внедрившихся интрузивных и отчасти эффузивных траппов. Но уже тогда Урванцев указывал на наличие неглубоко залегавших магматических очагов.

Усиление степени метаморфизма углей в Норильском районе с востока на запад Урванцев все же объясняет увеличением в этом направлении количества интрузивных трапповых тел, совершенно не учитывая тектонического строения района. Между тем анализ последнего в свете высказанных представлений о высоком уровне стояния магмы, по нашему мнению, позволяет однозначно решать этот вопрос.

Многочисленные полевые исследования показали, что интрузивная и эффузивная деятельность в крайней восточной части Норильского района протекала не менее интенсивно, чем в западной, и поэтому не могла послужить причиной резкой разницы в степени метаморфизма пород этих частей. Западная часть района испытала большее погружение (Мазор, 1958; Сливко, 1961) и оказалась соответственно сильнее регионально метаморфизованной, чем восточная. При этом высокий уровень стояния магмы обусловил наблюдаемые ныне химические особенности норильских углей и повышенную степень их метаморфизма, проявившиеся, по мнению В. М. Сливко (1961), еще до перекрытия угленосных отложений туфогенно-лавовой толщей.

Мы не можем здесь затрагивать вопросы превращения угольного вещества вообще. Отметим только, что одних биохимических факторов, по нашему мнению, совершенно недостаточно для осуществления процессов метаморфизма, которые начинаются лишь после перекрытия угленосных осадков и попадания их в область термодинамических условий, отличных от нормальных.

Таким образом, в случае нормального проявления регионального метаморфизма угли Норильского района до перекрытия угленосных осадков должны были бы находиться на стадии не выше бурогоугольной, а после перекрытия их туфогенно-лавовой толщей — измениться не очень значительно, возможно — до стадии каменных, но не высокометаморфизованных вследствие сравнительно небольшой мощности последней (2000 м) и соответственно небольшой глубины погружения угленосных отложений.

Внедрения интрузивных траппов также не изменили бы невысокий региональный фон метаморфизма, а создали бы только отдельные

локальные участки повышенного метаморфизма. Несомненно, региональный фон повышенного метаморфизма был обеспечен высоким уровнем стояния магмы уже к моменту накопления угленосных осадков тунгусской серии. Благодаря этому еще до перекрытия туфогенно-лавовой толщей угли могли быть доведены до стадии длиннопламенных в восточной части района и до стадии жирных или паровичноспекающихся на западе с последующим увеличением степени метаморфизма до современной по мере погружения угленосных отложений.

Последовавшие после излияния лав интрузивные внедрения силлов и даек долеритов создали широкую сеть локальных контактовых изменений, в отдельных случаях приведших к образованию конечных продуктов метаморфизма углей — графитам.

Исходя из общих положений, изложенных выше, а также из представлений о тектоническом строении бассейна р. Курейки, можно попытаться наметить направление изменений степеней регионального метаморфизма углей и пород этого района. Основные представления о тектонике этого района сводятся к следующему.

Исследованная часть бассейна р. Курейки — поле распространения угленосных отложений тунгусской серии, туфогенной и части лавовой толщ — располагается в пределах западной окраины Тунгусской синеклизы, выделенной Н. С. Шатским (1932). Позднее П. Е. Оффман (1956) разделил эту синеклизу на ряд структурных форм разного порядка. В частности, между Туруханско-Игарскими поднятиями и Анабарским выступом им выделена Курейская синеклиза, представляющая, по его мнению, унаследованную с начала палеозоя структуру, развивающуюся затем в девоне, карбоне, перми и триасе.

Имеющийся в нашем распоряжении фактический материал по бассейну р. Курейки и северо-западной части платформы и ее обрамления позволяет наметить общую картину тектонического строения изученной территории в верхнем палеозое.

Для верхнего палеозоя прежде всего характерна резкая смена условий накопления осадков — морских на континентальные угленосные. Смена условий происходила сравнительно постепенно, в вертикальном разрезе через лагунные отложения без малейших следов углового и в большей части района стратиграфического несогласия.

Отсутствие следов видимого углового несогласия между отложениями нижнего карбона и угленосными осадками среднего карбона — верхней перми, согласное залегание отложений нижнего карбона на породах девона, а также присутствие верхнепалеозойских отложений на левобережье р. Енисея дают основание считать, что распространение угленосных осадков тунгусской серии в верхнем палеозое не ограничивалось их современной границей, а захватывало значительно большую площадь на западе. Эта некогда единая область накопления верхнепалеозойских осадков названа нами Палеокурейской синеклизой.

Максимум прогибания синеклизы приходился на бассейны рек Курейки и Нижней Тунгуски в поле современного распространения вскрытой части угленосных отложений. К западу от р. Енисея, вероятно, происходило общее воздымание дна бассейна накопления угленосных континентальных осадков тунгусской серии.

Таким образом, рисуемый ранее Нижнетунгусский прогиб близмеридионального простирания (Солоненко, 1954) фактически представлял собой наиболее погруженную в верхнем палеозое часть синеклизы. Западная граница этой Палеокурейской синеклизы, распространявшаяся на левый берег р. Енисея, неизвестна. Не совсем ясным представляется положение восточной границы максимального погружения: начиналось ли за полем современного распространения угленосных отложений постепенное общее воздымание борта Курейской синеклизы к ее восточной окраине либо погружение захватывало несколько большую площадь?

По Н. С. Зайцеву (1954), верхнепалеозойский прогиб, располагавшийся вдоль западного края Тунгусской синеклизы, восточнее сменяется областью поднятия.

Сравнительно небольшая мощность накопившихся угленосных отложений (максимальная 1000—1200 м) за довольно длительный срок осадконакопления — от среднего карбона до верхней перми включительно (58—67 млн. лет) свидетельствует о стабильности тектонического режима в этот период и незначительном преимуществе отрицательных движений, изредка сменявшихся очень небольшими по амплитуде движениями обратного знака с образованием внутрiformационных размывов, с горизонтами грубозернистых песчаников и конгломератов (Норильский район). Палеозойские отложения перекрыты лавовыми покровами, общая мощность которых достигает 2000—2500 м.

Чрезвычайно важным этапом развития исследуемой территории явились позднегерцинские движения, в результате которых палеозойские и подстилающие их синийские отложения совместно с породами эффузивного комплекса оказались смятыми в складки. При этом особенно интенсивно позднегерцинские движения проявились в зоне Северо-Енисейской краевой «борозды», по обновленным разломам которой на дневную поверхность были выведены породы синия и нижнего палеозоя¹.

Амплитуда подъема «борозды» с запада на восток уменьшалась, в результате чего поверхность приподнятой части оказалась как бы наклоненной к востоку, по-видимому, по серии ступенчатых сбросов, в соответствии с чем в этом направлении последовательно обнажились породы от синийских до эффузивных.

В подъем «бороздовой» структуры была вовлечена (и выведена на поверхность) примыкавшая к ней часть байкалид. Остальная часть пограничивающим ее разломам была резко опущена и впоследствии перекрыта молодым мезо-кайнозойским чехлом. Именно в это время прекратила существование Палеокурейская синеклиза и произошло оформление Курейской синеклизы в современных ее границах.

Большая тектоническая напряженность западной части краевой «борозды» привела к образованию здесь гребневидных складок. По мере уменьшения напряженности в восточном направлении появлялись простые антиклинальные складки и брахиформенные структуры.

Герцинскими движениями была охвачена и часть территории левобережья р. Енисея. Этими движениями переработан ряд структур байкальского возраста: Большой Сухотунгусинский купол, Кочковатовская гребневидная антиклиналь и другие, а также смяты в складки палеозойские отложения, развитые к западу от р. Енисея, где вскрываются дислоцированные палеозойские и триасовые породы, перекрытые с угловым несогласием полого залегающими породами юры и мела (район Усть-Порта, р. Малой Хеты).

Эти же движения охватили западную часть Курейской синеклизы, где ими сформирован ряд крупных структурных форм, в строении которых участвуют породы туфогенно-лавовой толщи (Тымеро-Тутончанский вал).

В послегерцинское время Северо-Енисейская краевая «бороздовая» структура продолжала оставаться орографически приподнятой и лишенной более молодых осадков. В. И. Степановым и др. (1959) она была

¹ Северо-Енисейской краевой бороздой нами названа структура, расположенная между Курейской синеклизой и Байкальской складчатой областью. В современном тектоническом плане эта структура разделяет две разновозрастные платформы — древнюю Сибирскую с досинийским складчатым основанием и эпипалеозойскую (Западно-Сибирская плнта). Структуры такого рода были впервые выделены Е. Д. Сулиди-Кондратьевым и В. В. Козловым (1963 г.) на примере обрамления ряда древних платформ.

удачно названа зоной Приенисейских поднятий. Снос материала с этой зоны поднятий происходил в восточном направлении, причем, в пределах поднятия отдельные участки оставались относительно погруженными, благодаря чему угленосные отложения и перекрывающие их лавы сохранились в Норильской мульде. Таким образом, оформление западного борта Тунгусской синеклизы в современных ее границах произошло в позднегерцинское время.

Из всего сказанного о верхнепалеозойской тектонике и развитых представлениях о Палеокурейской синеклизе становятся понятными закономерности регионального метаморфизма, наблюдаемые в настоящее время в западной части Курейской синеклизы. Кроме того, становится возможным прогноз изменения степени метаморфизма на территории этого района.

Наиболее погруженной части Палеокурейской синеклизы соответствуют сильно метаморфизованные угли — антрациты и полуантрациты, обнажающиеся ныне полосой на правом берегу Енисея. К востоку от этой полосы в связи с пологим воздыманием борта синеклизы степень метаморфизма углей уменьшается вплоть до бурых на восточной окраине синеклизы. Ранее же считалось, что в восточном направлении от р. Енисея вследствие погружения дна синеклизы степень метаморфизма углей должна повышаться, что противоречило таким, например, фактам, как нахождение на западном склоне плато Сыверма на Имангдинском каменноугольном месторождении коксовых и жирных углей, в то время как западнее последовательно располагались зоны с углями более высокой степени метаморфизма, вплоть до антрацитов.

ЛИТЕРАТУРА

- Горский И. И. Геологические факторы метаморфизма углей Урала и возможное распространение углей различных марок.— Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1943.
- Грубенман У., Ниггли П. Метаморфизм горных пород. Геолразведиздат, 1933.
- Жемчужников Ю. А., Гинзбург А. И. Основы петрологии углей. Изд-во АН СССР, 1960.
- Зайцев Н. С. О тектонике южной части Сибирской платформы.— «Вопросы геологии Азии», т. I. Изд-во АН СССР, 1954.
- Мазор Ю. Р. О метаморфизме углей Норильского района.— Изв. высш. учебн. завед. Геол. и разв., № 4, 1958.
- Мазор Ю. Р. Изменение углей Норильского района под влиянием траппов.— Материалы по геол. Красноярск. края. Госгеолтехиздат, 1960.
- Матвеев А. К. Геология угольных месторождений СССР. Госгортехиздат, 1960.
- Обзорная карта прогноза углей СССР. Изд-во АН СССР, 1956.
- Оффман П. Е. О строении центральной части Сибирской платформы.— Изв. АН СССР, серия геол., № 11, 1956.
- Сливко В. М. Тектоническое развитие и условия образования угленосной серии в Норильском районе. Автореф. дисс. М., 1961.
- Солоненко В. П. Геология графитоносной толщи Нижнетунгусского прогиба.— Труды Вост.-Сиб. фил. АН СССР, серия геол., вып. 1, 1954.
- Тернер Ф. Д. Эволюция метаморфических пород. ИЛ, 1951.
- Шатский Н. С. Основные черты тектоники Сибирской платформы.— Бюлл. МОИП, отд. геол., т. X, вып. 3—4, 1932.
- Vocke H. E., a. Eitel W. Grundlagen der physikalisch — chemischen Petrographie. 2. Aufl., Borntrager, Berlin, 1923.
- Francis W. Coal. Its formation and composition. London, 1954.
- Heck E. T. Regional metamorphism of coal South-eastern West Virginia.— Amer. Assoc. Petroleum Geol., Bull., v. 27, № 9, 1943.
- Reeves F. The carbon-ratio theory.— Amer. Assoc. Petroleum Geol., Bull., № 12, 1928.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, УГЛЕННОСТЬ И КАЧЕСТВО УГЛЕЙ ЮЖНОЙ ОКРАИНЫ ТУНГУССКОГО БАССЕЙНА

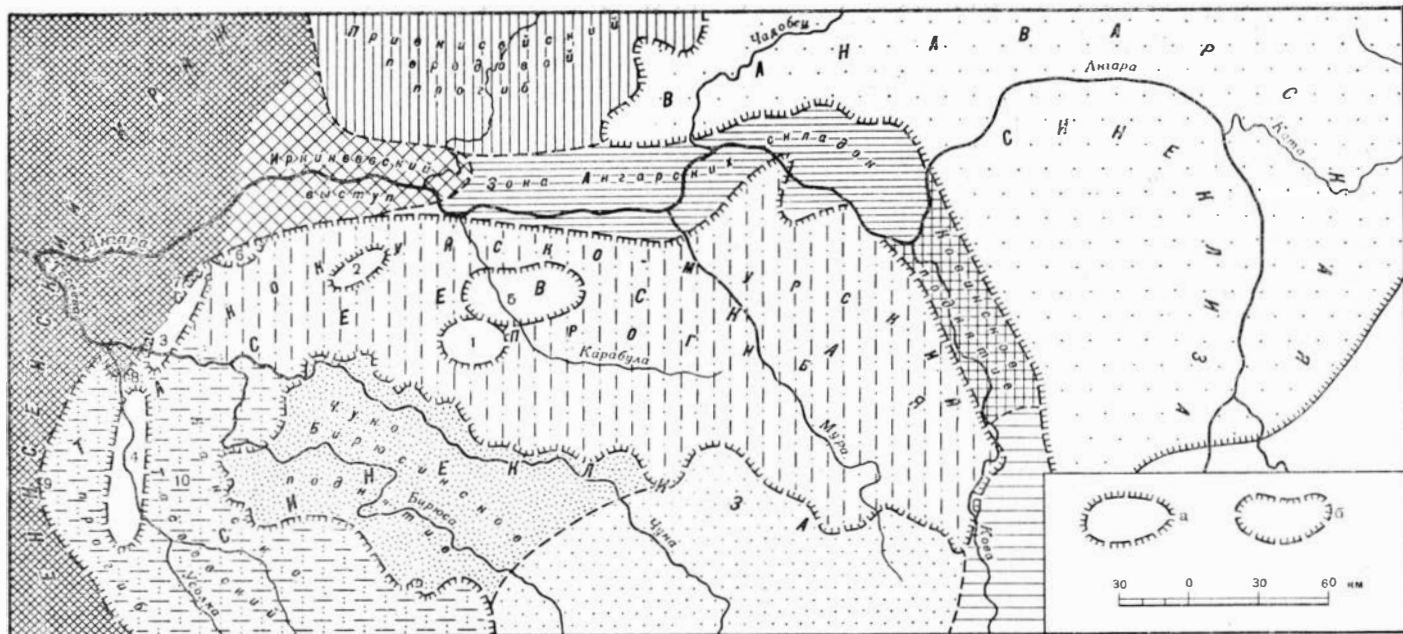
К южной окраине Тунгусского угленосного бассейна относится площадь распространения угленосных отложений пермо-карбона южнее 60-й параллели, охватывающая в основном бассейн р. Ангары и ее притоков (фиг. 1). В пределах этой окраины бассейна и в прилегающих районах сосредоточены крупные запасы руд цветных и черных металлов, нерудного и горно-химического сырья, промышленное освоение которых потребует значительных запасов коксующихся и энергетических каменных углей. По данным Центрпрошахта, потребность промышленных предприятий района только в энергетических углях, по предварительным расчетам, к 1980 г. значительно возрастет.

В пределах описанного района в настоящее время имеется одно разведанное месторождение (Кокуйское) с запасами каменных углей, пригодных для разработки открытым способом.

Красноярским геологическим управлением начаты работы по выявлению геологического строения и оценке перспектив угленосности южной окраины Тунгусского бассейна в связи с проблемой поисков коксующихся углей и по выявлению участков энергетических углей, пригодных для разработки открытым способом. Эти работы являются частью общих исследований по выявлению закономерностей распространения и условий образования углей различного качества в Тунгусском бассейне. Ниже приведены основные данные по геологическому строению, угленосности и качеству углей южной окраины бассейна и намечены задачи дальнейших геологических исследований в этом районе.

В тектоническом отношении южная окраина бассейна приурочена к юго-западной части Сибирской платформы. В пределах ее устанавливаются две основные структуры, в строении которых принимают участие угленосные отложения: Тасеевская синеклиза и юго-западное крыло Ванаварской синеклизы, разделенные очень пологим Ковинским поднятием (фиг. 2). Здесь рассматриваются в основном особенности геологического строения Тасеевской синеклизы, в которой угленосные отложения выполняют Кокуйско-Мурский и Канско-Тасеевский прогибы.

Кокуйско-Мурский прогиб, имеющий субширотное простирание, с севера ограничен Енисейским кряжем и зоной Ангарских складок, с юга — Чуно-Бирюсинским поднятием. Северный борт прогиба круче южного. В его северо-западной части, примыкающей к Енисейскому кряжу, углы падения угленосных отложений достигают 70° (Кокуйское месторождение, реки Пай и Аладьина), а восточнее, на южном крыле зоны



Фиг. 2. Тектоническая схема южной окранны Тунгусского бассейна

а — антиклинальные структуры: 1 — Кунцетское поднятие, 2 — Манзинское поднятие, 3 — Кокуйский вал, 4 — Троицко-Михайловский вал; б — синклинальные структуры: 5 — Карабульская впадина, 6 — Червяковская синклиналь, 7 — Кокуйская синклиналь, 8 — Боярская синклиналь, 9 — Ялайская впадина, 10 — Чемурайская впадина

Ангарских складок, около 20°. В зоне сочленения южного борта прогиба с Чуно-Бирюсинским поднятием углы падения продуктивных отложений не превышают 10—15°.

Кокуйско-Мурский прогиб осложнен рядом структур второго порядка — впадин и разделяющих их поднятий. По геологическим и геофизическим данным в его пределах установлены следующие впадины: Кокуйская (7)¹, Червяковская (6) и Карабульская (5).

Мощность угленосных отложений в наиболее изученной Кокуйской синклинали 960 м; в Карабульской впадине, по данным Н. А. Чудакова, их мощность может достигать 1000 м; в Червяковской, по результатам электропрофилирования, она значительно превышает 450 м (полная мощность не определена из-за малой ширины разносов АВ).

К положительным структурам в пределах прогиба относится предполагаемое Кунчетское поднятие, расположенное в среднем течении р. Карабулы (1). Здесь в юрских отложениях встречены многочисленные неокатанные обломки пород удерейской свиты синия. Западнее, в среднем течении р. Маньзи, встречены пермские конгломераты с галькой и обломками кварцитов, сланцев и кислых изверженных пород. Присутствие крупных обломков этих пород и их локальное распространение свидетельствуют, по мнению геологов ВАГТ (В. Л. Фишер, В. С. Скудин), о наличии в этом районе Маньзинского поднятия (2), свод которого сложен архейскими или протерозойскими образованиями. По данным аэромагнитной съемки 1947 г. (А. Т. Майборода), в этом же районе на фоне общего магнитного поля четко выделяется участок положительной аномалии северо-северо-восточного простирания.

Восточнее Кокуйского месторождения, по данным комплексных магнито- и электроразведочных работ 1949—1950 гг., также имеется ряд пологих валообразных поднятий северо-восточного простирания. Указанные поднятия и впадины в свою очередь осложняются более мелкими антиклинальными и синклинальными складками.

Западная часть Тасеевской синеклизы — Канско-Тасеевский прогиб, представляющий некоторый интерес в отношении поисков нефти и газа, изучен более детально. В его строении выделяются (по М. А. Жаркову): Ялайская впадина (9), Троицко-Михайловский вал (4), в своде которого обнажаются породы нижнего палеозоя, и Чемурайская впадина (10).

Ялайская впадина имеет крутое западное и пологое восточное крыло и характеризуется значительной мощностью верхнепалеозойских угленосных отложений. В ее южной части (дер. Усть-Данилки, Корсаково, Симохино), по данным электроразведки, мощность угленосных отложений верхнего палеозоя может достигать 1000—1200 м.

В пределах Чемурайской впадины мощность угленосных отложений в направлении с севера на юг уменьшается от 500 м (Тасеевское месторождение) до 50 м (район г. Канска).

Угленосные отложения, выполняющие юго-западную часть Ванаварской синеклизы, имеют пологое падение в северо-восточном направлении от Ковинского поднятия к центру синеклизы. В центральной части юго-западного крыла синеклизы они перекрываются туфогенными триасовыми и континентальными юрскими отложениями. Местами угленосные отложения смяты в небольшие антиклинальные складки, что устанавливается по выходам пород верхнего палеозоя среди туфов нижнего триаса.

Комплекс угленосных отложений, участвующий в геологическом строении Тасеевской синеклизы, представлен следующими свитами: тушамской (верхнетушамской подсвитой С₂), листовяжнинской (С₂₊₃), клинтайгинской (Р₁¹) и рыжковской (Р₁²). Достоверных данных о распространении верхнепермских отложений пока нет; предполагается, что они могут быть вскрыты в пределах Кокуйско-Мурского прогиба. Здесь,

¹ В скобках указаны номера этих структур на тектонической схеме района (фиг. 2).

в долине р. Муры, были обнаружены породы, содержащие отпечатки *Pecopteris anthriscifolia* Goerr. и *Noeggerathiopsis aequalis* (Goerr.) Z a l., которые в бассейне р. Нижней Тунгуски характерны для пеляткинской свиты верхней перми. Кроме того, в ряде пунктов (бассейн верхнего течения р. Маньзи, нижнего течения р. Карабулы и др.) угленосные отложения содержат верхнепермские спорово-пыльцевые комплексы.

Как указывалось, наиболее полный разрез угленосных отложений в описываемом районе мощностью до 960 м вскрыт на Кокуйском месторождении, схема стратиграфического расчленения которого, по данным Н. П. Ильюхиной (1959 г.) и Г. П. Радченко (1960 г.), приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Схема стратиграфического расчленения Кокуйского месторождения

Свита	Мощность, м	Подсвита	Мощность, м
Рыжковская (P ₁ ²)	250—470	Верхнерыжковская	75—225
	355*		155
Клинтайгинская (P ₁ ¹)	125—200	—	175—245
	150		200
Листвяжнинская (C ₂₊₃)	215—240	—	—
	225		
Тушамская (C ₂)	До 50 м	Верхнетушамская	0—50
			30

* Среднее значение.

Стратиграфический разрез угленосных отложений Кокуйского месторождения, достаточно полно охарактеризованный палеоботаническими, литологическими и, в меньшей мере, палеонтологическими данными, может служить стратотипом для верхней части каменноугольных и нижней части пермских угленосных отложений всей западной части южной окраины Тунгусского бассейна.

В остальных районах Тасеевской синеклизы вскрыты лишь те или другие части разреза незначительной мощности; приуроченность их к определенному стратиграфическому горизонту в ряде случаев точно не установлена или требует проверки. На фиг. 3 показана схема сопоставления вскрытых разрезов угленосных отложений различных районов с разрезом Кокуйского месторождения.

Проведенные исследования (ИГУ, ВСЕГЕИ) в Илимско-Катском районе (Ванаварская синеклиза) показывают, что здесь каменноугольные и нижнепермские образования представлены стратиграфически полнее, чем в западной части Тасеевской синеклизы. Следует, однако, иметь в виду, что западная часть синеклизы изучена относительно слабее восточной ее части.

Угленосные отложения залегают на различных горизонтах среднего и нижнего палеозоя. Возраст подстилающих отложений на рассматриваемой площади изменяется в направлении с запада на восток от нижнего кембрия до силура. Перекрываются угленосные отложения туфогенными образованиями нижнего триаса, осадками юры, мела, третичными и четвертичными.

В пределах южной окраины бассейна выявлено до 120 отдельных месторождений, выходов пластов и точек с углепроявлениями. Однако ввиду крайне низкого состояния геологической изученности этой части

бассейна и отсутствия достоверной увязки вскрытых разрезов не представляется возможным дать объективную характеристику угленосности отложений в разрезе и на площади по всем выделенным стратиграфическим подразделениям. Поэтому нами приводится краткая характеристика угленосности основного разреза (Кокуйское месторождение) и некоторые сведения об угленосности других разрезов, сопоставляемых с той или иной степенью достоверности с основным.

Нижняя часть разреза угленосных отложений Кокуйского месторождения — тушамская свита (верхнетушамская подсвита) мощностью до 50 м практически неугленосна. Лишь в самой верхней ее части появляются невыдержанные маломощные пропластки угля. Неугленосна она и на всей остальной площади южной окраины, хотя мощность ее в восточном направлении возрастает до 150 м.

Листвяжнинская свита (C_{2+3}) на Кокуйском месторождении имеет мощность до 240 м и содержит до 16 пластов и прослоев угля общей мощностью 9,35 м. Коэффициент общей угленосности свиты 4,15%, рабочей — 1,51%.

К югу от Кокуйского месторождения (в пределах Чемурайской впадины) угленасыщенность свиты значительно понижается: сокращается количество пластов, мощность отдельных пластов не превышает 2,0 м, суммарная мощность редко достигает 3,0 м. Уменьшение угленасыщенности разреза свиты отмечается и в восточном направлении от месторождения.

Клинтайгинской свите (P_1^1) мощностью до 200 м на Кокуйском месторождении подчинено до 15 пластов и прослоев угля общей суммарной мощностью 11,2 м. Коэффициент общей угленосности равен 7,4%, рабочей — 4,27%.

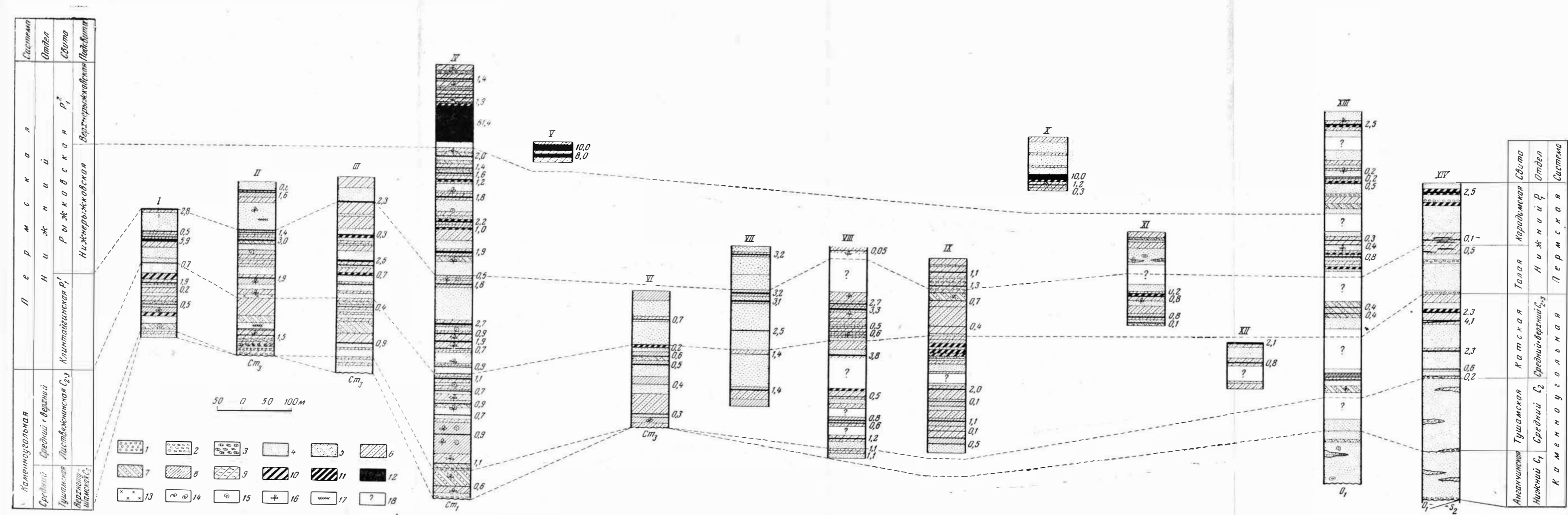
Клинтайгинская свита также характеризуется уменьшением степени угленасыщенности в южном и восточном направлениях от Кокуйского месторождения.

Рыжковская свита (P_1^2), мощность которой на Кокуйском месторождении достигает 470 м, отличается повышенной угленасыщенностью. Здесь в составе свиты содержится 44 пласта и прослоя угля общей мощностью 94,3 м. Один из пластов достигает мощности 73,8 м (средняя мощность 61,4 м). Коэффициент общей угленосности 26,5%, рабочей — 21,9%.

В остальных районах южной окраины бассейна известны лишь небольшие части разрезов свиты незначительной мощности, но и в этих случаях с ними связаны наиболее мощные пласты угля.

Как отмечено, отсутствие полных данных об угленосности разрезов отдельных районов не позволяет в настоящее время говорить о закономерностях ее изменения в целом для южной части бассейна. Можно лишь отметить некоторые наиболее общие черты в распределении угленасыщенности продуктивных отложений в разрезе и на площади. Так, намечается общее увеличение угленасыщенности продуктивных отложений от карбона к перми, а также увеличение угленосности снизу вверх в разрезе отдельных свит. Устанавливается закономерное увеличение в разрезе снизу вверх мощности угольных пластов. Суммарная мощность угольной массы для отдельных пластов листвяжнинской свиты в редких случаях достигает 3,0 м. Мощность угольных пластов 3,0 м для клинтайгинской свиты уже не редкость, тогда как в рыжковской свите она достигает 10 м и более (до 73,8 м). Вместе с увеличением мощностей пластов угля вверх по разрезу расширяется и их площадное распространение.

Наблюдается некоторое уменьшение угленосности к югу и востоку от Кокуйского месторождения. Но вывод этот основывается лишь на данных неполностью вскрытых разрезов угленосной толщи, а как отмечалось выше, в пределах Тасеевской синеклизы в указанных направлениях мо-



Фиг. 3. Схема сопоставления вскрытых разрезов угленосных отложений южной окраины Тунгусского бассейна

1 — брекчии кремнистые, 2 — конгломераты, 3 — кремнисто-хальцедоновые породы, 4 — песчаники мелко-, средне- и крупнозернистые, 5 — переслаивание песчаников с алевролитами, 6 — алевродиты, 7 — переслаивание алевролитов с аргиллитами, 8 — аргиллиты, 9 — песчано-глинистые породы типа флинтклей, 10 — алевродиты углистые, 11 — аргиллиты углистые, 12 — уголь, 13 — каолинизированные породы, 14 — конкреции, 15 — фауна, 16 — флора, 17 — растительный детрит, 18 — нескрытые части разреза.

Месторождения: I — Нижнее течение р. Усойки (Н. П. Жуйко, 1950 г.); II — Нижнетасеевское (Н. В. Фудченко, 1961 г.); III — Тасеевское (М. И. Андреев, 1952 г.); IV — Кокуйское

(Н. И. Серезкин, 1960 г.; Н. П. Ильюхина, 1960 г.); V — р. Червякова (В. Г. Пудовкин, 1960 г.); VI — бассейн р. Аладьиной, р. Лучик (В. Г. Пудовкин, 1960 г.); VII — бассейн р. Аладьиной, средний участок (Н. А. Чудаков, 1958 г.); VIII — нижнее течение р. Пинчуги (Н. В. Фудченко, 1961 г.); IX — нижнее течение р. Карабулы (Н. А. Чудаков, 1960 г.); X — Гавриловское, среднее течение р. Карабулы (Н. А. Чудаков, 1960 г.); XI — бассейн р. Муры (Н. П. Ильюхина, 1959 г.; А. А. Томилов, 1960 г.); XII — Костинское, бассейн р. Ковы (Л. А. Томилов, 1961 г.); XIII — среднее течение р. Ангары, р. Карадима — Аплинский порог (Н. П. Ильюхина, 1960 г.); А. А. Томилов, 1961 г.); XIV — Иллимо-Катский район (П. А. Пекарец, 1960 г.)

гут быть вскрыты разрезы угленосных отложений мощностью до 1000—1200 м.

В основных структурно-тектонических впадинах, где проводилось изучение угленосных отложений, выявлены наиболее мощные пласты угля: в Кокуйской впадине вскрыт пласт средней мощностью 61,4 м, в Червяковской — 20,5 м, в Карабульской — до 10 м. Вполне вероятно, что и в остальных впадинах при проведении буровых работ могут быть вскрыты пласты угля мощностью 10 м и более. Это повышает перспективность района в отношении выявления месторождений, пригодных для разработки углей открытым способом.

В настоящее время такие участки подготовлены на Кокуйском месторождении по пласту Мощному. Особого внимания в этом отношении заслуживает бассейн р. Карабулы, через который пройдет строящаяся железнодорожная линия Решеты — Богучаны и где уже в настоящее время известны пласты угля мощностью до 10 м.

Накопление осадков угленосной толщи происходило в различных условиях: от прибрежnomорских до типично континентальных. Изучение палеогеографических условий осадко- и угленакопления показало, что с фациями прибрежnomорских (?) увлажненных болот в районе Кокуйского месторождения связано формирование угольных пластов (пласт № 2) с относительно благоприятным петрографическим составом (нижняя часть разреза угленосных отложений).

По предварительным данным (В. М. Никольский, 1959), морской залив в листовяжнинское время достигал бассейна р. Ковы, что не исключает возможности нахождения к востоку от Кокуйского месторождения (в пределах Тасеевской синеклизы) углей с аналогичным или еще более благоприятным составом.

Угли южной окраины бассейна отличаются значительным разнообразием по петрографическому составу и степени метаморфизма (от Б до А). Здесь встречены почти все типы и разновидности ископаемых углей. Основные выделенные типы, по данным В. И. Быкадоровой, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Типы и макроструктура углей

Группа	Класс	Тип угля (с учетом внешних признаков и петрографического состава)	Разновидность по макроструктуре
Гумолиты	Гелитолиты	Блестящий кларен споровый, спорово-кутикуловый и смешанного состава	Однородная неясно полосчатая, штриховатая
	Фюзонолиты	Блестящий и полублестящий дюрено-кларен, спорово-кутикуловый и смешанного состава	Однородная штриховая, полосчатая
		Полублестящий и полуматовый кларено-дюрен, спорово-кутикуловый и смешанного состава	То же
	Липоидолиты	Полуматовый и матовый дюрен споровый, кутикуловый, спорово-кутикуловый, смешанного состава	» »
Сапрогумолиты		Полуматовый и матовый сапропелево-гумусовый	»

Угли классов гелитолитов и фюзонолитов распространены повсеместно. Среди них преобладают полуматовые и полублестящие кларено-дюрены и дюрено-кларены, а также матовые дюрены. Угли класса липоидолитов встречаются редко. Чаще всего это маломощные прослои в пластах, реже — целые пласты мощностью обычно не более 0,4 м. Такие угли встречены на Кокуйском (1), Тасеевском (3), Бидейском (27) и других месторождениях.

Также редко встречаются сапропелево-гумусовые угли, известные только на Кокуйском (1), Тасеевском (3) и Иркиннеевском (19) месторождениях. Примесь сапропелевого материала отмечается в углях Пайского месторождения, по руч. Лучик (15) и некоторых других.

На фиг. 4 показано петрографическое строение некоторых угольных пластов наиболее изученных месторождений. К особенностям петрографического состава описываемых углей следует отнести следующие:

1) повышенное содержание компонентов группы фюзена, достигающее нередко 20—40%, иногда и выше;

2) признаки первичного окисления витринизированного вещества, о чем свидетельствует часто наблюдаемая его неоднородность;

3) для некоторых угольных пластов по рекам Чадобец (24), Тасеевой (2), Муре (26), Моктыгино (17), Усолке (7, 8) и другим отмечается повышенная минерализация (содержание минеральных примесей достигает 30—40%).

Данные химических анализов также свидетельствуют о большом разнообразии углей описываемого района.

Однако химические анализы, выполненные по пробам из неглубоких горных выработок, не всегда полноценны из-за некоторой окисленности угля, что в ряде случаев не позволяет дать достоверную оценку их качества.

Содержание влаги (W^a) колеблется от 1 до 17%. Содержание золы (A^c) изменяется в широких пределах — от 6 до 40%. Угли большинства пластов ряда месторождений (Кокуйского (1), Тасеевского (3), Бидейского (27), Ирбинского (25) и др. малозольные (A^c в среднем 6—12%), основная же масса углей месторождений Моктыгинского (17), Среднего (16), по р. Лучик (15) и других средне- и высокозольные, с содержанием золы от 15 до 40%.

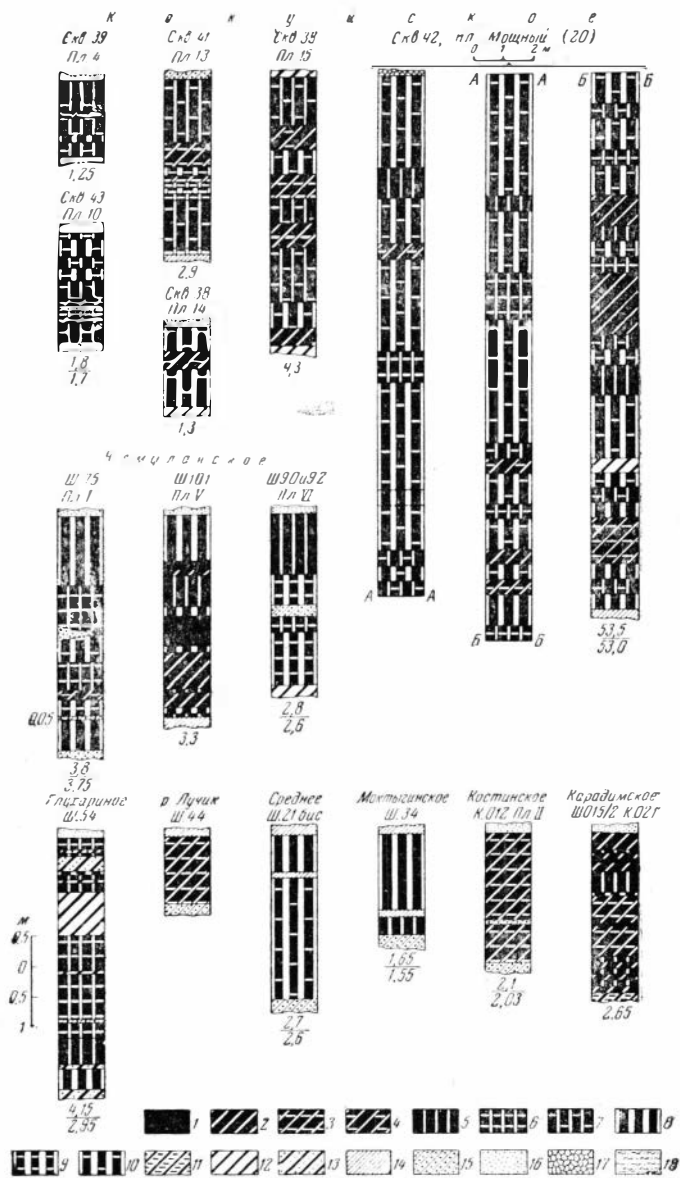
Выход летучих веществ (V^c) изменяется также в широких пределах — от 4,3 до 61%, что объясняется, с одной стороны, различной степенью их метаморфизма, с другой — различным петрографическим составом (повышенное содержание липонидных компонентов и отчасти карбонатных минеральных примесей). В основном же выход летучих веществ составляет 28—43%.

Содержание углерода (C^r) колеблется от 60,0 (месторождение р. Лучик) до 91,0% (Кокуйское месторождение).

Теплота сгорания (Q_6^1) в основном изменяется от 5800 до 8600 ккал/кг, что в связи с малой сернистостью (от 0,2 до 1,0%) и низкой фосфористостью (от 0,005 до 0,049%) позволяет считать угли южной окраины бассейна достаточно ценным энергетическим топливом. При сухой перегонке из этих углей получен незначительный выход смолы (от следов до 7,0%). Исключение составляют уголь пласта 2 Кокуйского месторождения (1) и одного пласта Тасеевского месторождения (3), выход смолы по которым составил соответственно 11—17 и 23,0%. Это объясняется своеобразием их петрографического состава, связанным с повышенным содержанием липонидных компонентов (до 20%).

Одним из наиболее важных и наиболее трудных вопросов изучения углей южной окраины бассейна является выяснение их коксуетности. Решение этой задачи значительно усугубляется слабой геологической изученностью этой части бассейна, отсутствием полных разрезов угленосных отложений, а также представительных угольных проб для большей части территории [кроме Кокуйского месторождения (1)].

Общезвестно, что коксуетность углей определяется в основном двумя наиболее важными параметрами: их петрографическим составом и степенью метаморфизма. Как отмечено выше, большинство из числа изученных пластов угля обладает неудовлетворительным петрографическим составом с точки зрения возможности их спекания, характеризуется по-



Фиг. 4. Петрографическое строение некоторых пластов основных месторождений южной окраины Тунгусского бассейна

1 — уголь блестящий однородный, клареновый; 2 — полублестящий однородный, клареновый и дюрено-клареновый; 3 — полублестящий полосчатый, дюрено-клареновый; 4 — полублестящий штриховатый, дюрено-клареновый; 5 — полуматовый однородный, кларено-дюреновый; 6 — полуматовый полосчатый, кларено-дюреновый; 7 — полуматовый, штриховатый, кларено-дюреновый; 8 — матовый, однородный, дюреновый; 9 — матовый полосчатый, дюреновый; 10 — матовый штриховатый, дюреновый; 11 — углистый аргиллит, пересланвающийся с углем; 12 — углистый аргиллит; 13 — углистый алевролит; 14 — аргиллит; 15 — алевролит; 16 — песчаник; 17 — горелые породы; 18 — рыхлые песчано-глинистые отложения

вышенным содержанием компонентов группы фюзена. Однако среди описанных пластов имеются и такие, которые характеризуются относительно высоким содержанием спекающихся компонентов: витрена, однородной витренизированной массы и липондных компонентов.

Пласты угля с более благоприятным петрографическим составом приурочены к разным стратиграфическим горизонтам вскрытой части разреза и к различным районам описываемой территории. Так, повышенное содержание спекающихся компонентов (50—65%) отмечается для отдельных пачек угля пластов 2 и 12 Кокуйского месторождения (1), по отдельным пачкам пласта Карадимского месторождения (34) (до 61%), по некоторым пластам Тасеевского (3) и ряда других месторождений. Из всех отмеченных месторождений изучение коксемости проведено только для углей Кокуйского месторождения (1), имеющих газовую степень метаморфизма. Лабораторные испытания показали, что угли этого месторождения не спекаются за исключением углей пласта 2, для которого $y=5-8$ мм. Опытное полузаводское коксование угля этого пласта показало, что с увеличением доли участия его в шихте повышается прочность кокса, но ухудшается спекаемость.

Проведенное изучение петрографии и коксемости углей из южной части бассейна далеко недостаточно для исчерпывающей оценки перспектив этого района по коксующимся углям. Однако, учитывая разнообразие геологического строения описываемой части бассейна, большое разнообразие фациальных условий формирования угленосных отложений — от типично континентальных до прибрежноморских, а также возможное наличие в наиболее глубоких впадинах отложений верхней перми, с которыми в Тунгусском бассейне связаны угли лучшего петрографического состава, можно считать этот район перспективным в отношении коксующихся углей.

Принципиально решенным в настоящее время можно считать вопрос о нахождении в южной части Тунгусского бассейна углей различной степени метаморфизма. До 1948 г. считалось, что южная окраина Тунгусского бассейна — район преобладающего развития бурых углей и переходных от бурых к каменным. В результате работ Г. А. Иванова (1948—1951 гг.) было доказано, что в западной части южной окраины бассейна (Тасеевский и Кокуйский районы) имеется вся гамма углей — от бурых до антрацитов включительно. Наличие здесь высокометаморфизованных углей Иванов связывал с термальным воздействием пластовых тел траппов. Тогда же, исходя из того, что в южной части бассейна наиболее распространены полублестящие дюрено-клареновые угли, содержащие 60—75% витренизированного вещества и довольно много (4—15%) кутинизированных элементов, он высказал предположение, что если не самостоятельно, то в шихте с другими эти угли будут давать металлургический кокс удовлетворительного качества.

Последующие работы подтвердили вывод Иванова о наличии в описываемом районе широкой гаммы углей по степени их метаморфизма. При этом, как видно из прилагаемой карты южной части бассейна (см. фиг. 1), для большей части описываемой территории характерны угли средней степени метаморфизма — от газовых до коксовых, которые составляют более 50% общего количества установленных здесь групп углей.

В распределении углей различной степени метаморфизма на площади наблюдается некоторая закономерность, выражающаяся в том, что более высокометаморфизованные угли приурочены к северным районам, прилегающим к зоне Ангарских складок и частично к Енисейскому кряжу. Это в известной мере совпадает с общегеологическими данными, согласно которым отложения западной части южной окраины бассейна, прилегающей к указанным структурам, обладают чертами, свойственными

ми субгеосинклинальным условиям накопления, тогда как отложения восточной части (особенно Илимо-Катского района) стоят ближе к типично платформенным структурам. Это, по-видимому, создало некоторую первоначальную направленность в изменении степени метаморфизма углей, обусловленную региональным метаморфизмом. В последующем эта направленность в одних случаях была усилена, в других — частично видоизменена процессами термального метаморфизма, связанного с общим тепловым прогревом угленосной толщи в период магматической деятельности.

Контактовый метаморфизм отдельных трапповых интрузий еще более усложнил картину распределения углей различной степени метаморфизма и в разрезе, и на площади.

Несмотря на то, что магматическая деятельность в южной части Тунгусского бассейна проявилась значительно слабее, чем в других районах (Нижнетунгусский, Курейский, Норильский и др.), здесь, как и во всех этих районах, повышенный метаморфизм вскрытых пластов углей объясняется трапповым магматизмом.

Разнообразие характера и масштабов проявлений метаморфизма углей, приуроченных к областям магматической деятельности, дает основание предполагать возможность обнаружения здесь коксующихся углей.

Таким образом, выявленные к настоящему моменту запасы углей (Кокуйское месторождение), а также наличие реальных перспектив по их увеличению путем разведки новых площадей свидетельствуют о возможности положительного решения вопроса обеспечения Нижне-Ангарского района дешевым энергетическим топливом. Вместе с тем проблема коксующихся углей южной части бассейна пока не решена. Учитывая важность этого вопроса для Нижнего Приангарья и необходимость его быстрого решения, здесь желательна наряду с геологосъемочными и поисковыми работами привести специальные тематические исследования по выяснению основных закономерностей осадко- и угленакопления и последующих изменений формирования углей. Особое внимание при этом следует обратить на выявление геологических факторов метаморфизма углей, связанного с магматической деятельностью.

Для скорейшего решения этой проблемы необходимо, по нашему мнению, выполнить следующие первоочередные работы:

- 1) составить полный стратиграфический разрез угленосных отложений южной окраины бассейна и уточнить ее структуру; с этой целью следует пересечь Тасеевскую синеклизу в меридиональном направлении двумя-тремя профилями скважин в районе рек Карабулы, Муры и Ковы;

- 2) выяснить условия осадко- и угленакопления и построить палеогеографические карты для основных этапов углеобразования;

- 3) изучить качество и метаморфизм углей и построить карты прогноза.

Выполнение этих работ позволит ближе подойти к оценке перспектив южной окраины бассейна по коксующимся углям и ускорит объективное решение вопроса обеспечения Нижне-Ангарского района металлургическим топливом.

ОСОБЕННОСТИ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО СОСТАВА УГЛЕЙ ЮЖНОЙ ОКРАИНЫ ТУНГУССКОГО БАССЕЙНА

Угли южной окраины Тунгусского бассейна чрезвычайно разнообразны по своему петрографическому составу. В основном угли гумусовые каменные, реже — бурые, наблюдаются и сапропелево-гумусовые разновидности.

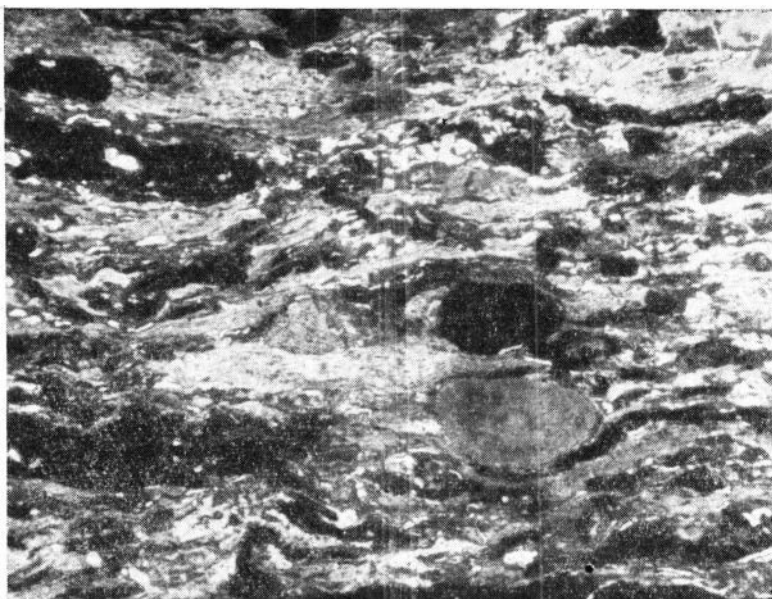
Среди каменных гумусовых углей преобладают фюзенолиты. Угли группы гелитолитов представлены чаще всего прослоями фюзенолитов незначительной мощности. Иногда встречаются угли группы липондолитов. В основном это маломощные прослои в пластах, реже — отдельные пропластки мощностью обычно не более 0,4 м (Тасеевское, Бидейское, Аладьинское месторождения). Изредка встречаются угли класса сапрогумолитов. Обычно это прослои также незначительной мощности (Кокуйское, Тасеевское, Иркиннеевское и некоторые другие месторождения).

Угли классов фюзенолитов и гелитолитов обнаружены среди углей всех степеней метаморфизма, а липондолиты и сапрогумолиты — только в низкометаморфизованных углях (степень метаморфизма их не выше II_1). К особенностям петрографического состава углей южной окраины Тунгусского бассейна следует отнести следующее.

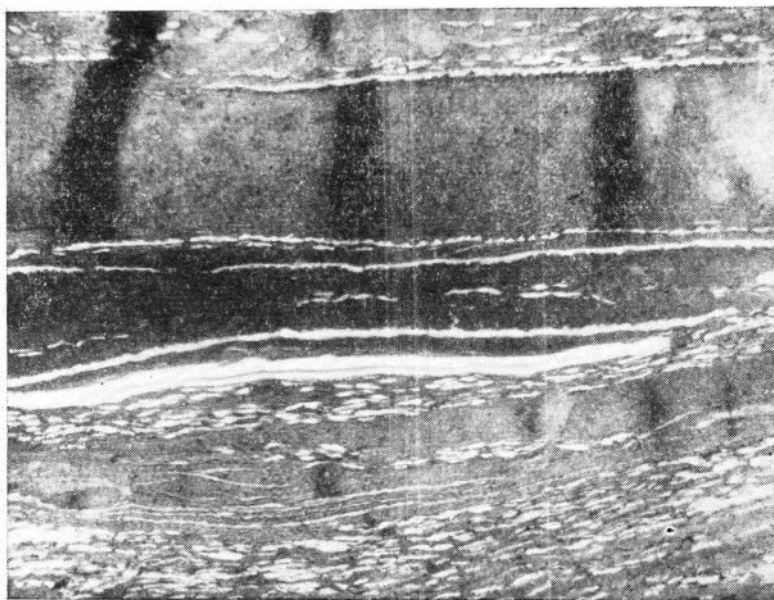
Для микроструктуры большинства изученных угольных пластов характерно повышенное содержание компонентов группы семивитринита и фюзинита, достигающее нередко 40—50%, а иногда и выше (фиг. 1). К первой группе мы относим семиколлинит, семителлинит, микстинит. Вторая группа включает семифюзинит, микринит, фюзинит, склеротинит. Компоненты указанных групп располагаются в коллините, в основном неравномерно, в виде крупных и мелких обрывков, сохранивших клеточную структуру. Чаще всего наряду с компонентами группы семивитринита наблюдаются компоненты группы фюзинита. Иногда же отмечается преобладание компонентов первой группы при подчиненном количестве компонентов второй группы и наоборот (фиг. 2).

Изредка встречается фюзенизированная основная масса, включающая лейптиниты (Пайское месторождение). Под микроскопом по плоскостям наслоения, как правило, видны крупные обрывки фюзенизированных растительных тканей. Последние наблюдаются даже в блестящих углях. Поэтому для блестящего кларенового типа угля в данном районе характерно пониженное содержание компонентов группы витринита (65,2%; см. таблицу) по сравнению с углями из других районов бассейна, например Норильским и Нижне-Тунгусским.

Высокое содержание компонентов групп семивитринита и фюзинита в описываемых углях обусловлено условиями образования угольных



Фиг. 1. Микроструктура матового угля класса фюзенолитов. Видны склеротиниты. Степень метаморфизма I₃. Карадимское месторождение, обр. 015/2, увел. 120.



Фиг. 2. Микроструктура полублестящего угля класса гелитолитов. Степень метаморфизма II₁. Ойвинское месторождение, обр. 07/7, увел. 70.

Петрографический состав типов углей
(содержание компонентов в %)

Типы угля	Витринит	Коллинит со следами первичного окисления	Лейптинит	Семивитринит	Фюзинит	Минеральные примеси
Блестящий клареновый	43,7—81,5 65,2*	0,0—31,0 7,6	0,0—17,5 5,4	0,5—27,0 8,2	1,5—14,0 7,1	1,0—13,0 6,4
Полублестящий дюрено-клареновый	34,5—76,7 50,9	0,5—33,5 15,9	0,0—12,0 4,3	0,5—11,5 4,7	3,0—24,7 15,1	2,2—29,0 8,5
Полуматовый кларено-дюреновый	17,2—52,5 28,5	0,0—28,5 12,1	0,0—21,2 3,8	1,2—23,7 13,1	4,5—39,7 24,9	2,5—49,0 17,6
Матовый дюреновый	2,2—33,2 14,4	0,0—34,2 8,7	0,0—12,2 2,2	5,2—47,7 22,9	3,7—65,2 28,8	3,2—77,7 25,1

* Среднее значение.

пластов в аэробных условиях. В период угленакопления на территории южной окраины преобладали фации лесных, проточных и пойменных болот, что способствовало образованию матовых и полуматовых дюреновых и кларено-дюреновых типов угля. Изученные угли имеют признаки первичного окисления витринизированного вещества, содержание которого в отдельных пластах достигает 20—30%. Это связано с некоторым первичным окислением растительного материала, приостановившим естественный ход его разложения до полного остудневания в период углеобразования. Коллинит в описываемых углях — основной компонент, но обычно он включает значительное количество форменных элементов. Теллинит наблюдается редко. Среди гелифицированных компонентов встречаются паренхимные ткани, в основном представленные листовой паренхимой (фиг. 3).

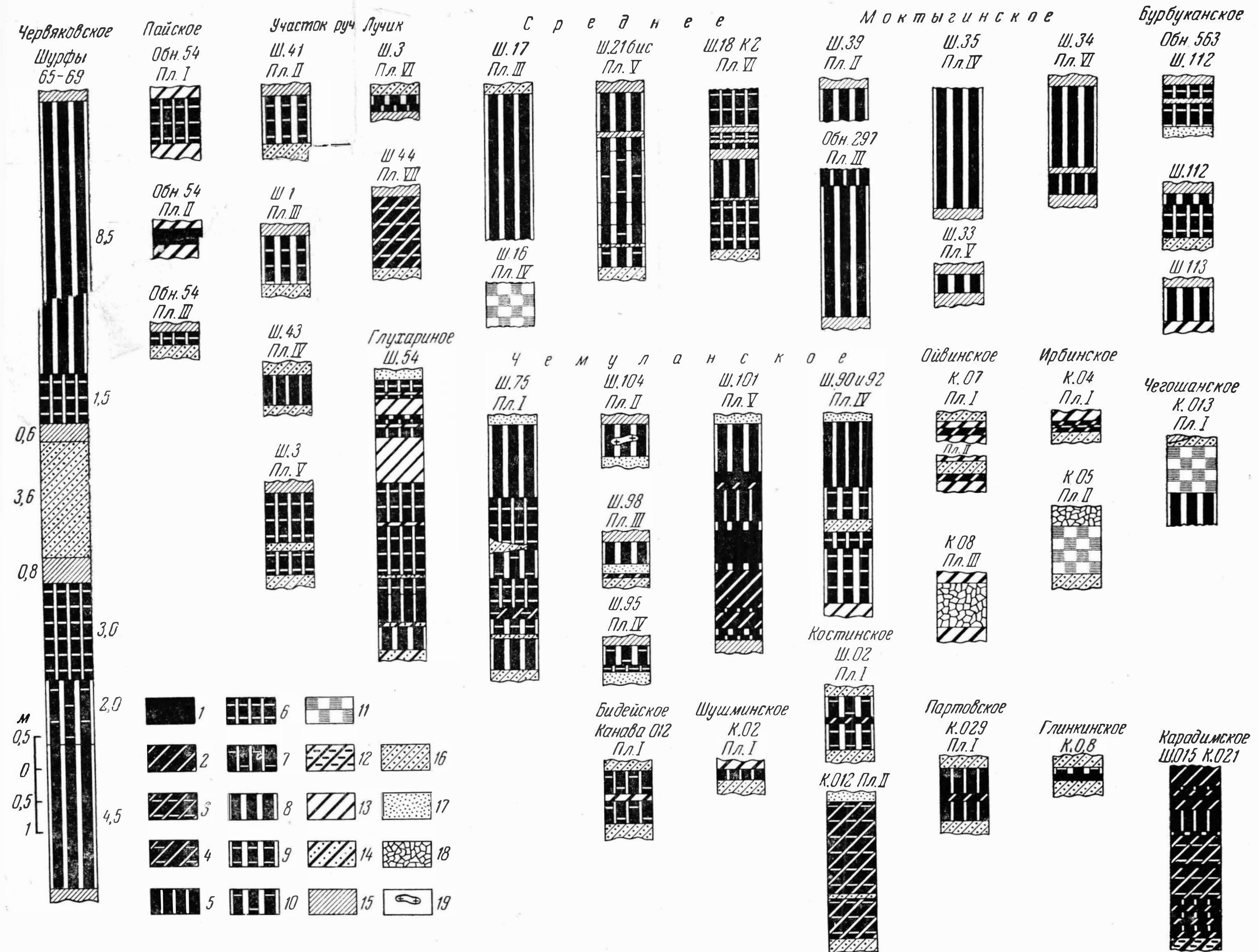
Особенностью описываемых углей является также сложный петрографический состав и частая перемежаемость различных петрографических типов в пределах одного пласта и даже прослойка небольшой мощности (фиг. 4). Из 34 изученных пластов 19 имеют сложный петрографический состав. Вероятно, это связано с непостоянством водного режима торфяника в период отложения растительного материала. По-видимому, периоды осушения в условиях жаркого климата чередовались с редкими и кратковременными затоплениями торфяника.

Кроме того, петрографический состав изученных углей характеризуется повышенным содержанием в некоторых пластах компонентов группы лейптинита (споринита и кутинита). Иногда они образуют скопления, и уголь по своей микроструктуре приближается к липоидолитам (фиг. 5). Резинит и суберинит в изученных углях встречаются крайне редко.

Кроме того, в углях южной части бассейна часто встречаются водоросли типа *Pastillus zellulosus* Z a l. (группа альгинита): иногда наблюдается повышенное содержание и скопление их, что свидетельствует о наличии сапропелевого материала в этих углях (фиг. 6 и 7).

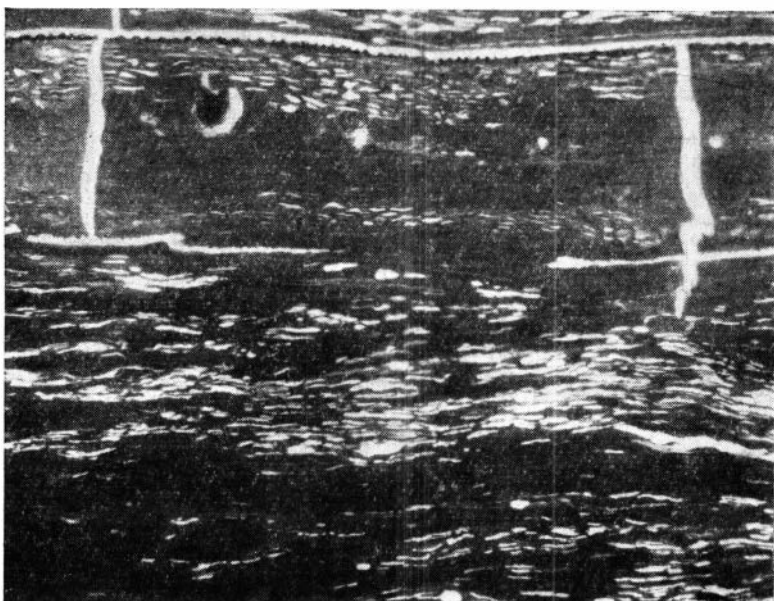
Для углей южной части бассейна также характерна повышенная минерализация некоторых пластов, достигающая по данным углепетрографических исследований 30—40%. Минеральные примеси самые разнообразные по своему происхождению и составу: терригенные минералы — кварц, полевые шпаты, обломки осадочных пород, слюда, амфибол и эпидот, а также аутигенные (сингенетичные) — каолинит, пирит, гидрослюда и кварц; изредка отмечаются халцедон, опал, хлорит и эпигенетичные — кальцит, окислы железа, каолинит и пирит.

Высокое содержание минеральных примесей подтверждают и химические анализы. Зола (A^c) во многих угольных пластах содержится

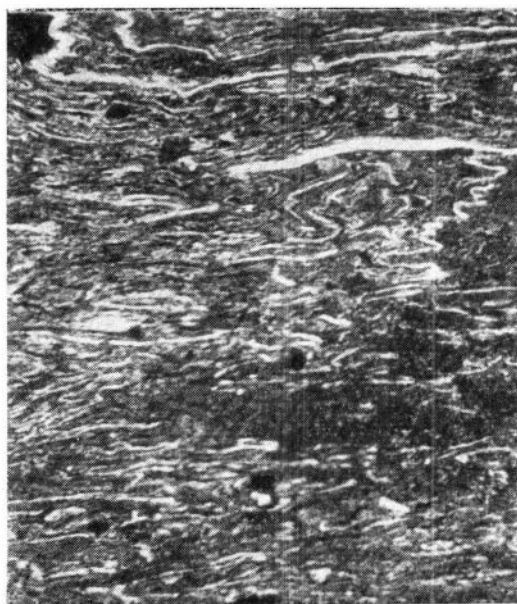


Фиг. 4. Петрографический состав угольных пластов изученных месторождений южной окраины Тунгусского бассейна

1 — уголь блестящий однородный, клареновый; 2 — полублестящий однородный, клареновый и дюрено-клареновый; 3 — полублестящий полосчатый, дюрено-клареновый; 4 — полублестящий штриховатый, дюрено-клареновый; 5 — полуматовый однородный, кларено-дюреновый; 6 — полуматовый полосчатый, кларено-дюреновый; 7 — полуматовый штриховатый, кларено-дюреновый; 8 — матовый однородный, дюреновый; 9 — матовый полосчатый, дюреновый; 10 — матовый штриховатый, дюреновый; 11 — сажа; 12 — аргиллит углистый, переслаивающийся с углем; 13 — аргиллит углистый; 14 — алевролит углистый; 15 — аргиллит; 16 — алевролит; 17 — песчаник; 18 — «горелые» породы; 19 — кремнистые включения



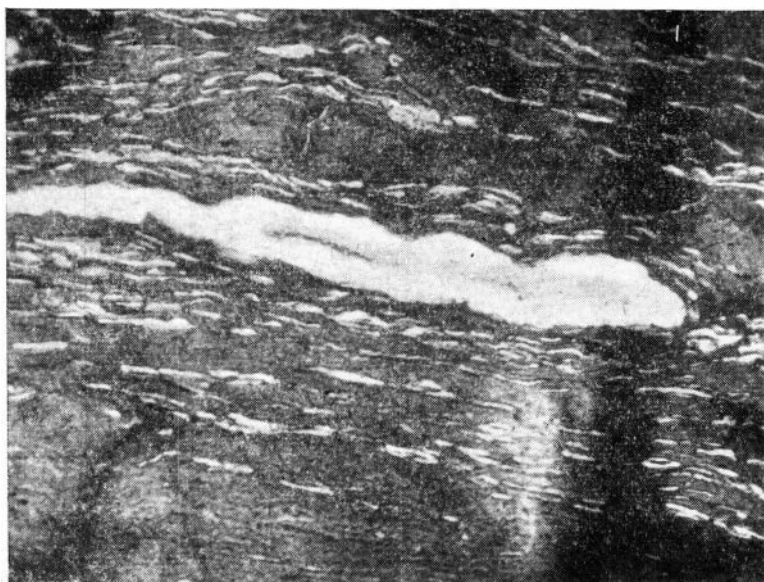
Фиг. 3. Паренхимная ткань. Степень метаморфизма O_3-I_1 . Костинское месторождение, обр. 02/1, увел. 70



Фиг. 5. Микроструктура липонолита. Степень метаморфизма O_2 . Бидейское месторождение, обр. 012/13, увел. 200



Фиг. 6. Микроструктура сапро-гумолита. Степень метаморфизма I_2 . Тасеевское месторождение, обр. 2/32, увел. 70



Фиг. 7. Альгинит. Степень метаморфизма II_1 . Ойвинское месторождение, обр. 07/7, увел. 120

40% и более. Это также отчасти связано с условиями угленакопления, происходившего в проточном болоте, куда приносились минеральные частицы.

Петрографическое изучение угольных пластов основных месторождений южной окраины показало, что угли в основном автохтонного происхождения. Об этом свидетельствует следующее:

1) компоненты группы лейптинита в шлифах чаще хорошей сохранности, не обесцвечены, расположены послойно;

2) компоненты группы фюзинита встречаются довольно часто в виде крупных фрагментов с хорошо сохранившейся структурой, хотя иногда представлены и обломками;

3) коллинит чистый, не минерализованный.

Безусловно, в некоторых пластах наблюдаются и признаки местной аллохтонии (Шушминское, Бидейское, Карадимское и некоторые другие месторождения), что подтверждается наличием мелкораздробленного фюзинита, перемятостью кутинита, непослойным расположением компонентов группы лейптинита и несколько повышенной терригенной зольностью в углях.

Один из наиболее важных вопросов при изучении угольных бассейнов или отдельных районов — выяснение закономерностей распределения углей различного качества в разрезе и на площади. Особое значение этот вопрос приобретает для месторождений Тунгусского бассейна, имеющего огромную площадь с широкой гаммой углей по степени их метаморфизма и петрографическому составу.

В настоящее время вывод Г. А. Иванова, проводившего свои работы в 1949—1950 гг., о преимущественном развитии в южной части бассейна полублестящих штриховатых дюрено-клареновых углей не подтверждается.

Для наиболее крупных месторождений юга Тунгусского бассейна (Кокуйского, Тасеевского, Аладынского) по результатам более детальных геологоразведочных работ, которые проводило Красноярское геологическое управление, Г. Н. Трошковой выяснено преобладание матовых и полуматовых типов углей. Повышенное содержание спекающихся компонентов при подсчете по общепластовым пробам отмечается в единичных случаях. Нами для Кокуйского месторождения, где вскрыт наиболее полный стратиграфический разрез, по общепластовым пробам подсчитано содержание компонентов группы витринита (основного носителя спекающихся свойств) в угольных пластах по свитам. В результате подсчета оказалось, что в пластах ливствяжинской свиты (C_{2-3}) его содержание колеблется от 29 до 58%, в среднем 50%, а для отдельных пачек пластов повышается до 80—90% (подсчет сделан для семи пластов рабочей мощности). В 11 пластах клинтайгинской свиты (P_1^1) витринита содержится в среднем 48% с колебаниями от 20 до 57% и лишь в одной пачке — до 80%.

В 16 рабочих пластах рыжковской свиты (P_1^3) содержание витринита колеблется от 19 до 50%, в среднем 30%. Содержание компонентов группы фюзинита в пластах данной свиты наиболее высокое, нередко до 50% и более.

Следовательно, несколько лучший петрографический состав имеют угольные пласты ливствяжинской и отчасти клинтайгинской свит. Для пластов рыжковской свиты характерен плохой петрографический состав.

Работы более позднего периода в районах рек Чадобец, Карабула, Мура (Н. А. Чудаков), и по рекам Пай, Кова, Карадима, Парта, Маньзя и другим (Южно-Тунгусская партия) подтверждают вывод о том, что в бассейне р. Ангары преобладают угли класса фюзенолитов. Также в части подтверждается вывод о распределении углей по разрезу: угли

нижней части разреза (C_{2-3}) имеют более благоприятный петрографический состав, чем верхней.

Кроме того, по аналогии с Норильским и Нижне-Тунгусским районами бассейна, где наиболее благоприятный петрографический состав в отношении спекания имеют верхнепермские угли, здесь при нахождении отложений верхней перми также можно предполагать наличие углей с более благоприятным петрографическим составом. Так, на Карадимском месторождении уже в верхней части разреза нижнепермских отложений, сопоставляемого с ишановской и кемеровской подсвитами Кузбасса и не имеющего аналогов на южной окраине бассейна, пласт угля имеет более благоприятный петрографический состав (сумма спекающихся компонентов по отдельным пачкам 52—62%).

Несколько затруднительнее в настоящее время решается вопрос о закономерностях распределения углей различного петрографического состава по площади. В крайней юго-западной части южной окраины прослой блестящего угля класса гелитолитов не отмечаются, а прослой пслублестящего угля крайне редки, в некоторых же районах, прилегающих к зоне Ангарских складок и Енисейскому кряжу, прослой полублестящего угля встречаются довольно часто; иногда наблюдаются прослой блестящего угля небольшой мощности. Здесь наиболее распространены угли с более благоприятной в отношении спекания степенью метаморфизма (от III_1 до IV_3). Поэтому эти районы также перспективны для нахождения спекающихся углей.

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ ТУНГУССКОГО БАСЕЙНА

Интенсивные геологоразведочные и геологосъемочные работы, проводимые Иркутским геологическим управлением с широким привлечением колонкового бурения, позволили впервые составить для данного района надежные стратиграфические разрезы и внести существенные коррективы в прежние представления.

В настоящее время в бассейне среднего течения р. Ангары (с. Воробьево — устье р. Каты) пробурено несколько профилей скважин, вскрывающих полные разрезы верхнего палеозоя, а геологической съемкой покрыто все Приангарье.

Стратиграфические разрезы изучались как в процессе геологосъемочных (В. И. Шмеркин, Р. А. Соловьев, Г. С. Инешин) и поисковых (Г. Д. Лыхин, Л. В. Слащева) работ, так и путем специальных стратиграфических и литолого-фациальных исследований (Н. Н. Винниченко, Л. Н. Гугова, С. Ф. Павлов, К. П. Волкова, Н. П. Ильюхина).

Биостратиграфической основой разрезов являются данные палинологических исследований лаборатории ИГУ (Л. Н. Гугова, Э. Б. Рябей, Р. Н. Кокшенева, М. В. Литвинцева) и некоторые данные изучения листовой флоры.

Верхнепалеозойские отложения, слагающие юго-восточное крыло Тунгусской синеклизы, представлены отложениями тушамской (C_1), катской (C_{2+3}) и бургуклинской (P_1) свит.

Ранее проводившиеся биостратиграфические исследования (Нейбург, 1956, Рассказова, 1958) по уточнению возраста угленосных отложений бассейна в общем региональном плане, не отвечали конкретным запросам геологического картирования.

Тушамская свита (C_1) сложена мелкозернистыми песчаниками и алевролитами голубовато-серых и зеленоватых тонов. Для нижней части разреза характерно наличие включений обломков зеленоватых алевролитов неправильной и округлой формы, образующих местами линзы или прослои своеобразных олигомиктовых (по Н. Н. Винниченко) конгломератов. Верхняя часть разреза представлена однообразной толщей голубовато-серых алевролитов и алевритистых мелкозернистых песчаников; иногда в них прослеживаются прослои розовато-серых песчаников. Характерно почти полное отсутствие растительных остатков.

Мощность свиты колеблется от 50—100 м по периферии бассейна, где наблюдаются ее выходы на поверхность, до 200—300 м к центру депрессии. Песчаники с олигомиктовыми конгломератами выполняют наиболее

глубокие части впадины, со второй же половины накопления осадков тушамской свиты сидементационная депрессия была шире и отложения верхней части разреза распространялись почти повсеместно. Выходя на поверхность по периферии бассейна, они вскоре погружаются под отложения катской свиты.

Предложенное М. Ф. Нейбург (1956) в качестве стратотипа свиты обнажение песчаников на р. Тушаме не находит литологических аналогов при изучении полных разрезов свиты по керну скважин (К. П. Волкова, С. Ф. Павлов, Р. А. Соловьев и др.). Высказывается предположение об их принадлежности к более высоким частям разреза. Голубовато-зеленоватые породы тушамской свиты разными горизонтами ложатся на кирпично-красные алевролиты ярской свиты и ордовик. Местами сохраняется довольно мощная кора выветривания пород ярской свиты, местами она полностью эродирована. Западнее, в бассейне нижнего течения р. Нижней Тунгуски, верхнепалеозойские отложения ложатся на породы девона. На возможное наличие отложений девона в бассейне среднего течения р. Ангары указывали Н. П. Илюхина и С. Ф. Павлов.

Палинологическое изучение отложений тушамской свиты проводили по керну скважин 14, 7, 1, 2 и по ряду обнажений. Результаты исследований сводятся к следующему.

1. Наиболее древний комплекс установлен в пробах, отобранных из желтоватых среднезернистых песчаников, слагающих обнажение по р. Чуле. Судя по данным геолого-съёмочной партии (М. Ф. Гладышев), обнажение расположено близ линии разлома. Установленный комплекс спор (данные Э. Б. Рябей) весьма архаичного облика. Это сравнительно крупные споры (50—80 и до 120 мк) округлого или округло-треугольного очертания с трехлучевой щелью. Экзина их оболочек плотная желтовато- или светло-коричневая. В их составе содержится значительная группа спор, экзина которых почти гладкая с характерным уплотнением вокруг щели в виде треугольника типа *Azonotriletes nigratus* L u b. (*Leictriletes nigratus* N a u m., *L. plikatus* W a l t z., *L. microrugosus* N a u m.), принадлежащих, по-видимому, древним каламитам.

Следующей характерной группой являются споры с широкой оторочкой типа *Eurizonotriletes duplus* I s c h., *E. trizonalis* I s c h., принадлежащие древним лепидофитам.

Третья значительная группа спор округло-треугольного очертания с трехлучевой щелью: лучи ее окаймлены. Щель не всегда просматривается. Экзина плотная, желтовато-коричневая, бугорчатая. Характерно наличие тонкой оторочки желтого цвета, довольно узкой, с неровным краем. Споры эти близки к *Stenozonotriletes unicus*, описанным А. М. Ищенко (1958) из нижнего карбона Донбасса. Установленный комплекс не имеет аналогов среди известных комплексов верхнего палеозоя Тунгусской ботанической провинции.

Для части спор аналоги их отмечаются в комплексах верхнего девона Вестфальской области (Любер, Вальц, 1941) и нижнего карбона Донбасса (Ищенко, 1958).

В аналогичных песчаниках, но в других обнажениях был найден отпечаток лепидофита *Lepidodendron kirghizicum*. Согласно заключению М. М. Одинцовой, эта находка свидетельствует о нижнекарбонном возрасте осадков.

Таким образом, палинологические данные и находка отпечатка лепидофита свидетельствуют о том, что возраст этих отложений не моложе С₁.

Стратиграфические взаимоотношения песчаников, охарактеризованных приведенным выше комплексом, с отложениями собственно тушамской свиты не ясны.

2. Как отмечалось, литологически разрез тушамской свиты в ее нижней части несколько отличен от пород, слагающих верхнюю часть разреза. Комплекс спор, остановленный по нижней части разреза свиты, имеет следующие особенности:

1) в составе комплекса резко преобладают типичные для карбона споры каламитов (*Calamotriletes microrugosus* L u b., *C. plicatus* L u b., *Asterocalamotriletes glabratus* L u b.— до 75%); присутствуют споры *Azonotriletes nigratus* L u b., являющиеся реликтовыми девонскими формами;

2) наряду с каламитами значительное участие принимают разнообразные споры лепидофитов (до 13%), в том числе споры с широкой оторочкой — реликты девона (*Zonotriletes deliöuisens* L u b.);

3) резко подчиненное значение имеют споры *Phyllothecotriletes nigritellus* L u b. и пыльца голосеменных растений (кордантов, хвойных, цикадофитов).

Приведенный комплекс хорошо сопоставляется с комплексом из низов острогской свиты Кузбасса.

3. Третий комплекс, характерный для отложений, слагающих верхнюю часть разреза свиты, отличают следующие особенности (скв. 1, 2):

1) резкое преобладание спор над пылью голосеменных растений;

2) споры каламитов и лепидофитов теряют свое значение, составляя около 4—5%;

3) резко возрастает значение спор папоротникообразных и, в их числе, прежде всего *Angaropteritriletes trichacanthus* L u b. (30%) и спор *Zonotriletes psilopterus* (11%), вероятно принадлежащих древним плаунам;

4) споры *Phyllothecotriletes nigritellus* L u b. имеют подчиненное значение (3,7%);

5) характерно значительное участие пыльцы кордантов (до 12%).

Приведенный комплекс хорошо сопоставляется с комплексами верхов острогской свиты. Его близость с комплексами вышележащей катской свиты дает основание согласиться с мнением ряда исследователей, склонных считать возраст острогской свиты, а следовательно, и тушамской, как C_{1+2} .

Палинологические анализы проб из песчаников Красного Яра не дали положительных результатов; в них были обнаружены лишь бедные комплексы спор широкого диапазона развития. Спор, характерных для комплексов нижней части разреза свиты, не обнаружено.

Катская свита (C_{2+3}) сложена разнозернистыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами серых и табачно-зеленых тонов. По разрезу свиты прослеживаются две угленосные пачки с пластами угля промышленной мощности. Конгломераты для этой свиты не характерны. По всему разрезу в песчаниках отмечается большое количество беспорядочно ориентированных растительных остатков. Мощность свиты, возрастающая к центру депрессии, составляет 100—200 м. На периферии бассейна она не превышает 50 м вследствие эрозии. Отложения, относящиеся к этой свите, пользуются повсеместным широким распространением. Погружаясь к центру депрессии, они перекрываются пермскими осадками. Наблюдавшиеся контакты катской и тушамской свит свидетельствуют о постепенной смене пород. Истинный характер контакта неясен.

Катская свита изучалась с применением палинологического метода по скв. 1 на Воробьевском участке, скв. 1 на Зятейском участке, скв. 2 на Усть-Илимском участке, скв. 14 на Кеульском участке, скв. 4 на Невонском участке и скв. 16 на Березовском участке. Полученные палинологические данные позволяют наметить следующие особенности комплекса.

1. В нижней части разреза свиты преобладают в комплексе спор папоротников *Angaropteritriletes trichacanthus* L u b. (18,5%), значительно содержание спор *Zonotriletes psilopterus* L u b. (11%), *Phyllothecotriletes nigritellus* L u b. (12%); одним из основных компонентов комплекса является пыльца кордантов (14%); пыльца цикадофитов и древних хвойных (*Pemphygaletes*) составляет 2—6%.

Этот комплекс хорошо сопоставляется с комплексом мазуровского горизонта нижнебалахонской свиты Кузбасса.

2. Верхняя часть разреза характеризуется комплексом, в котором несколько снижается значение спор *Angaropteritriletes trichacanthus* (11%) при увеличении значения спор *Zonotriletes psilopterus* (22%) и кордантов (20%). Этот комплекс сопоставляется с комплексом алыкаевского горизонта нижнебалахонской свиты Кузбасса.

В самых верхних слоях катской свиты еще более падает значение спор *A. trichacanthus* и *Z. psilopterus*. Продолжает возрастать участие пыльцы кордантов и древних хвойных, а также спор с шиповатой структурой экзиспы. Здесь уже закладываются основные черты комплекса вышележащей бургуклинской свиты.

Таким образом, палинологические данные позволяют параллелизовать разрез этой свиты с разрезом нижнебалахонской свиты Кузбасса и тем самым определить возраст слагающих ее осадков как C_{2+3} .

3. Палинологическое изучение обнажений по р. Кате, в том числе и послуживших стратотипами свиты, свидетельствует об их принадлежности к верхним горизонтам катской свиты и о некотором развитии в этом районе пермских осадков (см. далее). Установленные здесь палинологические комплексы характеризуются следующим составом:

1) содержание спор каламитов *Calamotriletes microrugosus* Waltz, *C. plicatus* L u b. 2—10%.

2) содержание спор хвощей *Phyllothecotriletes nigritellus* L u b. 5—7%;

3) повышено содержание спор папоротникообразных *Angaropteritriletes trichacanthus* L u b. (32%) и спор селягинеллевых *Zonotriletes psilopterus* L u b. (35%);

4) содержание пыльцы кордантов *Noeggerathiopsidozonialetes rotatus* L u b., *N. angustelimbatus* L u b., *Cordaitozonialetes sercostennus* L u b., *C. verus* L u b. 12—31%;

5) содержание пыльцы цикадофитовых *Cycadoletes caperatus* L u b., *C. retroflexus* L u b. и пыльцы *Pemphygaletes* 7—16%.

Бургуклинская свита (P_1) сложена разнозернистыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами с прослоями угля. Для нее характерно присутствие прослоев туфогенных песчаников и сидеритов. Мощность свиты по изучавшимся разрезам 120—130 м. Полная ее мощность не установлена. Имеющиеся наблюдения свидетельствуют о нормальном стратиграфическом контакте пород бургуклинской и катской свит.

Отложения, относимые к этой свите, распространены сравнительно ограниченно. Более значительные их поля прослеживаются севернее р. Кеуль; вскоре они погружаются под покрывающие их туфогенные отложения триаса.

Имеющиеся указания о наличии верхнепермских отложений (Дибнер, 1960) в районе среднего Приангарья пока не могут быть учтены вследствие недостаточной их обособанности.

В отношении границ (объема) свиты между исследователями имеются некоторые разногласия. Палинологическое изучение слагающих ее отложений производили в основном по скв. 16 и 18, а также по линиям шурфов и канав (коллекции проб Тунгусской экспедиции и геологосъемочных патрий ИГУ).

Для комплекса спор и пыльцы этой свиты характерно следующее:

1) среди спор преобладают споры с шиповатой скульптурой экзины *Azonotriletes parvoispinus* L u b., *A. spinosus* L u b., *A. accuratus* A n d r., *Filicitriletes rectispinus* L u b., *F. obtusosetosus* L u b. (20—25%); в их составе крупношиповатые споры имеют подчиненное значение (до 5—7%);

2) значительно содержание спор с мелкобугорчатой скульптурой типа *Azonotriletes polypyrenus* L u b., *Filicitriletes microgranifer* L u b. и др. (до 20%);

3) увеличено содержание в комплексе пыльцы цикадофитов (до 10%) и хвойных (5—7%) в сравнении с их участием в комплексе катской свиты;

5) пыльца кардонтов разнообразна (*Noeggerathiopsidozonialetes rotatus* L u b., *N. angustilimbatus* L u b., *Cordaitozonialetes stipticus* L u b., *C. rugulifer* L u b.) и составляет основной фон комплекса наряду со спорами с шиповатой скульптурой (20—30%);

6) остается значительным содержание спор *Phyllothecotriletes nigritellus* L u b. (до 15%);

7) характерно резкое падение содержания спор *Zonotriletes psilopterus* и *Angaropteritriletes trichacanthus*, типичных для комплексов катской свиты.

Указанные особенности комплекса позволяют параллелизовать его с комплексом промежуточного горизонта верхнебалахонской свиты Кузбасса; тем самым возраст этих отложений определен как нижнепермский.

Как отмечалось, по правому борту долины р. Каты (обн. 93, р. Полива — обн. 141) наряду с отложениями катской свиты распространены отложения, охарактеризованные комплексом пыльцы и спор пермского типа. Для этого комплекса характерны следующие особенности:

1) преобладание спор с мелкошиповатой экзиной (*Azonotriletes spinosus*, *A. parvoispinus*, *A. tenuispinosus*, *A. resistens*, *A. spinosellus*, *Filicitriletes multisetus* — 15—30%.);

2) крупношиповые споры (*Filicitriletes obtusosetosus*, *Azonotriletes rectispinus* — около 7%);

3) значительное содержание спор с мелкобугорчатой экзиной (*Filicitriletes microgranifer*, *Azonotriletes polypyrenus*, *A. micropyrenus*, *A. pulvigerus* — 10—24%);

4) снижение содержания спор *Angaropteritriletes trichacanthus*, *Zonotriletes psilopterus* и каламитов (1—5%);

5) содержание пыльцы кордантов 20—30%, цикадовых и хвойных 3—8%.

Из изложенного можно сделать следующие выводы:

1. По данным проведенных палинологических исследований (более 1000 проб по 27 скважинам, многочисленным шурфам и обнажениям) отработаны эталонные спектры пыльцы и спор по разрезам тушамской, катской и бургу克林ской свит района среднего Приангарья.

2. Комплексные данные литологических и палинологических исследований, а также региональных геологических наблюдений позволили уточнить объемы свит и проследить их распространение.

3. Сопоставление установленных комплексов спор и пыльцы с палинологической характеристикой палеозойских отложений Кузбасса дало возможность параллелизовать комплексы тушамской и острогской свит, катской и нижнебалахонской, бургу克林ской — с комплексом верхнебалахонской свиты. Тем самым возраст этих отложений определяется соответственно как S_1 , S_{2-3} и P_1 .

4. Особенности палинологической характеристики верхней части разреза тушамской свиты, сближающие ее комплекс с комплексом катской свиты, дают основание считать ее возраст ниже-среднекарбовым, что

отвечает мнению ряда исследователей, склонных определять возраст острогской свиты также как C_{1-2} .

5. Полученная палинологическая характеристика верхнепалеозойских отложений среднего течения р. Ангары позволяет сделать попытку сопоставить их с разрезами одновозрастных отложений смежных регионов, а именно:

1) учитывая данные, приводимые Н. П. Ильюхиной (1957 г.) и Е. М. Андреевой (1953, 1955), возможно параллелизовать изученный разрез с разрезом верхнепалеозойских отложений Кокуйского месторождения, сопоставляя катскую свиту с листвяжнинской и бургуклинскую — с рыжковской;

2) палинологическая характеристика разрезов верхнепалеозойских отложений северо-востока Сибирской платформы, приведенная А. Ф. Дибнер (1958), дает возможность сопоставить эти разрезы. Первый палинологический комплекс, выделяемый А. Ф. Дибнер по нижней части разреза песчаниковой свиты и сопоставляемый ею с комплексом алыкаевского горизонта Кузбасса, вполне сравним с комплексами катской свиты изучаемого разреза. Второй выделяемый ею комплекс, устанавливаемый по более верхней части разреза той же свиты и сопоставляемый с комплексом верхов тустахской свиты Нордвиковского района и промежуточной подсвиты верхнебалахонской свиты Кузбасса, сравним с комплексом бургуклинской свиты изучаемого разреза.

6. На основании архаичного комплекса спор, установленного по пробам из песчаников по р. Чуле, можно предполагать наличие более низких горизонтов карбона (или, возможно, $D_3?$) в сравнении с отложениями тушамской свиты.

7. Принимаемый нами возраст отложений, слагающих тушамскую, катскую и бургуклинскую свиты, соответствует утвержденному по унифицированной стратиграфической схеме возрасту отложений данного района. До настоящего времени нет единой точки зрения на возраст угленосных верхнепалеозойских отложений и Кузбасса, и Тунгусского бассейна. Часть исследователей (Эйно, 1952, 1958; Н. А. Шведов) к карбону относит лишь острогскую свиту. С этой точки зрения весь разрез угленосных отложений Приангарья за исключением тушамской свиты является пермским.

Дискуссионность вопроса о возрасте отложений не мешает в настоящее время однозначно сопоставлять разрезы отложений верхнего палеозоя, развитые в пределах бассейна, хотя в свое время это приводило к большой путанице.

8. Представление Е. С. Рассказовой (1958) о том, что в восточной части Тунгусского бассейна (р. Нижняя Тунгуска) верхнепермские отложения с размывом залегают на отложениях верхнего карбона, ряд исследователей распространяет и на бассейн Среднего Приангарья (см. унифицированную схему стратиграфии). Однако установленная палинологическая характеристика разрезов свидетельствует о закономерном развитии комплексов, постепенной смене комплексов карбона комплексами нижней перми (бургуклинской свиты). Следовательно, имеющиеся данные не подтверждают наличие значительного перерыва в осадконакоплении в этом районе между карбоном и пермью и свидетельствуют о наличии значительной мощности отложений нижней перми.

9. Из палинологических данных можно сделать некоторые выводы о растительности и климате времени накопления изученных осадков. Как указывалось, в установленных комплексах распространены преимущественно споры папоротникообразных — папоротников, каламитов, плаунов, хвощей, а также споры птеридосперм. Голосеменные растения в изученном материале представлены главным образом пылью кордаитов, хвойных и цикадофитовых.

10. Согласно данным А. А. Любер (1956), большинство шиповатых и бугорчатых спор, известных из отложений верхнего палеозоя, принадлежат папоротникам и отчасти птеридоспермам (*Angaropteritriletes trichacanthus* Lub., *Azonotriletes gibberulus* Lub., *A. spinosellus* Waltz, *A. regidispinosus* Lub., *A. tenuispinosus* Waltz, *A. polypyrenus* Lub., *A. parvispinus* Lub., *A. obtusosetosus* Lub., *Filicitriletes multisetus* Lub.). Споры этой группы прослеживаются по всему разрезу верхнепалеозойских отложений — от тушамской свиты до бургуклинской. Шиповатые споры достигают максимума в катской свите, бугорчатые — в бургуклинской.

Каламиты представлены спорами: *Calamotriletes microrugosus* Waltz, *C. plicatus* Lub., *Asterocalamotriletes glaber* Waltz, *Azonotriletes glabratus* Lub. Споры каламитов прослеживаются также по всему разрезу отложений верхнего палеозоя, но в комплексе пыльцы и спор нижнего горизонта тушамской свиты они являются господствующей группой. Существенное значение в комплексе имеют споры *Phyllothecotriletes nigritellus* Lub., принадлежащие, согласно А. А. Любер, хвощам. Они наиболее характерны для комплекса катской свиты.

Класс *Lusorodiales* представлен спорами семейства плауновых (*Lusorodiaceae*), к которому относятся довольно разнообразные споры лепидофитов, преобладающих в комплексе нижнего горизонта тушамской свиты, а также спорами семейства селягинеллевых (*Selaginellaceae*?) — *Zonotriletes psilopteruz* Lub., характерных для комплексов катской свиты.

Голосеменные растения представлены пыльцой кордаитов, древних хвойных, беннеттитов и цикадофитов.

Пыльца кордаитов, появляющаяся с верхов тушамской свиты, достигает максимального содержания в бургуклинской. В их составе отмечаются представители типичных *Copdaites* (*Cordaitozonaletes rugulifer* Lub., *C. stipticus* Lub.) и *Noeggerathiopsis* (*Noeggerathiopsidozonaletes rotatus* Lub., *N. angustelimbatus* Lub.).

Пыльца цикадофитов (*Cycadoletes caperatus* Lub., *Ginkgoletes retroflexus* Lub.) присутствует в комплексах катской и бургуклинской свит при заметном увеличении их содержания в последней.

На основании изложенного могут быть высказаны следующие соображения о развитии растительности и климате времен накопления отложений верхнепалеозойских осадков среднего Приангарья.

Согласно литературным данным (Криштофович, 1957 и др.), растительностью нижнего карбона были влажные леса с господством гигантских древовидных лепидофитов, гигантских хвощей и каламитов, произраставших на болотистых пространствах и периодически затопляемых побережьях. Отсутствие у них годичных колец древесины свидетельствует о равномерном росте, не прерываемом сменой теплых и холодных периодов, и о теплом климате этой эпохи, близком к современному тропическому.

Комплексы спор, выявленные из отложений нижних горизонтов тушамской свиты, отличающиеся преобладанием каламитов и лепидофитов при подчиненном значении птеридосперм и папоротников, указывают на существование аналогичной растительности и жаркого климата в Приангарье в первую половину эпохи накопления осадков этой свиты.

Со второй половины эпохи накопления осадков тушамской свиты формируется флора, получившая дальнейшее развитие в среднем и верхнем карбоне. В то же время теряют свое значение лепидофиты и каламиты, представленные уже мелкими формами.

Для эпохи отложения катской свиты характерны уже влажные леса древовидных папоротников, селягинель, кордаитов, птеридосперм. Резко

подчиненное значение в них имеют древние хвойные и цикадофиты. Следовательно, с конца эпохи накопления тушамской свиты климат, оставаясь влажным и теплым, становится более умеренным и характеризуется чередованием теплых и холодных периодов (времен года). Пыльца кордантов, отмечаемая с верхов тушамской свиты и приобретающая серьезное значение в катской свите, становится преобладающей в комплексах бургуклинской свиты. Это вполне согласуется с данными изучения листовой флоры, свидетельствующей о господстве кордантовой тайги в нижней перми тунгусской провинции. Климат к этому времени становится менее влажным и более умеренным по сравнению с климатом карбона.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреева Е. М. Споры и пыльца из углей западной окраины Тунгусского бассейна.— Труды ВСЕГЕИ, Палинология и стратиграфия, 1953.
- Андреева Е. М. Параллелизация пермских угленосных отложений Тунгусского, Минусинского и Кузнецкого бассейнов по данным спорово-пыльцевого анализа.— Сб. научно-технич. информ. МГиОН СССР, 1955.
- Дибнер А. Ф. Палинологические комплексы верхнепалеозойских отложений северо-востока Сибирской платформы и их стратиграфическое значение. Автореф. дисс., 1958.
- Дибнер А. Ф. Спорово-пыльцевые комплексы из верхнепалеозойских отложений севера Сибирской платформы.— Совещ. по геол. строению и минеральным ресурсам Сиб. платформы, вып. 2. Иркутск, 1960.
- Дибнер А. Ф. Расчленение верхнепалеозойских отложений среднего течения р. Ангара по данным спорово-пыльцевого анализа.— Труды НИИГА, Палеонтология и биостратиграфия Советской Арктики, т. 124, вып. 2, 1961.
- Ищенко А. М. Атлас микроспор и пыльцы среднего карбона Донбасса. Киев, 1952.
- Ищенко А. М. Спорово-пыльцевой анализ нижнекаменноугольных отложений Днепровско-Донецкой впадины. Киев, 1958.
- Криштофович А. Н. Палеоботаника. Изд-во АН СССР, 1957.
- Любер А. А. Атлас спор и пыльцы палеозойских отложений Казахстана. Алма-Ата, 1956.
- Любер А. А., Вальц И. Э. Атлас микроспор и пыльцы палеозоя СССР, 1941.
- Нейбург М. Ф. О тушамской свите Тунгусского бассейна. Докл. АН СССР, 110, № 2, 1956.
- Рассказова Е. С. К стратиграфии верхнепалеозойских отложений Тунгусского бассейна.— Бюлл. МОИП, отдел геол., № 5, 1958.
- Эйноор О. Л. Граница каменноугольной и пермской систем.— Бюлл. МОИП, отд. геол., т. XXVII (2), 1952.
- Эйноор О. Л. Корреляция и возраст основных разрезов верхнего палеозоя Печоро-Кузнецкой угленосной области.— Сов. геол., № 1, 1958.

ХИМИКО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОСЕРНИСТЫХ УГЛЕЙ ИРКУТСКОГО БАСЕЙНА

На территории Советского Союза иркутские угли содержат максимальное количество серы (Новометелкинское и Арансахойское месторождения), характеризуются значительной невыдержанностью ее распределения по пластам одного и того же месторождения (Новометелкинское, Каранцайское, Забитуйское и др.) и одновременно присутствием разных генетических типов серы в одном и том же пласте месторождения (Каранцайское, Кармагайское и др.).

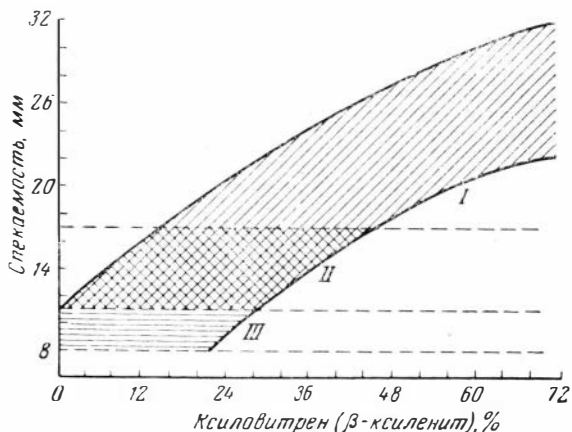
В настоящее время высокую сернистость углей принято относить за счет, так называемой вторичной серы (Юровский, 1960). Эта сера, определяемая по методике производственных химических лабораторий, попадает в группу органической, т. е. присоединяется к действительно органической сере, образовавшейся непосредственно из растений, но содержание ее в углях обычно не превышает 0,5%.

Проведенные химико-петрографические исследования показали, что высокосернистые угли различных месторождений Иркутского бассейна отличаются между собой весьма резко. Этот факт указывает на отсутствие единых генетических условий серообразования в бассейне. Кроме того, на примере Каранцайского месторождения можно предполагать о разных условиях серообразования даже внутри одного и того же месторождения (западная часть Каранцай — малосернистые угли, восточная — высокосернистые).

До последнего времени считалось, что в Иркутском бассейне лучше всего спекаются угли, богатые серой, содержащие преимущественно (на 70—80%) органическую ее разновидность, поэтому проводилась прямая зависимость толщины пластического слоя от количества серы (Клопотов, Огнев, 1957). Исходя из этого положения И. К. Клопотов (ВУХИН) подразделил все иркутские каменные угли на соответствующие группы. Нами прослежено распространение углей этих групп по месторождениям бассейна. При этом представление о высокой сернистости иркутских углей за счет только органической серы оказалось ошибочным. Ревизия химических анализов показывает, что количество ее в сернистых углях колеблется в пределах 15—77% от общего содержания, и прямая зависимость спекаемости угля от органической серы не наблюдается, так как в одну и ту же группу по спекаемости попадают угли с самым различным соотношением генетических типов серы. Поэтому к предложенной ВУХИН технологической группировке углей Иркутского бассейна следует относиться весьма осторожно.

Установлено, что в малосернистых углях (до 1,1%) преобладает, а в некоторых углях (Новометелкинское месторождение) почти целиком содержится только органическая сера, которая генетически, по-видимому,

действительно является первичной. Высокосернистые угли почти полностью сложены группой витринита (от 68 до 94%), в значительно меньшей мере — группой семивитринита (микстинита — от 0,4 до 16%) и лейптинита (от 5 до 19%). В ничтожных количествах присутствуют компоненты групп фюзинита (0,2—0,5%) и альгинита (0,2—1,0%). Компоненты группы телинита в исследованных углях почти не распознаются, а линзы кsilовитренов обычно попадают в группу коллинита.



Зависимость спекающей способности углей Иркутского бассейна от содержания в них кsilовитренов:

Месторождения: I — Арансахойское ($S^c_{\text{общ.}} = 3,4\text{—}13,1\%$), Но-вометелкинское ($S^c_{\text{общ.}} = 3,3\text{—}7,2\%$); II — Кармагойское ($S^c_{\text{общ.}} = 0,2\text{—}0,9\%$), Владимир-Головинское ($S^c_{\text{общ.}} = 3,08\text{—}5,83\%$), Забитуйское ($S^c_{\text{общ.}} = 4,2\text{—}7,0\%$); III — Черемховское ($S^c_{\text{общ.}} = 1\text{—}3\%$)

Изучение органической массы высокосернистых углей в проходящем свете показало, что их спекаемость в первую очередь зависит от количества в основной массе угля гелифицированных тканей, представленных кsilовитренами (β-ксиленин, см. график). Линзы ксиленов и суберинитовых тканей в углях положительного влияния на спекаемость не оказывают.

Полученные выводы о влиянии кsilовитренов на спекающие свойства иркутских углей вполне увязываются с углепетрографическими работами, которые были проведены ДонУГИ и Институтом геологических наук АН СССР в Донецком бассейне (Боголюбова и Яблоков, 1952, 1955), где угли с большим содержанием структурных гелифицированных компонентов спекаются лучше, чем угли с однородной основной массой (при условии одинаковой степени углефикации).

Предложенная И. К. Клопотовым и Р. К. Огневым (1957) петрографическая характеристика углей Иркутского бассейна оказывается весьма схематичной и не всегда соответствует действительности. Это объясняется тем, что исследование проводилось исключительно в отраженном свете, при котором характерные для иркутских высокоспекающихся углей кsilовитрены не были распознаны и включены в основную массу угля («витринизированное вещество»), а хорошо выделяющиеся в брикетах-аншлифах линзы ксиленов и коровой ткани были неправильно отнесены к группе кsilовитренов. Поэтому по данным И. К. Клопотова и Р. К. Огнева получилось, что присутствие кsilовитренов понижает спекаемость углей. В действительности же, как показали наши исследования, это вызывалось присутствием в углях ксиленов и коровой ткани.

Изложенное лишним раз подтверждает, что изучение углей низкой степени метаморфизма (типа иркутских каменных углей) только в отра-

женном свете малоэффективно и затушевывает их истинный петрографический состав.

Присутствие в основной массе угля тех или иных структурных микрокомпонентов (ксиленов или кsilовитренов) указывает на разную степень углефикации¹ исходного растительного материала высокосернистых углей Иркутского бассейна. Метаморфизм этих углей выражен очень слабо, все угли низкой степени углефикации (не выше газовой; содержание углерода ниже 82%), что совершенно не увязывается с повышенной спекаемостью углей.

Существенный показатель для углей Иркутского бассейна — их зольность, с повышением которой спекаемость углей резко падает. Важным качественным показателем служит также присутствие серы, которая способствует спеканию углей, но лишь при соответствующем петрографическом их составе. Например, насыщение углей структурными гелифицированными тканями (образование кsilовитренового дюрена) и высокое содержание серы очень значительно повышают спекаемость углей (Новометелкинское и Арансахойское месторождения). Угли с повышенным и высоким содержанием серы и небольшим содержанием в основной массе кsilовитренов, или малосернистые угли, но с повышенным содержанием кsilовитренов, характеризуются умеренной спекаемостью (Кармагайское и Базойское месторождения).

Подводя итоги изучения вещественно-петрографического состава каменных углей Иркутского бассейна можно констатировать, что угли каждого месторождения этого бассейна весьма разнообразны по петрографическим параметрам, сернистости и спекаемости. Основные выводы при этом сводятся к следующему:

1. Высокосернистые угли Иркутского бассейна обладают низкой степенью углефикации; химико-петрографическое разнообразие их связано с исходным растительным материалом, средой его разложения (особенно составом торфяных вод) и явлениями диагенеза.

2. Спекаемость иркутских углей зависит от присутствия и количества в основной массе угля кsilовитренов, с увеличением которых спекаемость возрастает. Линзы кsilенов и коровых тканей положительного влияния на спекаемость не оказывают.

3. В случае присутствия в углях большого количества кsilовитренов и повышенного содержания серы угли становятся высокоспекающимися. Прямая зависимость спекания углей от содержания в них органической серы не наблюдается.

4. Имеющийся экспериментальный и геологический материал убеждает в том, что в каждом угольном бассейне существуют свои генетические особенности формирования углей, определяющие их свойства, качество и направление практического использования.

В заключение хотелось бы еще раз подчеркнуть исключительно важную роль угольной петрографии при исследовании ископаемых углей.

ЛИТЕРАТУРА

- Боголюбова Л. И., Яблоков В. С. Генетические типы углей среднего карбона юго-западной части Донбасса.— Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1952.
Клопотов И. К., Огнев Р. К. Закономерности изменения показателей качества и технологических свойств иркутских каменных углей.— Труды ВУХИН, Свердловск, 1957.
Юровский А. З. Сера каменных углей. Изд. 2. Изд-во АН СССР, 1960.
Яблоков В. С., Боголюбова Л. И. Атлас микроструктур углей Донецкого бассейна. Изд-во АН СССР, 1955.

¹ Термин «углефикация» включает, по нашему мнению, процесс диагенеза (превращение торфа в бурый уголь) и метаморфизм углей.

УГЛЕНОСНОСТЬ И КАЧЕСТВО УГЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЛЕНСКОГО БАССЕЙНА

К центральной части Ленского угленосного бассейна нами отнесен Сангарский угленосный район, расположенный на правом берегу р. Лены, между реками Алдан и Дяньшюка, и прилегающие к этому району с юго-запада части Якутско-Вилуйского угленосного района.

В результате проведенных НИИГА работ в 1954—1959 гг. в Сангарском районе изучен разрез угленосных отложений и выявлено качество углей ряда месторождений в Приверхоанской зоне Ленского бассейна.

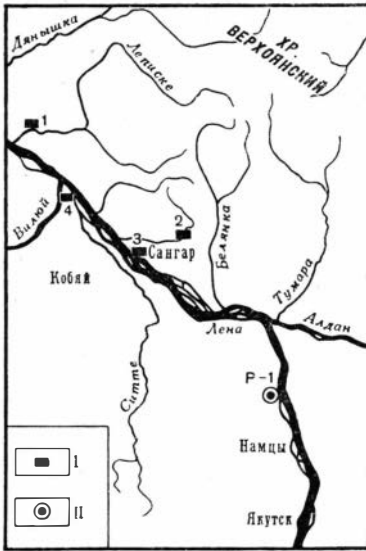
Центральная часть Ленского бассейна расположена в широком Предверхоанском прогибе. При этом угольные месторождения Нижне-Леписское, Чечумское и Сангарское находятся в складчатой зоне прогиба на западном крыле Верхоанского мегаантиклинория, месторождение Собо-Хая — в центре прогиба, а Намская опорная скважина Р1 — в приплатформенной зоне прогиба (фиг. 1).

В описываемом регионе имеется мощная угленосная формация, которая подстилается среднеюрскими терригенными отложениями с морской фауной. Угленосные отложения по принятому в настоящее время делению расчленены на две серии: чечумскую — верхнеюрского возраста и сангарскую нижнемелового (фиг. 2).

В чечумской серии выделяют джаскойскую угленосную свиту и сытогинскую безугольную в соседних — Жиганском и Алданском — районах с морской фауной. В описываемом регионе отложения сытогинской свиты маломощные (до 40 м), фауна в них не найдена. Общая мощность чечумской серии в Намской опорной скважине 440 м, а в Сангарском районе 540 м.

Сангарская серия осадков расчленена нами на четыре свиты: ынгырскую, чонгургасскую, эксеняхскую и хатырыкскую.

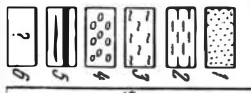
Ынгырская свита состоит из песчаников (77%), алевролитов и аргиллитов (20%) и угольных пластов (3%). Угольные пласты в свите



Фиг. 1. Обзорная карта района

1 — месторождения угля:
1 — Нижне-Леписское, 2 — Чечумское,
3 — Сангарское, 4 — Собо-Хая; II —
Намская опорная скв. Р1

Ю р с к а я		М е л о в а я					Верхний	Система
Средний	Верхний	Н и ж н и й					Верхний	Отдел
Не		в ы д е л е н а					Неоген	Серия
Байлыкская	Чечумская	Сангарская	Эксеняк	Намская	Темердякск.	Тандо	Свита	
640	665	575	180	510	270	80	Мощность, м	
Литологическая колонка								
	I	II	III	IV	V	VI	Угольный пласт	
	1,5	1,4	0,46	0,7	2,0	2,0	Мощность, м	
	7	22	17	9	17	4	Число угольных пластов, всего / рабочая	
	11,4	21,7	2,19	0,65	0,6	11	Суммарная мощность угольных пластов, общая / рабочая	
						60		



Ю р с к а я		М е л о в а я					Верхний	Система
Средний	Верхний	Н и ж н и й					Верхний	Отдел
Китчанская		С а н г а р с к а я					Вилуйская	Серия
Джаскойская	Сыганская	Вингурская	Чонгургасская	Эксенякская	Хатырыкская	Тимердякская	Свита	
>700	500	550	1300	700	760	560	Мощность, м	
Литологическая колонка								
	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	Угольный пласт	
	0,5	2,35	1,2	1,0	1,5	0,4	Мощность, м	
	4	30	12	40	29	11	Число угольных пластов, всего / рабочая	
	82	14,0	1,0	20	20	23	Суммарная мощность угольных пластов, общая / рабочая	
Леписскому	Чечумскому	Сангарскому	Леписскому	Леписскому	Леписскому	Леписскому	По разрезу	

Фиг. 2. Сопоставление разрезов мезозойских отложений района Намской опорной скважины (по Е. Н. Сарычеву и М. В. Бархатовой) и Западного Верхоянья (по М. М. Маландину, 1959 г.)

1 — песчаник, 2 — алевролит, 3 — аргиллит, 4 — конгломерат, 5 — пласты и прослойки угля, 6 — не вскрыто

расположены относительно равномерно, общее количество их более 20 при суммарной мощности 19,0 м; рабочих пластов 10 общей мощностью 13,0 м.

Мощность свиты увеличивается в северо-восточном направлении — от 225 м в Намской опорной скважине до 550 м в Сангарском районе.

Чонгургасская свита — наиболее мощная с максимальным содержанием пластов и прослоев угля. В пределах Сангарского каменноугольного месторождения эта свита полностью вскрыта скважинами разведочного бурения; мощность ее 1300 м. В свите более 40 угольных пластов суммарной мощностью 26—27 м; 20 угольных пластов имеют рабочую мощность (более 0,7 м); общая мощность 23 м. Отсюда следует, что общий коэффициент угленосности равен 2%, а по рабочим пластам — 1,85%. Угольные пласты в свите распределены относительно равномерно при среднем расстоянии между пластами 30—40 м. Согласно данным разведки, средняя мощность рабочих пластов 1,0—1,3 м. Большинство этих пластов простого строения и относится к устойчивым или относительно устойчивым. В Намской опорной скважине указанные отложения выделены под названием сангарской свиты (575 м). Здесь свита содержит меньше угольных пластов, но мощность некоторых из них достигает 5 м.

Эксеняхская свита — песчаниковая и, как правило, содержит лишь редкие тонкие линзы и прослои угля. В целом свита промышленно безугольная. Мощность ее 180—700 м.

Хатырыкская свита сложена песчаниками (74%), алевролитами (15%), аргиллитами (7,0%) и угольными пластами (4,0%). Угольные пласты, в том числе и мощные, в разрезе Намской опорной скважины расположены в нижней половине свиты, а в Сангарском районе — в средней ее части. В этом районе в свите содержится 29 угольных пластов суммарной мощностью 32 м. Мощность свиты 510—760 м. Мощность сангарской серни в целом 1490—3310 м.

Угленосные отложения сангарской серни перекрываются, по-видимому, несогласно, осадками вилюйской серни, не содержащими пластов углей рабочей мощности.

Как видно из приведенного описания стратиграфического разреза, угленакопление в центральной части Ленского бассейна началось с верхней юры и закончилось в конце альба; угленакопление в различных частях бассейна было неодинаковым. Из данных по разрезу Намской опорной скважины и сводного разреза по Сангарскому району (см. фиг. 2) видно, что угленосные отложения в Приверхоянье имеют в 2 раза большую мощность: 1930 м в районе Намской скважины и 3850 м в Сангарском районе. Соответственно изменяются число и суммарная мощность угольных пластов:

	Намская опорная скважина	Сангарский район
Общее число пластов	52	127
Число пластов мощностью более 0,7 м	20	45
Суммарная мощность пластов, м . . .	49,8	95,3
В том числе рабочих пластов, м . . .	39,0	70,1

Аналогичное изменение количества и мощности угольных пластов, правда с некоторыми отклонениями, наблюдается и по каждой угленосной свите.

К а ч е с т в о у г л е й. По степени углефикации угли центральной части Ленского бассейна изменяются от бурых до паровично-спекающихся. Бурые угли развиты в приплатформенной части бассейна, каменные — в прискладчатой.

Анализы углей из Намской опорной скважины и ряда месторождений

Таблица 1

Анализы углей Сангарского района Ленского угленосного бассейна

Свита, пласт, место взятия пробы	Мощность угольного пласта, м	W ^a , %	A ^c , %	S ^c общ., %	СГ, %	НГ, %	NГ+ +ОГ+ +СГ	Смола, %	Битум., %	Гумино- вые кислоты, %	VГ, %	Q ^Г Б. ккал/кг	х, мм	у, мм	Нелетучий осадок
Ниже-Леписское месторождение															
Хатырская, III, штольня	5,50	12,3	4,8	0,5	74,7	4,3	21,0	6,2	1,9	23,3	38,3	6861	—	—	Порошкообразный
Чонгургасская, XII, канава	1,1	8,8	6,9	0,5	77,5	5,4	17,1	13,0	5,9	15,5	44,5	7606	—	—	»
Ынгырская, XXV, канава	2,3	4,3	12,9	0,3	80,5	5,8	13,7	14,8	6,1	Следы	40,2	7888	—	—	Слипшийся
Джаскойская, XXXVII, канава	3,4	3,0	5,4	0,3	82,6	5,5	11,9	10,7	5,0	»	36,0	8050	—	—	Сплавленный, невспученный
Сангарское месторождение															
Чонгургасская, Д, шахта	1,05	3,7	9,7	0,2	81,2	6,5	12,3	25,2	9,6	»	52,3	8354	72	8	Слабоспекшийся
Джаскойская, один из нижних, роторная скв. 1, глубина 983 м	—	1,1	13,0	0,3	86,7	5,8	7,5	9,9	0,7	»	32,4	8550	—	—	Сплавленный, вспученный
Чечумское месторождение															
Чонгургасская, II ₁ , канава	1,5	0,9	11,6	0,3	87,0	5,8	7,2	17,1	1,9	—	40,0	8623	—	—	То же
Ынгырская, VI ₁ , штольня	2,4	0,9	11,8	0,3	88,8	5,8	5,4	12,9	0,7	—	34,3	8795	20	26	» »
Ынгырская, XIV, штольня	1,25	0,4	11,6	0,4	90,3	5,1	4,6	7,4	1,1	—	24,0	8812	10	28	» »
Джаскойская, XIX, штольня	0,80	0,8	11,6	0,5	91,9	4,9	4,0	3,6	0,5	—	18,4	8683	2,2	7	Сплавленный, невспученный
Намская опорная скважина															
Хатырская, XXV, глубина 685 м	1,85	8,5	18,9	0,3	68,5	6,7	24,8	—	—	13,7	46,5	—	—	—	—
Чонгургасская, XVI, глубина 1506 м	2,0	3,4	15,8	0,3	76,6	7,5	15,9	—	—	5,0	56,0	—	—	—	—
Ынгырская, V, глубина 1740 м	3,3	2,3	6,2	0,2	77,7	6,8	15,5	—	—	5,2	50,2	—	—	—	—

Сангарского угленосного района показывают, что состав углей в пределах каждого месторождения закономерно изменяется (табл. 1). Это особенно отчетливо видно по изменению содержания углерода, количество которого повышается соответственно увеличению стратиграфической глубины залегания угольного пласта, а количество кислорода, наоборот, уменьшается. Содержание водорода в углях изменяется несколько по-иному. В разрезе Нижне-Леписского месторождения количество водорода со стратиграфической глубиной увеличивается, а в Чечумском месторождении — уменьшается. В углях Сангарского месторождения и Намской скважины содержание водорода наиболее высокое и только в нижнем пласте Сангарского месторождения заметно уменьшается. Такое распределение водорода связано со степенью углефикации углей¹. Выше всего содержание водорода в углях газовой степени углефикации и близких к ним длиннопламенных и паровично-жирных. В углях как более высокой степени углефикации (коксовых и паровично-спекающихся), так и низкой (длиннопламенных переходных к бурым) содержание водорода уменьшается.

Соответственно изменению содержания водорода изменяется выход смол полукоксования, летучих веществ и битума А; наибольший выход смол отмечен в углях газовой степени углефикации Сангарского каменноугольного месторождения.

Высокий выход смол в углях Сангарского и других месторождений связан с особым составом гелифицированного вещества, а не присутствием в углях липонидных компонентов. Этот вывод сделан на основании работ И. И. Аммосова (1953) и на значительно большем материале (и более детальных исследованиях) — Е. С. Корженевской и Н. С. Голоушина (1959). Указанные исследователи путем разделения углей в тяжелых жидкостях на микрокомпоненты показали, что основной выход смолы полукоксования из сангарских углей получается за счет гелифи-

Таблица 2

Анализы углей Ынгырской свиты

Пласг. место взятия пробы	W ^a , %	A ^c , %	S ^c общ., %	C ^г , %	H ^г , %	N ^г + +O ^г + +S ^г , %	Смола	Битум	Гуми- новые кислоты	V ^г	Г. ккал/кг	Степень уг- лефикации
Намская опорная скважина												
V, с глу- бины 1740 м	2,3	6,2	0,2	77,7	6,8	15,5	—	—	5,2	50,2	—	Д
Месторождение у возвышенности Собо-Хая нар. Вилюй (обнажение 183)												
Карьер- ный, от- крытый карьер	8,8	11,8	0,2	75,4	5,7	18,9	15,4	4,8	31,4	48,8	7359	Д
Нижне-Леписское месторождение												
XXXV, канавы	2,9	20,0	0,4	81,2	5,5	13,3	11,6	5,0	Следы	37,3	7921	Г
Чечумское месторождение												
XIV, штольня, глубина 10,0 м	0,4	11,6	0,4	90,3	5,1	4,6	7,4	1,1	—	24,0	8812	К

¹ Количество водорода в основном определяется составом исходного растительного материала углей.— *Ред.*

цированных компонентов. Такой характер гелифицированного вещества — газовых и близких к ним паровично-жирных углей Сангарского угленосного района, вероятно, следует объяснить условиями захоронения торфяников в восстановительной среде (Гусев, Запорожцева, 1960).

Характерной особенностью углей Ленского бассейна является то, что при таком же выходе летучих веществ, например, у каменных углей марок К и ПС Донецкого или Кузнецкого бассейнов, они имеют более высокое содержание углерода и водорода, а в связи с этим у них и более высокая теплота сгорания.

Для центральной части Ленского бассейна характерно следующее закономерное изменение качества углей, зависящее от расположения месторождения относительно платформы и складчатой зоны (табл. 2): угли месторождений, расположенные ближе к платформе, менее углефицированы (длиннопламенные), а угли из месторождений складчатой зоны — газовые и коксовые (Чечумское месторождение).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из изложенного следует, что центральная часть Ленского бассейна выполнена мощной угленосной формацией, закономерно увеличивающейся от платформы к складчатой области и достигающей в Сангарском районе Западного Верхоянья 3850 м. Эта формация содержит более 120 угольных пластов, из которых 45 имеют мощность от 0,7 до 6,0 м. Суммарная мощность только этих пластов 70,1 м.

В центральной части Ленского бассейна развиты угли от бурых до каменных паровично-спекающихся и, возможно, тощих. Угли наиболее ценных марок (Г, ПЖ, К и ПС) распространены в Сангарском районе Западного Верхоянья (Маландин, 1956). Вероятно, половину этих углей можно использовать для коксования. Часть этих углей можно в начальный период разрабатывать штольнями. В настоящее время угли района изучены еще слабо, но имеющиеся данные по отдельным месторождениям (Чечумскому, Сангарскому) дают основание говорить о высоком качестве и разнообразии углей района.

В Чечумском месторождении по долине реки обнажен разрез угленосных отложений мощностью более 1500 м, содержащий свыше 20 угольных пластов мощностью от 0,7 до 3,0 м. По качеству угли месторождения представлены паровично-спекающимися, коксовыми и паровично-жирными пригодными для получения металлургического кокса.

Угли Сангарского месторождения газовые, но дают высокий выход смолы при полукоксовании, например, пласт Д — до 25% на горючую массу. В шихте с чечумскими углями сангарские угли имеют удовлетворительные пластометрические показатели ($y=18$ мм). Из сравнения коксовых углей Чечумского месторождения с аналогичными углями других месторождений Якутии и Сибири можно сделать предварительный вывод, что угли Сангарского района достаточно высококачественные.

Значительные запасы углей наиболее ценных марок, выявленные в Сангарском районе Западного Верхоянья, дают основание предполагать, что в будущем угли этого района могут иметь большое народнохозяйственное значение.

ЛИТЕРАТУРА

- Аммосов И. И. Характерные особенности типичных углей Востока и Севера СССР. Изд-во АН СССР, 1953.
- Гусев А. И., Запорожцева А. С. О некоторых закономерностях накопления меловых осадков в Ленском угленосном бассейне.— Труды НИИГА, т. 112, вып. 6, 1960.
- Корженевская Е. С. и Голоушин Н. С. Особенности химико-петрографической характеристики углей Ленского бассейна.— Труды НИИГА, т. 107, в. 12, 1959.
- Маландин М. М. Новые данные по стратиграфии и угленосности Сангарского района Ленского бассейна.— Труды НИИГА, т. 89, в. 6, 1956.

ХАРАКТЕР УГЛЕННОСТИ В МЕЗОЗОЙСКИХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВПАДИНАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ И УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ¹

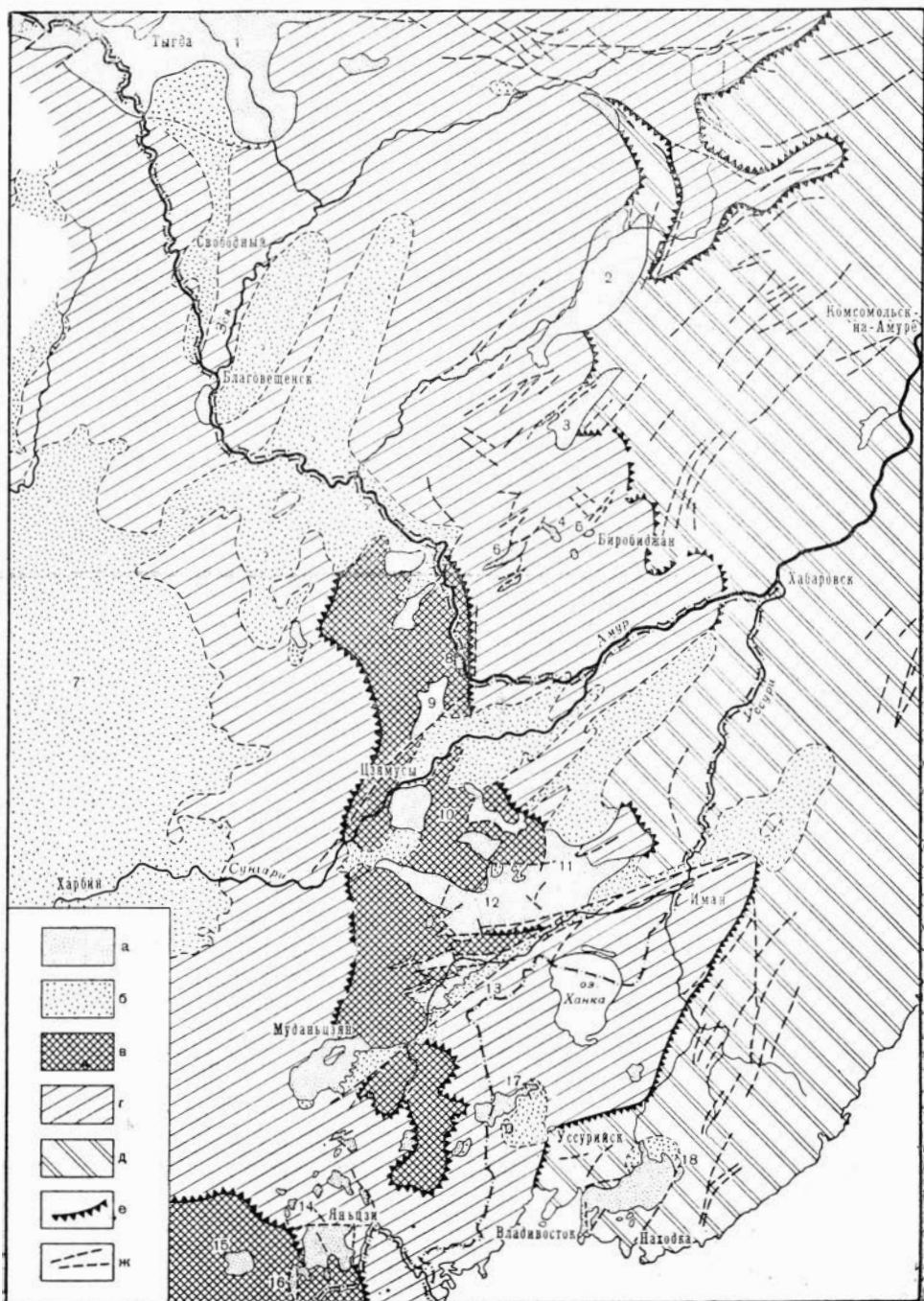
Советский Дальний Восток и смежные части Северо-Восточного Китая представляют собой регион с весьма сложным геологическим строением. На этой сравнительно небольшой территории наблюдаются самые разнообразные по возрасту и степени консолидации структуры — от остатков древней Китайской платформы до областей позднемезозойской и даже кайнозойской складчатости.

Интенсивное складкообразование, протекавшее на различных этапах развития региона, в одних случаях расширяло площади завершённой складчатости, в других — приводило к многократной активизации и даже частичной переработке ранее консолидированных структур. В частности, одним из своеобразнейших проявлений верхнемезозойского тектогенеза является формирование в результате активизации тектонических движений многочисленных континентальных впадин как в пределах уже консолидировавшихся разновозрастных структур, так и в областях ещё не завершённой складчатости. Подавляющее большинство этих впадин в силу благоприятных палеогеографических факторов явилось бассейнами угленакпления, которые ввиду разнохарактерности проявления тектонических движений в разновозрастных структурах отличаются разнообразием их строения и характера угленосности.

Касаясь вопроса распределения верхнемезозойских впадин в регионе, прежде всего следует обратить внимание на тесную пространственную связь большинства впадин, расположенных на консолидировавшихся массивах, с геосинклинальными структурами (фиг. 1), причем в расположении ряда впадин, несмотря на их типично наложенный характер, наблюдается частичная унаследованность от прогибов предшествующих этапов. Во впадинах, расположенных в пределах мезозойских складчатых структур, унаследованность проявляется наиболее ярко, хотя и они, строго говоря, все-таки наложенные.

Верхнемезозойские угленосные впадины региона группируются в несколько хорошо выраженных систем (с юго-востока на северо-запад): Сучанскую (Сучанская впадина и смежные небольшие площади распространения мезозойских континентальных отложений); Суйфунскую

¹ Публикуется в порядке обсуждения.— *Ред.*



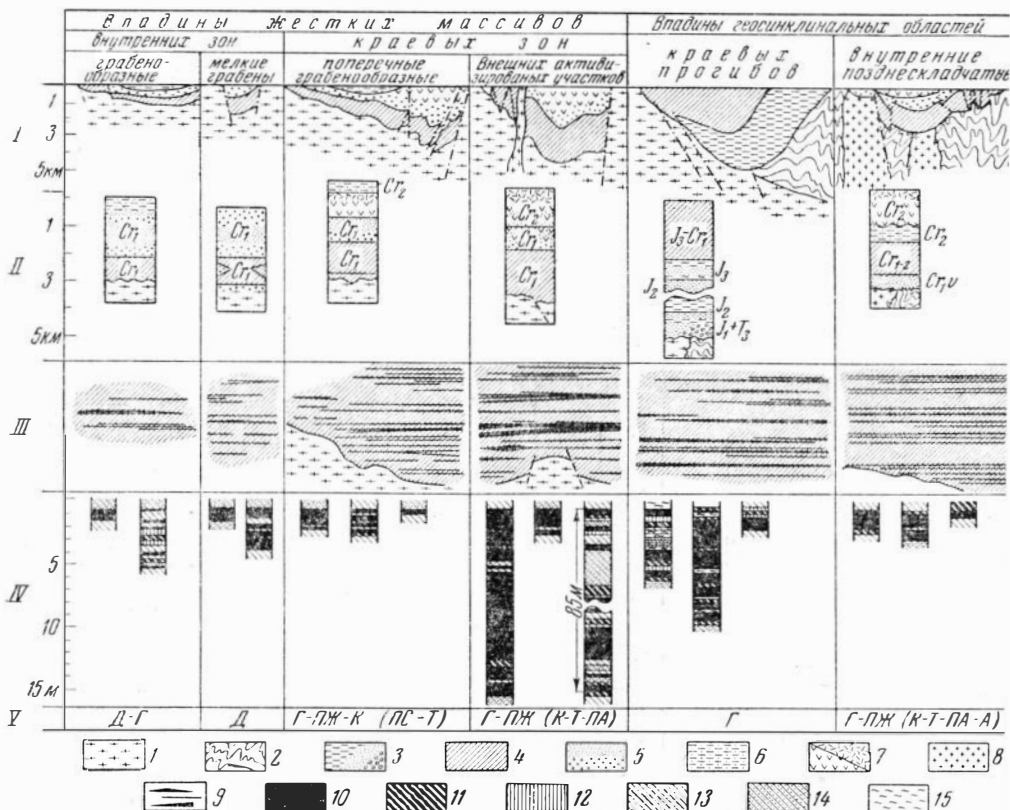
Фиг. 1. Схема размещения верхнемезозойских угленосных впадин на территории южной части Дальнего Востока и в смежных с ним районах

а — верхнемезозойские континентальные впадины, б — площади возможного развития верхнемезозойских угленосных отложений, в — области докембрийской складчатости, г — области палеозойской складчатости, д — области мезозойской складчатости, е — границы между складчатыми областями, ж — основные разломы. Впадины: 1 — Верхне-Амурская, 2 — Бурейская, 3 — Тирминская, 4 — Лондокская, 5 — Бирская, 6 — Сутарская, 7 — Сундяо, 8 — Синьдунская, 9 — Хэганская, 10 — Шуаньяшаньская, 11 — Баоцинская, 12 — Вокэньхэ, 13 — Мулинская, 14 — Яньцзи, 15 — Альту, 16 — Хэлунская и Тушаньцзы, 17 — Верхне-Суйфунская, 18 — Сучанская

Сопоставление выделенных типов верхнемезозойских угленосных впадин Дальнего Востока с генетическими типами наиболее распространенных классификационных схем для угленосных отложений, тектонических впадин и прогибов

Автор схемы	Грабенообразные впадины внутренних частей жестких массивов (Сатурская, Яныцзи, Альту, Суяляо?)	Мелкие грабены внутренних частей жестких массивов (Бирская, Лондонская, Сильдунская, Тушаньцзы, Хэлунская и другие впадины)	Грабенообразные впадины краевых частей жестких массивов (Врхне-Суйфунская, Мулинская, Вокэньхэ, Шуаньянань, Верхне-Амурская?)	Впадины внешних вторично активизировавшихся участков консолидированных массивов (впадины Баоцшской и Хэцзянской зон)	Впадины краевых прогибов (Буренская и Тярминская)	Впадины позднескладчатой стадии геосинклинального развития (Сучагская)
П. В. Васильев (1949 г.)	Угольные месторождения платформенных тектонических впадин			Переходные угольные месторождения		Геосинклинальные угольные месторождения
А. С. Хоментовский (1951 г.)	Внутриплатформенные угленосные бассейны	Поперечные краевые угленосные бассейны		Предгорные (продольно-краевые) угленосные бассейны		Вторичные межгорно-котловинные угленосные бассейны
Л. Б. Рухин (1953 г.)	Переходные межгорные угленосные формации			Переходные предгорные угленосные формации		
Г. Ф. Краешинников (1950—1954 гг.)	Угленосные формации подвижных платформенных областей			Угленосные формации внутренних прогибов геосинклинальных областей (автором к этому типу отнесен Буренский бассейн)		
Ю. А. Жемчужников (1955 г.)	Угленосные отложения синеклиза и грабенов на молодых (подвижных) платформах			Угленосные отложения		Угленосные отложения центральных частей геосинклинальных областей
Е. А. Перепичина (1956 г.)	Месторождения прогибного режима развития на платформенном фундаменте	Месторождения прогибного режима на консолидирующемся геосинклинальном основании		Месторождения прогибного режима на фундаменте прогибного типа развития		Месторождение прогибного режима на геосинклинальном основании
Г. А. Иванов (1959 г.)	Угленосные формации внутренних молодых подвижных платформ		—		Угленосные формации промежуточных волновых прогибов (авторами к этому типу отнесен Буренский бассейн)	Угленосные формации прогибов центральных зон геосинклиналей (к этому типу автором отнесен Сучагский бассейн)
Ю. М. Пуцаровский (1959 г.)	Внутренние послегеосинклинальные впадины и прогибы активизированных древних складчатых поясов		Внешние послегеосинклинальные впадины активизированных древних складчатых поясов		Впадины краевых прогибов	Позднегеосинклинальные внутренние прогибы
А. С. Хоментовский (1960 г.)	—		Платформенные грабенные впадины		—	
				Угленосные впадины краевых прогибов		

(Верхне-Суйфунская, Дуннинская и Лаохэйшань); Яньбяньскую (Яньцзи, Тушаньцзы, Хэлун, Аньту, Ваньцинские, Тунтяньин и др.); Мулинскую (Мулинская, Муданьцзянская, Вокэньхэ, Баоцинская группа и др.); Хэцзянскую (Хэганская, Шуанья-Шань, площади развития континентального мезозоя центральных частей Хэцзянкой кайнозойской



Фиг. 2. Изменение характера угленосности Дальневосточных верхнемезозойских впадин I — схематические обобщенные разрезы впадин, II — типичные стратиграфические колонки мезозойских отложений для каждой группы впадин, III — характер угольных пластов и их распределение в угленосных толщах впадин, IV — типичные разрезы угольных пластов, V — марочный состав углей; 1 — жесткий докембрийско-палеозойский фундамент; 2 — мезозойские складчатые образования, 3 — лагунно-морские отложения, 4 — угленосные (алевро-аргиллитовые, песчано-глинистые) отложения; 5 — континентальные грубообломочные образования; 6 — континентальные неугленосные песчано-глинистые отложения, 7 — эффузивные покровы среднего и кислого состава, 8 — интрузии гранитоидов, 9 — пласты угля, 10 — уголь, 11 — углистые породы, 12 — аргиллит, 13 — алевролит, 14 — песчаник, 15 — пелловый туф

впадины Синьдунская и др.); Мало-Хинганскую (Бирская, Лондоконская, Сутарская, Помпеевская и др.); Зее-Амурскую (Верхне-Амурская и др.).

На формирование впадин решающее влияние оказывали крупные структурные швы и региональные разломы — Центральный Сихотэ-Алиньский, Синкайский, Мулинский, Иланьский, Буреинский и др.

В ориентировке верхнемезозойских угленосных впадин можно наблюдать следующие направления: субширотные, связанные с общим субширотным простираем северной границы Китайской платформы, субмеридиональные и северо-восточные, соответствующие простираем структур Тихоокеанского геосинклинального пояса. С указанными направлениями связаны и крупнейшие структурные швы. Кроме этого, ори-

ентировку некоторых впадин (например, северо-западной части впадины Вокэньхэ) определяют разломы северо-западного направления.

Попытки расчленения дальневосточных верхнемезозойских бассейнов угленакопления в соответствии с наиболее распространенными генетическими классификациями угольных месторождений (П. В. Васильев, 1949 г.; А. С. Хоментовский, 1951 г.; Ю. А. Жемчужников, 1955 г.; Е. А. Перепечина, 1956), угленосных формаций (Л. Б. Рухин, 1953 г.; Г. Ф. Крашенинников, 1950—1954 гг.; Г. А. Иванов, 1959 г.) или тектонических впадин и прогибов (Ю. М. Пушаровский, 1959 г.; А. С. Хоментовский, 1960 г.) показывают, что эти классификации не отображают всего многообразия или тектонических типов описываемых нами бассейнов угленакопления, ни характера их угленосности (см. таблицу). Искусственное же объединение рассматриваемых ниже генетических типов угленосных впадин применительно к одной из указанных классификаций невозможно ввиду резких различий в их угленосности.

В процессе изучения мезозойских угленосных отложений южной части Дальнего Востока мы пришли к выводу о необходимости выделить в пределах региона следующие генетические типы угленосных впадин (фиг. 2):

- 1) грабенообразные впадины внутренних частей жестких массивов;
- 2) мелкие грабены внутренних частей жестких массивов;
- 3) поперечные грабенообразные впадины краевых частей жестких массивов;
- 4) впадины внешних, вторично активизировавшихся участков консолидированных массивов;
- 5) впадины краевых прогибов;
- 6) впадины позднескладчатой стадии геосинклинального развития.

В пределах рассматриваемого региона в мезозое не зафиксирован, к сожалению, один из крайних членов генетического ряда угленосных впадин — синеклизы платформ. Однако не исключена возможность, что мезозойские угленосные впадины этого типа могут быть обнаружены во внутренних зонах кайнозойских синеклиз — Зее-Буреинской и Сунляя, о глубинном строении которых пока имеется очень мало сведений.

Несмотря на то, что угленакопление во всех выделенных типах впадин происходило в одну и ту же эпоху (конец юры — нижний мел), угленасыщенность, строение, распределение и количество угольных пластов, степень метаморфизма углей и другие признаки угленосности, как это будет показано ниже, резко отличны в каждом из этих типов.

ГРАБЕНООБРАЗНЫЕ ВПАДИНЫ ВНУТРЕННИХ ЧАСТЕЙ ЖЕСТКИХ МАССИВОВ

Угленосные отложения этого типа впадин (Сутарская Хабаровского края, Яньцзи и Аньту Гиринской провинции КНР) по своему характеру приближаются к отложениям синеклиз, хотя сами впадины отличаются значительно меньшими размерами; площадь каждой из них в пределах нашего региона не превышает 1500 км². Контуры впадин довольно сложные, обусловлены и неровностями основания, и различным направлением ограничивающих разломов. В общем рассматриваемые впадины имеют овальные очертания.

Мощность угленосных отложений сравнительно небольшая, измеряемая несколькими сотнями метров; эти отложения лежат в основании разрезов, выполняющих впадины осадков, и характеризуются весьма слабым развитием базальных конгломератов. Однако общая мощность

всех отложений, выполняющих грабенообразные впадины, достигает нескольких километров, что связано с последующим изменением тектонического режима этих впадин, обусловившим изменение характера осадконакопления. Состав перекрывающих угленосные осадки образований зависит от структурного положения впадин. Во впадинах Яньцзи и Аньту, расположенных в пределах Сино-Корейского щита, происходит накопление вначале грубообломочной пролювиально-аллювиальной толщи, а затем формирование озерных (лагунных?) пресно- и солоноватоводных осадков. В Сутарской впадине, расположенной в северной части Мало-Хинганского массива, для которого в конце раннего мела и в позднем мелу было характерно интенсивное проявление вулканизма, образуется мощная вулканогенная толща. Во всех случаях между угленосными осадками и перекрывающими образованиями наблюдается эрозионный перерыв.

Все грабенообразные впадины асимметричные, весьма сложного внутреннего строения. Отложения собраны в крупные пологие складки, часто по своему характеру приближающиеся к брахискладкам, и разбиты многочисленными разломами, обычно небольшой амплитуды.

Анализ распределения осадков в угленосной части отложений, выполняющих грабенообразные впадины, показывает, что начало формирования этих впадин и накопление в них аллювиально-болотного комплекса происходило в тектонически спокойной обстановке, вследствие сравнительно небольшого прогибания значительной территории. Бассейны осадконакопления в эпоху формирования угленосных отложений имели значительно большие размеры, чем современная площадь впадин. Лишь после накопления угленосной толщи, в конце раннего мела, в результате общерегиональной активизации тектонических движений в пределах жестких массивов по многочисленным разломам на месте впадин типа синеклиз сформировались грабенообразные структуры, в которых произошло последующее накопление грубообломочных и вулканогенных толщ.

Для угленосных отложений рассматриваемых впадин характерно преобладание алевро-песчаных пород с весьма незначительным развитием грубообломочных и глинистых отложений. Число угольных пластов небольшое, редко достигающее десяти, причем мощность их обычно незначительная, чаще всего менее 1 м. Лишь отдельные пласты превышают эту мощность, и тогда отличаются крайне сложным строением. Суммарная мощность угольных пачек в них обычно не превышает 50% всей мощности пласта.

Угли рассматриваемых впадин обычно высокозольные с резкими колебаниями зольности и по разрезу, и по площади. Степень метаморфизма углей впадин этого типа наиболее низкая по сравнению со степенью метаморфизма всех известных мезозойских углей Дальнего Востока. Угли чаще всего длиннопламенные и лишь изредка газовые. По составу они относятся к дюренам и дюрено-кларенам.

МЕЛКИЕ ГРАБЕНЫ ВНУТРЕННИХ ЧАСТЕЙ ЖЕСТКИХ МАССИВОВ

Мелкие грабены, выполненные мезозойскими угленосными отложениями, довольно многочисленны во внутренних частях докембрийско-палеозойских массивов. Следует сразу же оговориться, что помимо грабенов, дизъюнктивный тектогенез которых проявился с момента заложения впадин и сохранился в эпоху углеобразования, в регионе широко распространены также грабены, образовавшиеся в результате раскола более крупных депрессий в последующие после угленакопления эпохи.

Мы рассмотрим лишь первые, к которым относятся Бирская и Лондокская впадины Хабаровского края, Синьдунская в Хэйлунцзянской провинции, Тушаньцзы и Хэлунская в Гиринской провинции КНР и ряд других. Площадь каждой из этих впадин незначительная — до 150—200 км². Очертания впадин угловатые; они часто вытянуты согласно с основными контролируемыми их разломами. Несмотря на небольшие размеры грабенных, мощность их отложений достигает значительных размеров — 1,5—3,5 км; при этом часто наблюдается перемежаемость угленосных горизонтов с грубообломочными толщами.

По своему внутреннему строению мелкие грабены обычно представляют простые пологие синклинальные, часто асимметричные структуры, оборванные по краям крупными разломами.

Судя по фациальному составу выполняющих отложений, накопленные осадки в рассматриваемых впадинах обуславливались спорадическими опусканиями грабенного блока по ограничивающим его разломам. Движения по разломам нередко сопровождались неоднократными излияниями лав, образующих среди отложений покровы и силлы (Хэлун, Тушаньцзы). Угленосные отложения отличаются крайней невыдержанностью литолого-фациального состава. Совсем рядом по разрезу или простиранию можно встретить мелкоотмученные озерно-болотные осадки и валунные образования конусов выноса. Во всех случаях наблюдается резкое увеличение роли грубообломочных отложений от центра к периферии впадин. Нередко в прибортовых частях в составе угленосных горизонтов встречаются совершенно неотсортированные конгломераты с валунами до 3 м в диаметре.

Число угольных пластов обычно достигает 10—25, но общая угленасыщенность толщи незначительна из-за разобщенности угленосных пачек. Распределение угольных пластов по разрезу неравномерное. Большинство пластов маломощные и только единичные пласты достигают рабочей мощности (максимальная мощность 3 м). Строение маломощных пластов, как правило, простое, более мощных — весьма сложное. Пласты крайне невыдержаны по простиранию, склонны к расщеплению и выклиниванию. Угли чаще всего высокозольные, низкой и средней степени углефикации (обычно марки Д), дюрено-клареновые.

ПОПЕРЕЧНЫЕ ГРАБЕНООБРАЗНЫЕ ВПАДИНЫ КРАЕВЫХ ЧАСТЕЙ ЖЕСТКИХ МАССИВОВ

Эта разновидность среди рассмотренных нами типов впадин в структурно-генетическом отношении наиболее интересна. К впадинам этого типа относятся Мулинская, Вокэньхэ и Шуапяшань Хэйлунцзянской провинции и Верхне-Суйфунская Южного Приморья. Все эти впадины, заходя далеко в глубь жесткого основания, в то же время тесно связаны со смежными геосинклинальными зонами не только пространственно, но и генетически.

Современная конфигурация рассматриваемых впадин весьма сложная. Например, впадины Мулинская и Вокэньхэ представляют собой узкие, серповидно изогнутые полосы с рядом ответвлений и расширений. Площадь каждой из впадин достигает нескольких тысяч километров (до 7000 км² и более). Значительны и мощности как всех выполняющих впадины отложений (порядка 1500—6000 м), так и собственно угленосных комплексов (300—4000 м).

В большинстве случаев впадины отделяются от выступов фундамента разломами, но наблюдается и постепенное опускание основания. Характер деформации выполняющих впадины образований примерно в равной степени обуславливается как дизъюнктивными, так и пликатив-

ными дислокациями. Для всех рассматриваемых впадин весьма характерно резкое упрощение их внутренних структур по мере удаления от мезозойских складчатых зон в глубь консолидировавшегося массива. Обращенные к складчатым зонам части впадин развиты нарушениями на многочисленные мелкие блоки, размеры которых увеличиваются по мере удаления от геосинклинальных зон. В этом же направлении сильно уменьшается и интенсивность складчатости — от мелких крутых (до 60—70°) асимметричных складок до крупных пологих, переходящих в брахискладки.

Литолого-фациальный состав угленосных толщ данного типа впадин довольно выдержанный, особенно в частях, близких к геосинклинальным зонам. Анализ фациального состава и мощностей отложений, выполняющих рассматриваемые впадины, показывает, что на начальных этапах их развития, в том числе и в эпоху углеобразования, осадконакопление происходило в сравнительно спокойных условиях благодаря постепенному прогибанию обширных территорий. Ограничивающие впадины разломы частично, по-видимому, еще не были заложены, а частично временно не проявлялись, либо движения по ним были незначительны. Интенсивность прогибания увеличивалась по направлению к геосинклинальным зонам. На этом этапе развития впадины представляли собой типичные краевые поперечные структуры, по своему строению близкие к краевым поперечным синеклизам, выделенным Н. С. Шатским. Оживленные движений по разломам и грабенообразование связано с более поздними, следующими за эпохой угленакопления стадиями формирования впадин (вторая половина раннего мела). Эта эпоха характеризуется интенсивным вулканизмом, обусловившим появление мощных вулканогенных и туфогенных толщ во впадинах. Движения по разломам сопровождалась внедрениями дайковых и других гипабиссальных тел, количество которых резко возрастает по направлению к геосинклинальным зонам.

Угленосные толщи содержат много угольных пластов (до 50 и более), распределенных по разрезу более или менее равномерно. Однако количество угольных пластов и их мощности, как и мощность угленосной толщи в целом, по мере удаления от приустьевых частей впадин постепенно уменьшаются, вплоть до полного исчезновения из разреза. Значительная часть пластов (более 50%) имеет рабочую мощность, но мощные (более 2—3 м) пласты встречаются очень редко. Угольные пласты довольно выдержанные, чаще всего средней степени сложности (обычно содержат две-три угольные пачки), но встречаются пласты простого и более сложного строения.

Преобладают угли средней зольности, но встречаются и малозольные разновидности. Степень их метаморфизма колеблется в пределах марок Г—ПЖ, причем часто наблюдается пятнистое повышение метаморфизма (марки К, Т, ПА), связанное в основном с контактным воздействием гипабиссальных тел. По петрографическому составу преобладают угли клареновые. Изредка встречаются дюрено-кларены и даже дюрены.

Весьма возможно, что к рассматриваемому генетическому типу впадин следует отнести и мезозойские грабенообразные впадины Верхнего Приамурья (Верхне-Амурская впадина и др.), расположенные уже за пределами рассматриваемого региона. Однако этот вопрос требует особого рассмотрения, так как следует учесть специфичность тектогенеза Монголо-Охотского пояса.

ВПАДИНЫ ВНЕШНИХ, ВТОРИЧНО АКТИВИЗИРОВАВШИХСЯ УЧАСТКОВ КОНСОЛИДИРОВАННЫХ МАССИВОВ

В пределах рассматриваемого региона встречаются угленосные отложения, расположенные еще в пределах жестких массивов, но на периклинальных окончаниях мезозойских геосинклинальных зон. В связи с этим формирование их в значительной мере определяется тектоническими процессами, протекающими в смежных геосинклинальных зонах. Это площади развития нижнемеловых угленосных отложений Баоцинской и Хэцзянской зон Хэйлуцзянской провинции. К сожалению, о строении их мы почти ничего не знаем за исключением Хэганского бассейна, который, строго говоря, не может быть типичным представителем этого типа, так как расположен в периферической, наиболее удаленной от геосинклинальной области части Хэцзянской зоны на стыке ее с Мало-Хинганским древним кристаллическим массивом.

Развитие впадин данного типа связано с компенсационным прогибанием передовых участков геосинклинальных зон в эпоху инверсионного складкообразования и превращения последних в складчатые области. Впадины, по-видимому, имеют ясно выраженный грабенообразный характер с большими (до 5—10 км) мощностями выполняющих их осадков. Отложения сильно дислоцированы: смяты в складки, разбиты многочисленными сбросами, взбросами, прорваны дайковыми и мелкими интрузивными (гранитными) телами, отличаются крайней пестротой фациального состава и непостоянством мощностей отдельных горизонтов. Угленосные горизонты распределены по разрезу неравномерно. Резко меняются по площади их мощность и степень угленасыщенности.

Для угольных пластов характерно непостоянство строения, мощностей и состава. Для отдельных пластов наблюдаются одновременно на небольшом расстоянии значительные (до нескольких десятков метров) узлокальные увеличения мощностей и выклинивание, в результате которого пласты приобретают линзовидный характер. Встречаются также пачки сближенных пластов мощностью до 85 м с суммарным содержанием угольной массы более 30%. Часты явления расщепления пластов.

Угли чаще всего высокочольные, различной степени углефикации (марки Г, ПЖ, К, Т, ПА и А), с преобладанием углей высокой степени углефикации (К, Т). Появление антрацитов связано с контактовым воздействием интрузивных тел.

Для Хэганского бассейна характерна значительно меньшая мощность угленосного комплекса (0,7—1,3 км), но тут также наблюдаются резкие колебания мощностей отдельных горизонтов, непостоянство угольных пластов и фациальная пестрота отложений.

ВПАДИНЫ КРАЕВЫХ ПРОГИБОВ

Для мезозоя Дальнего Востока известен лишь один типичный краевой прогиб — Буренский. На его территории в эпоху замыкания сформировались две впадины — собственно Буренская и Тырминская.

Буренская континентальная угленосная впадина — типично унаследованная и сильно вытянутая согласно простиранию прогиба. Континентальные отложения занимают площадь почти в 5000 км². Верхнеюрско-нижнемеловые континентальные угленосные отложения согласно и с постепенным переходом залегают на лагунно-морских отложениях верхнего триаса — юры, мощностью 4500—5000 м и перекрываются толщей

предгорных конгломератов мощностью до 300 м. Мощность угленосных отложений 1800—2000 м.

Общая синклиналиная структура впадины усложнена рядом пологих линейных складок. Разрывные нарушения в основном приурочены к западной окраине впадины, к ее стыку с древним Туранским выступом.

Фациальный состав угленосных отложений по сравнению с составом отложений впадин других групп по простиранию довольно выдержанный, причем ясно наблюдается его постепенное изменение к периферическим частям впадины.

На распределении углей сказывается крупноритмичное строение разреза впадины, причем наиболее угленасыщена средняя часть угленосной толщи. Наблюдается уменьшение количества угольных пластов по направлению к площадям сноса. Всего в Буреинском бассейне зафиксировано более 50 угольных пластов и прослоев, из которых более 20 достигают рабочей мощности. Строение пластов и их мощности хотя и изменчивы, но значительно менее, чем в предыдущем типе впадин. Наблюдается замещение пластов угля углистыми породами. Строение пластов сложное. Отдельные пласты при общей мощности до 20 м содержат угля суммарной мощности не более 1—5 м.

Преобладают угли марки Г, по составу клареновые, дюрено-клареновые и дюреновые. Характерна высокая зольность углей, обычно обусловленная примесью тонкого глинистого материала к органической массе, что затрудняет их обогатимость.

Характер отложений и угленосность Тырминской впадины резко отличны от фациального состава и угленосности Буреинской впадины, вследствие специфичности ее структурного положения. Она находится на южном окончании Буреинского прогиба, располагаясь в значительной своей части уже на жестком кристаллическом основании, как раз на структурном продолжении Буреинского антиклинория. Находящаяся в зоне максимального тектонического напряжения Тырминская впадина отличается сложным и своеобразным тектогенезом. Прямая унаследованность ее развития от краевого прогиба уже затушевывается. По строению толщи, характеру вулканизма и угленосности она очень близка к Хэганской впадине Хэцзянской активизированной зоны, т. е. к группе впадин, расположенных на внешних активизированных участках жестких массивов.

Угольные пласты Тырминской впадины отличаются крайней невыдержанностью, часто имеют линзовидное строение с преобладанием мало-мощных пластов. Однако встречаются местные резкие увеличения мощностей. Более мощные пласты всегда очень сложного строения.

Преобладают угли марки Г, на отдельных участках наблюдается повышение степени углефикации благодаря контактовому воздействию гипабиссальных магматических тел. Угли в основном клареновые, высокозольные.

ВПАДИНЫ ПОЗДНЕСКЛАДЧАТОЙ СТАДИИ ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

В пределах рассматриваемого региона к данному типу впадин относится лишь одна — Сучанская, площадью около 6000 км², вытянутая в северо-северо-восточном направлении. Хотя Сучанская впадина унаследовала свои вытянутые контуры и направление внутренней складчатости от направления основных элементов Сихотэ-Алиньской складчатой зоны, все же она является наложенной, располагаясь в пределах Главного Сихотэ-Алиньского антиклинория и залегая в большей своей части на дислоцированных палеозойских породах. Сформировалась впадина в позднекладчатую стадию развития Сихотэ-Алиньской геосинклинали-

ной области, когда уже завершилось формирование ее основных структурных элементов.

Строго говоря, Сучанский угленосный бассейн не типично континентальный, так как в северной его части появляются лагунно-морские отложения. Но по строению разреза он не может быть отнесен к паралическому типу. Поэтому, учитывая общий континентальный характер угленосной толщи, Сучанскую впадину можно рассматривать в ряде континентальных впадин.

Угленосные и надугленосные отложения, выполняющие впадину, собраны в крутые складки, осложненные складчатостью второго порядка, и разбиты многочисленными разломами. Кроме того, угленосную толщу секут многочисленные дайковые и пластовые тела эффузивных пород среднего и кислого состава.

Мощность угленосных отложений во впадине 940—1450 м; мощность всего мезозойского комплекса достигает 3 км.

Для угленосной толщи Сучанской впадины характерна крупная ритмичность, обуславливающая и распределение угольных пластов. Наиболее угленасыщена средняя часть угленосного разреза.

Угленосная толща содержит большое количество угольных пластов (до 50), из которых около половины достигают рабочей мощности. Пласты мощностью в 3—6 м встречаются чрезвычайно редко. Преобладают пласты простого строения, довольно выдержанные, особенно в средней части разреза.

Угли Сучанского бассейна клареновые, дюрено-клареновые и значительно реже — дюреновые. Зольность их 10—40%; угли труднообогатимы. Преобладают марки Г. Вследствие воздействия изверженных пород степень метаморфизма углей пятнисто увеличивается (марки ПЖ и К). местами на значительных площадях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По структурному положению, характеру тектогенеза и строению верхнемезозойские континентальные угленосные впадины южной части Дальнего Востока и смежной с ним части Северо-Восточного Китая объединяются в шесть резко отличных генетических типов. Каждому из выделенных типов впадин характерны свои особые черты угленосности (см. фиг. 2).

Минимальной мощности комплекс угленосных отложений достигает в грабенообразных впадинах внутренних частей жестких массивов, а угленосных осадков — в зонах, переходных от консолидировавшихся массивов к геосинклинальным областям. В таком же порядке изменяются общее количество угольных пластов и их средние мощности.

Наиболее выдержанные угольные пласты наблюдаются в грабенообразных впадинах краевых частей жестких массивов (Суйфунская, Мулинская и Вокэньхэ) и в Сучанской впадине, относящейся к впадинам позднекладчатой стадии геосинклинального развития, что, по-видимому, связано с монотонностью палеогеографической обстановки внутри этой впадины. Менее выдержанные пласты во впадинах краевых прогибов (Бурейнской). Невыдержанные пласты характерны для впадин внутренних частей жестких массивов, что связано с непостоянным гидродинамическим режимом в этих впадинах и обильным привносом кластического материала. Крайне невыдержанные пласты характерны для впадин внешних активизированных зон жестких массивов вследствие крайне сложного и изменчивого во времени и пространстве тектогенеза этих впадин. Примерно так же изменяется и сложность строения угольных пластов.

Наименее зольные угли чаще всего встречаются в грабенообразных впадинах краевых частей жестких массивов, что, скорее всего, связано с наибольшим удалением этих бассейнов осадконакопления от основных источников питания.

Закономерно изменяется и степень метаморфизма углей. Наиболее метаморфизованные разновидности (марки ПЖ—А) встречаются во впадинах, характеризующихся более активным тектогенезом в последующие после угленакопления эпохи.

Для впадин внутренних частей жестких массивов наиболее характерны угли дюренового состава, в то время как в остальных впадинах наиболее распространены кларены. Во впадинах геосинклинальной области появляются фюзены.

МЕЛОВАЯ УГЛЕНОСНОСТЬ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ И ЕЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

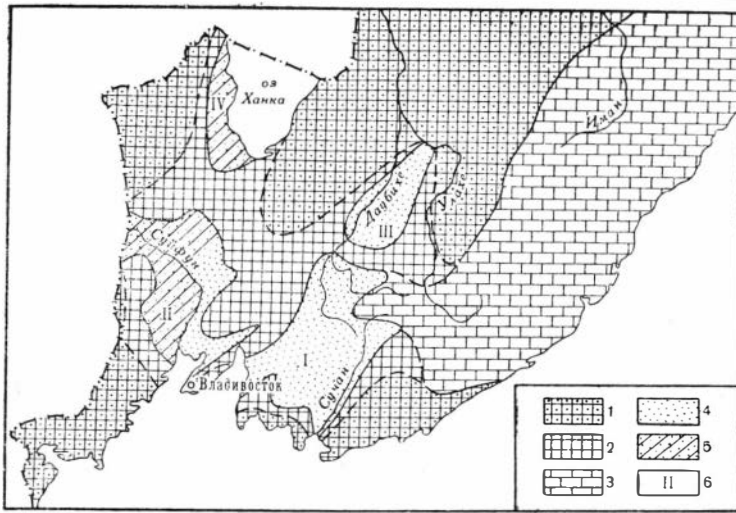
Развитие народного хозяйства Приморского края вызывает необходимость значительного увеличения добычи углей. При этом возникает наибольшая потребность в энергетических каменных углях низких степеней метаморфизма.

На разведанных и предварительно изученных площадях Сучанского и восточной части Суйфунского бассейнов, являющихся основными поставщиками энергетических углей края, трудно ожидать выявления новых участков с углями низких степеней метаморфизма. Здесь угли в основном тощие и полуантрациты. На перспективных площадях Сучанского бассейна угли нужных марок имеются, но они залегают на большой глубине, и добыча их в настоящее время экономически нецелесообразна. В связи с этим возникает острая необходимость выявления новых месторождений каменных углей на территории Южного Приморья и включения их в сферу промышленного освоения.

В Приморском крае наиболее благоприятны для поисков каменных углей низких степеней метаморфизма меловые отложения. Поэтому перспективы обнаружения новых месторождений угля тесно связаны с вопросом их площадного распространения.

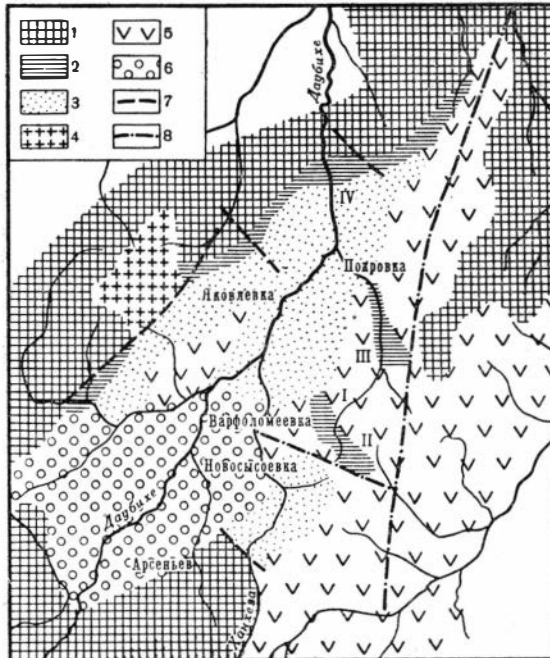
В течение последних лет геолого-съёмочные и тематические работы по изучению меловых угленосных отложений здесь проводились Приморским геологическим управлением (В. О. Соловьев, Г. В. Кузнецов, В. В. Копыльский, В. В. Коновалов, Ю. Е. Литвинов и др.), Лабораторией геологии угля АН СССР (А. М. Мудров, Е. А. Перепечина, А. А. Семериков и др.), Институтом геологии и геофизики СО АН СССР (И. И. Шарудо), Дальневосточным филиалом СО АН СССР (Е. А. Агеева, Ф. Р. Лихт) и другими организациями. Обобщение всех имеющихся материалов позволяет восстановить в общих чертах историю мелового угленакопления на площади Южного Приморья и высказать мнение о дальнейшем направлении геологопоисковых работ на уголь.

В 1958—1961 гг. в бассейне р. Даубихе (фиг. 1) В. О. Соловьев картировал меловые угленосные отложения. В эти же годы И. И. Шарудо изучал угленосные отложения с точки зрения условий их образования. В результате этих исследований установлено, что меловые угленосные отложения (достоевская свита) залегают с угловым несогласием на размытой поверхности верхнепалеозойских и нижнемезозойских осадочных, эффузивных и интрузивных образований. Схематический разрез меловых угленосных отложений представляется в следующем виде: в низах разреза залегают разнозернистые песчаники, гравелиты и кон-



Фиг. 1. Схема распространения меловых угленосных отложений Южного Приморья

1 — площади, на которых угленосные отложения не накапливались; 2 — площади, на которых угленосные отложения смыты; 3 — морские отложения, синхронные угленосным; 4 — континентальные отложения с гумусовыми углями; 5 — континентальные отложения с липтобиолито-гумусовыми углями; 6 — бассейны и районы: I — Сучанский, II — Суифунский, III — Даубихинский, IV — Приханкайский



Фиг. 2. Схематическая геологическая карта меловых отложений района р. Даубихе

1 — домеловые образования; 2 — отложения достоевской угленосной свиты; 3 — верхнемеловые отложения; 4 — верхнемеловые гранитоиды; 5 — верхнемеловые — палеогеновые туфо-эффузивные породы; 6 — третичные осадочные породы; 7 — разрывные нарушения; 8 — то же, под эффузивами. Участки: I — Достоевский, II — Большая речка, III — Янзыго, IV — Северный, V — Западный

гломераты; в средней части — гравелиты, полимиктовые песчаники, алевролиты, аргиллиты, углистые породы и угли (в тонкозернистых разностях пород здесь собрана многочисленная флора, известная под названием «достоевской флоры»); в верхах разреза лежат однообразные массивные алевролиты, аргиллиты и песчаники зеленовато-серого и черного цвета с редкой флорой. Общая мощность угленосных отложений определяется в 550—900 м.

На породах достоевской свиты лежат отложения коркинской серии, представленные красноцветными туфогенными образованиями. Возраст пород на основании пресноводной фауны (сборы и определения В. Н. Яковлева и А. А. Якушиной) датируются как турон — нижнесенонский ярусы верхнего мела. Породы коркинской серии перекрыты песчаниками, алевролитами и конгломератами дядяньшанской свиты. Меловые осадочные образования прорываются и перекрываются эффузивами верхнемелового-палеогенового возраста.

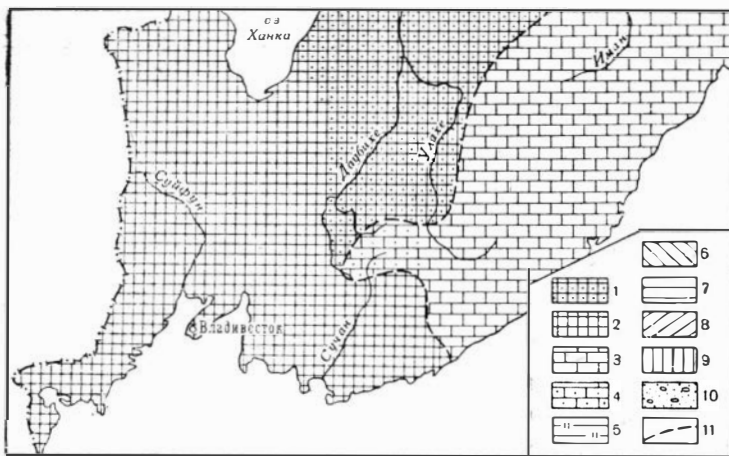
В бассейне р. Даубихе меловые отложения собраны в крупную синклиналь северо-восточного простирания (фиг. 2). На крыльях синклинали углы падения пород составляют 10—20°, в осевой части — 40—50°. Складчатая структура разбита разрывными нарушениями северо-западного и северо-восточного простираний.

По вопросу о возрасте угленосных отложений Даубихинского района (достоевская свита) нет единого мнения. Возраст пород всеми исследователями устанавливается по флоре, но диапазон его определяется довольно широко. Т. Н. Байковская (1956) относит достоевскую свиту к альб-сеноману, С. А. Салун и В. Г. Плахотник (1960) — к нижнему сенону, а Н. А. Беляевский и И. И. Берснев (1955) — к верхнему сенону — дату.

Нами получены новые данные, позволяющие внести некоторую ясность в этот вопрос. Основные положения и доказательства возраста изложены в статье В. О. Соловьева и И. И. Шарудо (1962). Здесь только отметим, что на основании имеющегося палеонтологического материала можно обоснованно параллелизовать меловые отложения Даубихинского района с сучанской и коркинской сериями Сучанского бассейна. При этом достоевская свита сопоставляется с северосучанской свитой. Работами Приморской угольной экспедиции ЛАГУ АН СССР и Института геологии и геофизики СО АН СССР, в результате монографического изучения флоры, спорово-пыльцевых комплексов, фауны и микрофауны установлен возраст пород северосучанской свиты Сучанского бассейна как альб-сеноманский (Шарудо, 1961). Вследствие этого возраст пород достоевской свиты должен быть аналогичным.

В свете изложенного следует пересмотреть взгляд на угленосность Даубихинского района. Необходимо прежде всего отметить, что изученность ее крайне слабая. Рекогносцировочными работами в 1951 г. В. Е. Зеленский в 100-метровом разрезе угленосной толщи Достоевского участка установил 14 пластов и прослоев угля и углистых пород мощностью от 0,1 до 3,5 м.

В конце 50-х — начале 60-х гг. проводились геолого-съёмочные и тематические работы вдоль северной границы Суйфунского бассейна (Приханкайский район). В результате этих исследований выявлены меловые породы в районе пос. Хороль и Камень-Рыболов. И. И. Берснев и И. Ю. Шаровская собрали из этих отложений флору, которая определялась В. А. Вахромеевым; по его мнению, эта флора относится к верхней половине раннего мела. Кроме того, на западном и юго-западном берегу оз. Ханка повсеместно наблюдаются кусочки липтобиолитового и гумусового угля. В Южном Приморье липтобиолитовые угли, или рабдописситы, известны только в нижнемеловых отложениях Суйфунского бассейна. Таким образом, имеется достаточно оснований для



Фиг. 3. Палеогеографическая схема валанжинского времени

Условные обозначения к фиг. 3—6: 1 — среднегорный рельеф, 2 — низкогорный рельеф, 3 — море, 4 — морской залив, 5 — прибрежная низменность, 6 — прибрежная равнина, 7 — озеро, 8 — озерно-болотная равнина, 9 — аллювиальная равнина, 10 — предгорная равнина, 11 — граница распространения отложений

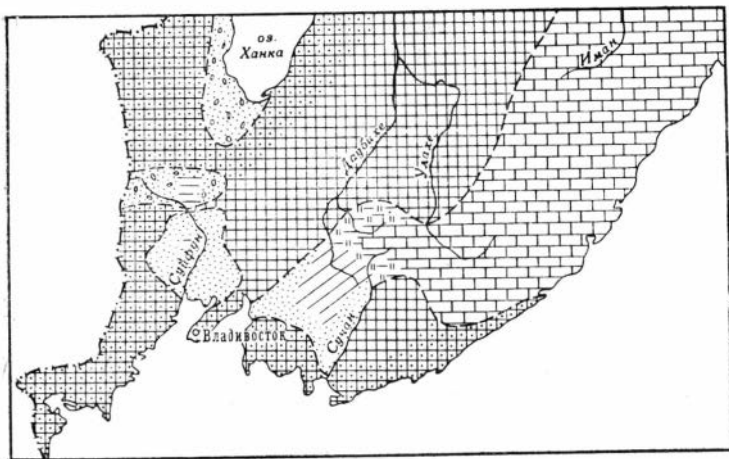
параллелизации меловых отложений Приханкайского района с отложениями Суйфунского бассейна.

Наличие выходов меловых отложений, а также размыв и вынос рек кусочков каменного угля позволяют считать Приханкайский район перспективным на рабдописито-гумусовые угли.

В. Н. Верещагин (1958) на основании возрастных взаимоотношений и генетической связи угленосных отложений доказывает, что Сучанский и Суйфунский бассейны — постгенетически разобщенные площади единого мелового Приморского угольного бассейна. Авторы статьи согласны с этим положением, но в свете новых данных контуры Приморского бассейна необходимо расширить, включив в него Приханкайский и Даубихинский угленосные районы (см. фиг. 1). В таком понимании границы «Приморского бассейна» проходят: западная — по восточной окраине Китайской платформы, южная — по побережью Японского моря, восточная — по водоразделу рек Даубихе и Улахе и далее по долине р. Сучан. Северная граница в настоящее время не может быть точно установлена. Условно она принимается по широте пос. Камень-Рыболов и нижнего течения р. Даубихе. Вероятно, по Даубихинскому прогибу угленосный бассейн Южного Приморья соединялся с меловым бассейном Алчано-Матайской зоны.

Для того чтобы представить историю угленакопления в Приханкайском и Даубихинском районах, рассмотрим кратко палеогеографию Приморского мелового бассейна.

В верхах верхнеюрского времени произошло поднятие, и описываемая территория становится суше, где преобладают денудационные процессы (Пчелинцева, Худолей, 1960). В начале мела восходящие движения сменяются на нисходящие. В валанжинское время море заняло всю восточную часть Южного Приморья (Тетюхинский прогиб), достигнув восточной окраины Приморского бассейна (фиг. 3). Морские отложения этого времени фиксируются в верховьях р. Сучана в районе дер. Молчановки. На остальной территории Приморского бассейна валанжинские образования не обнаружены. Отсутствие палеонтологически охарактери-



Фиг. 4. Палеогеографическая схема барремского времени

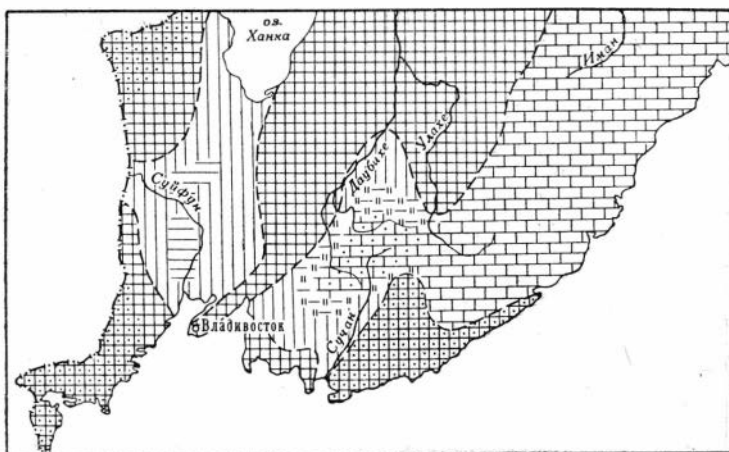
зованных отложений готеривского века дает основание допустить, что поверхность бассейна в это время была областью размыва. В барремское время, как установлено литолого-фациальными и палеогеографическими исследованиями, здесь начали формироваться Суйфунская внутренняя впадина и Сучанский прогиб, отделенные друг от друга поднятием, располагавшимся на площади современного Муравьево-Амурского антиклинория (фиг. 4).

В начальный период осадконакопления поверхность Суйфунской впадины была неровной. Здесь установлено три мульдообразные структуры: Нижнесуйфунская, Верхнесуйфунская и Приханкайская. Накопление осадков происходило в указанных структурах в континентальных условиях.

Петрографический состав обломочного материала, размер терригенных обломков и мощность отложений свидетельствуют о том, что области разрушения и сноса располагались вблизи впадин, но преобладающий снос шел с Китайской платформы. Близкое расположение областей сноса и быстрое накопление обломочного материала не способствовали образованию торфяников. Поэтому в этой части разреза Суйфунского бассейна нет интересной в промышленном отношении угленосности. Незначительное угленакопление в этой части разреза наблюдается в участках, прилегающих к низкогорному рельефу, где торфонакопление происходило в небольших масштабах (Уссурийское и Липовецкое месторождения).

Иные условия существовали на площади Сучанского прогиба. Поверхность его была менее расчлененной. На юге и юго-востоке располагалась предгорная равнина, примыкавшая к среднегорному рельефу (фиг. 4), в центральной части — озерно-болотная равнина, а на северо-востоке и севере — морской залив и прибрежноморская низменность (Шарудо, 1961). Областью сноса служили предгорные массивы, окаймлявшие прогиб с юга и юго-востока. Наиболее благоприятные условия для торфонакопления были в пределах озерно-болотной равнины и на переходе ее в предгорную равнину. Поэтому в этой части разреза наблюдается до восьми пластов угля, из которых два-три имеют промышленное значение.

Слабая изученность нижней части разреза достоевской свиты Даубинского района не позволяет уверенно восстановить палеогеографию барремского времени для этой территории. Исходя из общих геологиче-



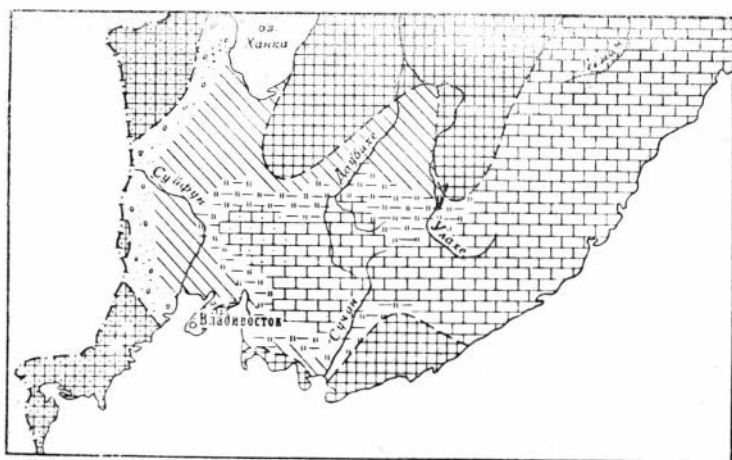
Фиг. 5. Палеогеографическая схема апт-альбского времени

ских соображений, можно лишь считать, что в этот век осадконакопление на площади района не происходило.

Постепенное и медленное опускание в пределах западной части Южного Приморья привело к тому, что в апт-альбское время на площади бассейна Нижнесуифунская, Верхнесуифунская и Приханкайская мультисубпараллельные структуры соединились, образовав Суифунскую впадину. На западе впадина ограничивалась Китайской платформой, на востоке — поднятием, располагавшимся на современной территории Муравьево-Амурского антиклинория. На юге граница проходила по северной окраине Хасанского антиклинального массива. Северная граница достоверно не установлена, но, по-видимому, она проходила недалеко от северного побережья оз. Ханка. Ширина впадины измерялась 60—100 км, длина — 250—300 км. Восточный (или Сучанский) прогиб на востоке ограничивался Центральным Сихотэ-Алиньским поднятием, на западе — восточными отрогами Уссури-Ханкайского массива и Муравьево-Амурского антиклинория. Южная граница окаймлялась поднятием, сложенным палеозойскими гранитами и докембрийскими образованиями, расположенными на побережье Японского моря. Северная граница, очевидно, проходила по широте слияния рек Улахе и Дабухе. Длина прогиба достигала 200—250 км, ширина — 60—80 км.

В апт-альбское время на площади Суифунской впадины накапливались терригенные угленосные осадки в условиях аллювиальной равнины. Климатические и гидрологические условия способствовали интенсивному образованию торфяников. Области сноса располагались примерно в тех же местах, что и в барремское время, но судя по размерам и окатанности обломков, они имели низкогорный рельеф, а расстояние переноса увеличилось. Преобладающий снос шел с Китайской платформы. Более угленасыщенная часть разреза тяготеет к восточной полосе прогиба (Суражевское, Радчихинское и Подгородненское месторождения). Здесь в апт-альбских отложениях насчитывается до 30 пластов и прослоев гумусового угля, из которых около 10 имеют рабочую мощность. В западной полосе Суифунской впадины установлено до 10 пластов, сложенных гумусовым и липтобиолитовым углем, из которых только один пласт имеет повсеместно промышленное значение.

В Сучанском прогибе в апт-альбское время осадконакопление происходило в континентальных и прибрежно-морских условиях. В результате опускания этой территории, морской залив барремского времени пе-



Фиг. 6. Палеогеографическая схема альб-сеноманского времени
Условные обозначения см. фиг. 3

ремещается дальше на юг и достигает широты средней части течения р. Сучан. Центральная и южная части Сучанского прогиба представляли собой приморскую низменность и аллювиальную равнину (фиг. 5). Области сноса, судя по петрографическому составу обломочного материала и изменению мощностей апт-альбских отложений, располагались на востоке в пределах Центрального Сихотэ-Алиньского поднятия. На аллювиальной равнине были благоприятные условия для накопления торфяников, давших наиболее высококачественные угольные пласты. Всего в апт-альбских отложениях Сучанского бассейна насчитывается более 20 пластов и прослоев угля, из которых 8—10 пластов имеют промышленное значение. Наиболее угленасыщенный разрез наблюдается в юго-восточной полосе Сучанского прогиба. В западном направлении происходит выклинивание угольных пластов.

В апт-альбское время на территории Даубихинского района осадки и угленакпление происходило, по-видимому, в условиях, аналогичных условиям южной части Сучанского прогиба. Но из-за ограниченности фактического материала нельзя высказаться по этому вопросу более уверенно. В этом отношении большой интерес представляет установление в 1961 г. В. А. Баксановым в верховьях рек Хуанихезы и Шетухе меловых отложений с растительными остатками, относящимися, по мнению С. А. Баюла, к никанской флоре. Условно нижнемеловые отложения (ореховская свита) выделялись А. И. Бурдэ на водоразделе рек Улахе и Шетухе. Дальнейшее изучение этих отложений позволит уточнить палеогеографические условия раннемелового времени, а также выяснить вопрос о связи южного и северного меловых бассейнов Приморского края.

В альб-сеноманское время произошла перестройка нижнемелового структурного плана исследуемой территории. В результате общего опускания площади Приморского бассейна поднятие, разделявшее Сучанский прогиб и Суйфунскую впадину, раскололось на блоки. Южный блок стал испытывать воздымание, Центральный блок опустился и море из Сучанского прогиба проникло в Суйфунскую впадину (фиг. 6). В меловых отложениях Суйфунского бассейна морская фауна известна в верхней части разреза, залегающего выше угольных пластов. Первая находка фауны тригоний была сделана в 1941 г. М. М. Финкельштейном на Уссурийском месторождении, вторая — в 1958 г. геологами Суйфунской нефтяной партии в скв. 1, пройденной в районе д. Борисовки. Здесь

найден аммонит в 150 м выше угольного пласта. А. М. Мудров в 1958—1959 гг. на Подгородненском месторождении в разрезе, синхронном Уссурийскому, обнаружил песчаные и известковые фораминиферы, аналогичные сучанским (северосучанская свита). Указанные факты позволяют считать, что максимальная трансгрессия на площади Приморского бассейна проявилась в этот период.

В альб-сеноманское время осадконакопление в Приморском бассейне происходило в прибрежноморских и морских условиях. В узкой полосе, заключенной между морским заливом и областью сноса, шло торфонакопление. Наиболее благоприятные условия для произрастания растительности и торфонакопления были на юго-восточной полосе Сучанского прогиба, которая защищена от морских ветров Центральным Сихотэ-Алиньским поднятием. Здесь сформировалось около 20 пластов и прослоев угля, из которых три — пять имеют рабочую мощность. В Суражевско-радчихинско-подгородненской полосе, находившейся под прикрытием Муравьево-Амурского поднятия, также накапливались торфяники, давшие линзы и прослои угля и углистых пород.

Благоприятные условия для угленакопления существовали и на территории Даубихинского района, где формирование осадков происходило в условиях приморской равнины (фиг. 6). Эта площадь была защищена от морских ветров и являлась оазисом для произрастания обильной растительности и накопления торфяников. Возможно, что такие условия определили своеобразие достоевской флоры. Об интенсивном торфонакоплении здесь свидетельствует высокая угленасыщенность разреза Достоевского месторождения.

В конце сеномана или в начале турона условия осадконакопления изменились. Вместо угленосных отложений стали накапливаться туфогенные красноцветные образования (коркинская серия), что несомненно связано с изменением тектонических и климатических условий.

В течение среднего сенона в обстановке дифференцированных тектонических движений, происходящих на фоне общего вздымания территории Южного Приморья, в межгорных впадинах накопились конгломераты и туфогенные образования дядяньшанской свиты.

Из изложенного видно, что палеогеографические условия на площади Приморского бассейна с течением времени сильно изменялись — от континентальных к прибрежноморским и морским. Наиболее благоприятная обстановка для угленакопления существовала в апт-альбе почти на всей площади Приморского бассейна. В альб-сеноманское время угленакопление проявилось только по восточной окраине бассейна и в Даубихинском районе.

Все изложенное позволяет рассматривать Даубихинский и Приханкайский районы благоприятными для поисков углей и рекомендовать постановку поисково-разведочных работ на этих площадях. Отсутствие в пределах контуров Даубихинского и Приханкайского районов крупных постмеловых интрузивных тел позволяет предполагать, что здесь могут быть выявлены угли низких степеней метаморфизма.

При проведении поисково-разведочных работ следует обратить особое внимание на изучение растительных комплексов. Трудности сопоставления разрезов, по-видимому, являются следствием недостаточно полных сборов органических остатков. Возможно также, что литологически сходные разрезы не синхронны, а комплексы флоры отражают различные палеогеографические условия. При изучении угленосных отложений северной окраины Приморского бассейна необходимо исследовать угли и вмещающие породы на содержание в них сопутствующих элементов.

В заключение отметим, что перспективные угленосные площади имеются не только в Южном, но и в Северном Приморье. В частности, ме-

ловые угленосные отложения известны в Бикино-Алчанской зоне и других районах Северного Приморья. При правильной постановке геолого-поисковых и тематических работ в Приморском крае можно надеяться на выявление новых месторождений высококачественных углей.

ЛИТЕРАТУРА

- Байковская Т. Н. Верхнемеловые флоры Северной Азии.— Труды Бот. ин-та АН СССР, серия VIII, Палеоботаника, вып. 11, 1956.
- Беляевский Н. А. и др. Геология Южного Приморья. Госгеолтехиздат, 1955.
- Верещагин В. Н. Контуры Приморского нижнемелового каменноугольного бассейна.— Бюлл. ВСЕГЕИ, № 1, 1958.
- Пчелинцева Г. Т., Худолей К. М. Стратиграфия и палеогеография юры Южного Сихотэ-Алиня.— Труды геол. музея АН СССР им. А. П. Карпинского, вып. 11, 1960.
- Салун С. А., Плахотник В. Г. О границе меловой и палеогеновой систем в Сихотэ-Алине.— Докл. сов. ученых на XXI сессии Межд. геол. конгресса, 1960.
- Соловьев В. О., Шарудо И. И. О стратиграфическом положении достоевской свиты.— Докл. АН СССР, 144, № 1, 1962.
- Шарудо И. И. История геологического развития и условия формирования угленосных отложений Сучанского бассейна.— Геология и геофизика, СО АН СССР, № 12, 1961.

СУЙФУНСКИЕ РАБДОПИССИТЫ И УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

Липтобиолито-гумусовые угли Суйфунского бассейна уникальны и по составу, и по химико-технологическим свойствам. Впервые на эти угли обратил внимание А. Н. Криштофович (1928), изучавший в 1922 г. угленосные отложения Липовецкого месторождения. Он установил, что угольный пласт Рабочий сложен прослоями гумусового, липтобиолитового и липтобиолито-гумусового угля. Липтобиолитовый уголь состоит из палочек смолы, сцементированных гумусовой, пелитовой или гумусопелитовой массой. Этот тип угля Криштофович назвал «рабдописситом». В последующие годы угли Суйфунского бассейна изучали Е. С. Корженевская (1934), О. А. Дзенс-Литовская (1964) и др.

Рабдописситы до последнего времени были известны только в Верхнесуйфунском каменноугольном районе (Липовецкое, Ильичевское, Константиновское и другие месторождения). В 1958—1961 гг. в центральной части Суйфунского бассейна были пробурены структурные скважины, вскрывшие полный разрез меловых отложений, в которых выявлены рабдописсито-гумусовые угли. Геолого-съёмочными работами и тематическими исследованиями в Приханкайском районе также обнаружены меловые угленосные отложения с рабдописсито-гумусовыми углями. Это даёт основание считать, что площадь распространения рабдописситовых углей не ограничивается Верхнесуйфунским районом, а продолжается на юг и на север, занимая всю западную часть Суйфунского бассейна и Приханкайский район.

Меловые угленосные отложения на указанной территории сохранились от размыва во впадинах грабенного типа. Они залегают с угловым несогласием на размывтой поверхности верхнепалеозойских и нижнемезозойских осадочных и изверженных пород. На основании литологического состава, угленосности, условий образования, макроритмичности и флоры меловые осадочные образования делятся на две серии (снизу вверх) — сучанскую и коркинскую (фиг. 1).

Сучанская серия в нижней части сложена конгломератами, гравелитами и разнозернистыми песчаниками с линзами углистых пород, в средней — разнозернистыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами и пластами угля, в верхней — средне- и мелкозернистыми туфогенными песчаниками, алевролитами и аргиллитами. На некоторых участках встречаются конгломераты и гравелиты. Мощность серии 1000—1200 м. Возраст пород сучанской серии определяется по аналогии с породами Сучанского бассейна как баррем-сеноманские ярусы меловой системы.

Породы сучанской серии образовались в условиях аллювиальной рав-

нины. Здесь литолого-фациальными исследованиями установлены пролювиально-аллювиальный, озерный и озерно-болотный комплексы фаций.

Породы коркинской серии залегают с размывом, но без углового песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Она сложена туфогенными. Неполная мощность отложений серии определяется в 650 м.

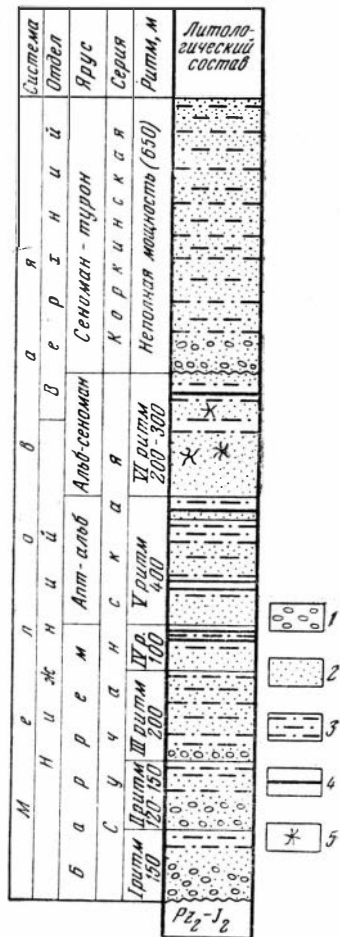
В западной части Суйфунского бассейна в сучанской серии выявлено шесть пластов угля, из которых только один пласт, названный Рабочим, имеет повсеместно промышленное значение. Строение пласта Рабочего показано на фиг. 2. Пласт сложен гумусовым и рабдописситовым углем. По внешнему виду рабдописситы представляют собой матовый очень крепкий и вязкий уголь черного с буроватым оттенком цвета и с хорошо выраженным зернистым изломом. Последний обусловлен различными невооруженным глазом многочисленными плотно сцементированными включениями смоляных тел, представляющих собой слегка сплюснутые цилиндрической формы палочки (фиг. 3) размером до 4—6 мм в длину и 0,5—1 мм в диаметре. В углистых аргиллитах встречаются смоляные палочки длиной до 20 мм.

Под микроскопом смоляные палочки имеют округлую, чаще овально-продолговатую форму. Они сцементированы десмитом (основная масса), сильно насыщенным тонким дисперсно рассеянным глинистым веществом и нередко плотно прилегают друг к другу. Смоляные тела неодинаковы и различаются между собой рядом генетических признаков, которые будут отмечены ниже.

По составу цементирующей массы и количественному содержанию смолы рабдописситы подразделяются на малозольные ($A^c=21-22\%$), содержащие 60—85% смоляных тел, и высокозольные ($A^c=52\%$) с содержанием смолы 20—40% (Дзенс-Литовская, 1961). Сравнительная химическая характеристика рабдописситовых и гумусовых углей приведена в табл. 1.

Рабдописситовые угли характеризуются повышенным содержанием летучих, водорода и более высокой теплотой сгорания. Испытания рабдописситов на полукоксование, проведенные Приморским геологическим управлением, дали следующие показатели выхода дегтя: малозольные рабдописситы 28,4—28,5%, смешанные угли 22,9—24,6%, гумусовые блестящие угли 15,9%.

Деготь суйфунских рабдописситов по составу и свойствам представляет ценный продукт, который может быть использован для переработки на моторное топливо и для других целей. Полукоксовый газ этих углей, получающийся в количестве 45—60 м³/т, также можно использовать для энергетических нужд и переработки.



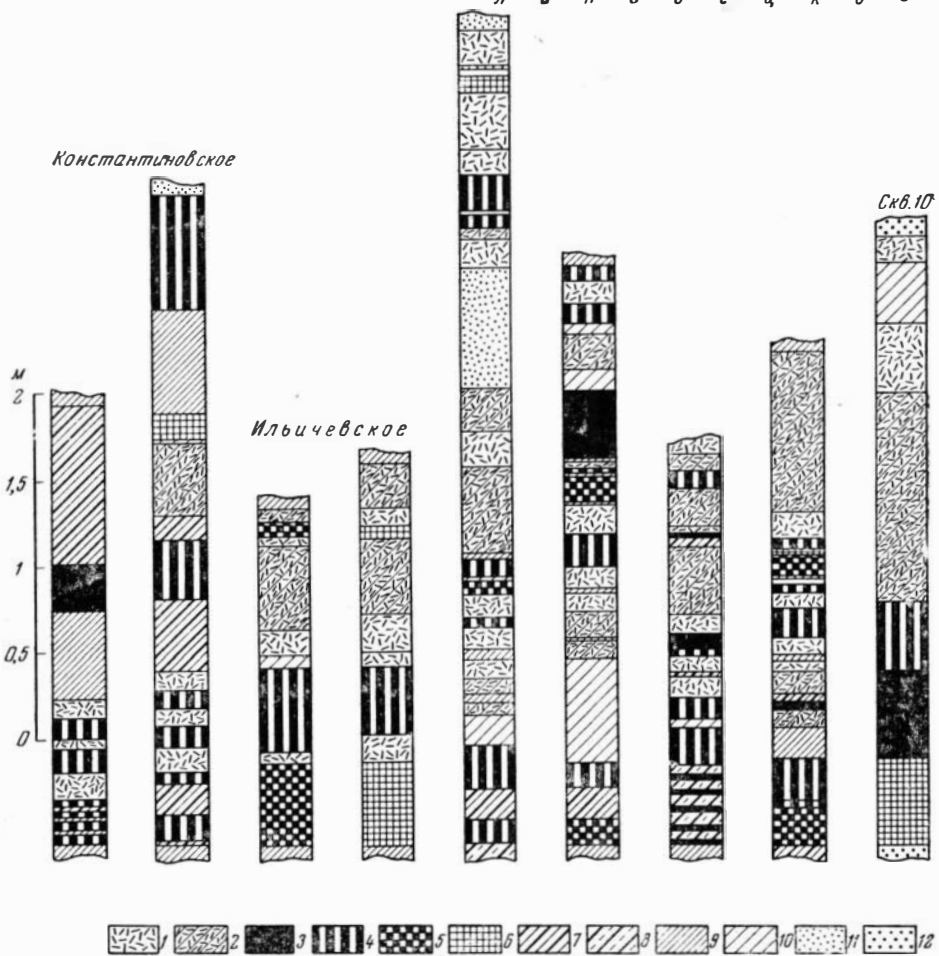
Фиг. 1. Стратиграфическая колонка меловых угленосных отложений Суйфунского бассейна

1 — конгломераты и гравелиты, 2 — разнозернистые песчаники, 3 — алевролиты, 4 — угли, 5 — пепловый материал

Таблица 1

Микропетрографическая и химико-технологическая характеристика типов углей пласта Рабочего

Тип угля	Микрокомпонентный состав (на чистый уголь), %				Минеральные примеси, %	Химико-технологические показатели									
	витринизированное вещество	физиозированное вещество	липоидное вещество			Ща	Ac	VГ	H	x	CГ	HГ	S _{об}	Q _б ^Г ккал/кг	ρ _с г/см ³
			смола	споры, катинкула											
Гумусовый блестящий	—*	—	—	—	—	5,2*	2,3	45,3	12	24	80	5,4	0,33	7920	1,29
Гумусовый голублестящий	66	18	2	14	8	2,3	11,8	43,4	—	—	—	—	—	—	—
	66	15	4	15	11	2,2	14,3	46,3	—	—	78,5	5,8	—	—	—
	—*	—	—	—	—	3,3*	10,0	49,3	9	—	78,1	6,0	0,3	7793	1,34
	—*	—	—	—	—	4,2*	11,5	42,4	—	46	78,7	5,4	0,4	7687	1,35
Среднее	66	17	3	14	9	3,0	11,9	44,0	9	46	78,4	5,7	0,3	7740	1,34
Гумусовый полуматовый	64	25	4	7	23	2,1	39,2	46,8	—	—	73,4	5,7	—	—	—
	49	30	9	12	17	1,9	31,6	43,7	—	—	—	—	—	—	—
	—*	—	—	—	—	3,9*	18,2	41,6	—	36	77,3	5,6	0,5	7478	1,43
Среднее	56	27	6	9	20	2,7	30,0	44,0	—	36	75,3	5,6	0,5	7478	1,43
Рабдописсито-гумусовый	74	2	15	7	10	1,4	24,8	53,4	—	—	78,9	7,0	—	—	—
	77	—	16	6	8	2,2	15,2	48,6	—	—	77,2	5,7	—	—	—
	74	1	21	4	14	2,1	20,5	49,6	—	—	—	—	—	—	—
	—*	—	—	—	—	2,8*	12,3	57,4	11	74	78,8	6,7	0,3	8001	1,33
	—*	—	—	—	—	2,9*	17,0	54,7	13	69	79,0	6,8	0,3	7879	1,38
Среднее	75	1	17	6	11	2,3	18,0	52,7	12	71	78,5	6,5	0,3	7940	1,35
Рабдописситовый	52	2	46	1	9	1,6	12,7	56,8	—	—	—	—	—	—	—
	41	6	43	9	10	1,2	23,2	60,8	—	—	—	—	—	—	—
	26	1	70	3	11	1,1	29,3	61,2	—	—	—	—	—	—	—
	49	1	44	6	15	1,5	25,2	57,9	—	—	77,7	6,9	—	—	—
	30	2	63	5	21	1,1	35,7	67,2	—	—	—	—	—	—	—
	—*	—	—	—	—	1,5*	21,3	72,4	17	50	79,5	7,6	0,3	8290	1,38
—*	—	—	—	—	1,7*	22,0	70,8	29	40	79,4	7,4	0,2	8330	1,37	
Среднее	39	2	53	5	13	1,4	24,2	63,9	23	45	78,8	7,3	0,3	8310	1,37
Аргиллит углистый со смолой (глинистый рабдописсит)	44	15	35	6	39	1,8	55,8	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	1,7	52,3	76,8	50	50	75,6	8,0	0,2	77,86	1,74
Среднее	52	12	35	6	19	1,9	22,3	50,3	—	—	78,2	6,0	—	—	—



Фиг. 2. Строение пласта «Рабочего» Константиновского, Ильичевского и Липовецкого месторождений (по О. А. Дзенс-Литовской)

Уголь: 1 — рабдописситовый, 2 — рабдописсито-гумусовый, 3 — гумусовый блестящий, 4 — гумусовый полублестящий, 5 — гумусовый полуматовый, 6 — гумусовый матовый, 7 — углистый аргиллит, 8 — углистый алевролит, 9 — аргиллит, 10 — алевролит, 11 — мелкозернистый песчаник, 12 — среднезернистый песчаник

Химическую природу смоляных телец рабдописситового угля изучала З. М. Рыбалко (1955), которая пришла к выводу, что материнским веществом смоляных телец рабдописситового угля Суйфунского бассейна могли быть смолы танноловой или резиноловой природы в отличие от рабдописситов Тквибульского месторождения, представляющих продукты превращения бальзамов хвойных растений.

В связи с этим возникает вопрос: какая растительность явилась материнским веществом смолы и какие условия существовали в период накопления суйфунских рабдописситов, а также почему рабдописситов нет в других бассейнах и месторождениях Южного Приморья? Для выяснения этого вопроса обратимся к анализу меловой растительности — исходного вещества угля и условиям накопления суйфунских рабдописситов.

В табл. 2 показано распределение различных растений по месторождениям и бассейнам мелового возраста Южного Приморья. Из анализа растительного материала видно, что основными углеобразователями

Достоевского месторождения, Сучанского и восточной части Суйфунского бассейнов были папоротники и хвойные. Остальные растения имеют подчиненное значение. В западной части Суйфунского бассейна резко возрастает роль саговниковых и беннеттитовых. Хотя хвойные и папоротники в сумме и преобладают, но их значение на этой площади меньше, чем в Сучанском бассейне и на Достоевском месторождении.

Учитывая вывод З. М. Рыбалко (1955) о материнской природе смолы, а также высокое содержание саговниковых и беннеттитовых в растительных комплексах западной части Суйфунского бассейна, можно допустить, что смоляные палочки рабдописситов являются продуктом смоляных выделений этих растений. В то же время остается неясной роль смолы хвойных в образовании рабдописситов.

Растительность безусловно сыграла заметную роль в накоплении смоляных веществ, но не она явилась ведущим фактором. Здесь играют основную роль другие причины, на которых остановимся более подробно.

Рабдописситы по своему составу и химико-технологическим свойствам очень близки к пирописситовому углю, известному на бурогольных месторождениях Западной Европы. Существует ряд точек зрения на условия образования этих углей (Корженевская, 1934). Различают два способа образования углей — аллохтонный и автохтонный. Сторонники аллохтонного способа накопления — А. Н. Криштофович и Потонье считают, что происходил перенос как растительных остатков, так и готового угля и смоляных телец, т. е. допускают первичную и вторичную аллохтонию. Сторонник автохтонного способа накопления смоляных телец Штор утверждает, что богатый смолой уголь образовался в результате разложения гумусового угля. При разложении выделялись углекислота и вода, а оставались более стойкие смоляные вещества. Гейнгольд считает, что гумусовые и пирописситовые угли образовались из одного и того же исходного материала, но претерпели различного рода разложение. Местами под влиянием гниения гумусовый материал исчезал, а более стойкие битуминозные вещества оставались.

Чтобы понять условия накопления смоляных телец, рассмотрим форму залегания и генетические особенности рабдописситового угля.

Смоляные тельца встречаются и в гумусовых, и в рабдописситовых углях пласта Рабочего. При этом в гумусовых углях смоляные палочки под микроскопом в проходящем свете имеют соломенно-желтый цвет, гладкую поверхность и относительно ровные контуры (фиг. 4). Содержание смоляных тел в этих углях незначительно и обычно не превышает 1—3%¹. Они распределяются в угле более или менее равномерно, но иногда образуют небольшие скопления.

В рабдописситовых углях смоляные тела носят смешанный характер. В основном цвет их в проходящем свете оранжево-красный, поверхность сильно трещиноватая, края неровные (фиг. 5). Наряду с ними присутствуют смоляные тела желтого цвета, но, как правило, в той или иной мере трещиноватые. Нередко можно наблюдать смоля-



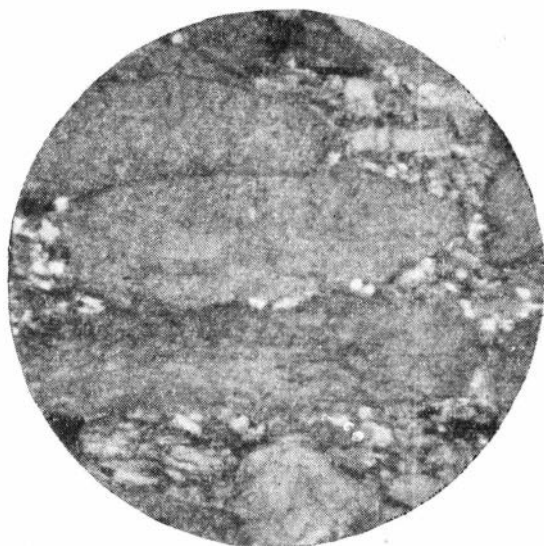
Фиг. 3. Смоляные палочки, выделенные из углистого аргиллита

¹ Подсчеты проводились в брикетах в отраженном свете с иммерсией, при увеличении 660. Содержание смолы приводится на чистый уголь, т. е. без учета минеральных примесей.

ные тела, находящиеся на различных стадиях их изменения, выражающегося в появлении и постепенном распространении трещиноватости и более интенсивной окраски от периферии тел к их центру (фиг. 6).



Фиг. 4. Неокисленные смоляные палочки в полублестящем гумусовом угле. Проходящий свет, увел. 60



Фиг. 5. Первично сильноокисленные смоляные палочки в рабдопситовом угле. Проходящий свет, увел. 60

Совместно с крупными обломками смолы в этом типе угля наблюдается значительное количество мелких обломков самых различных размеров и преимущественно измененных. На отдельных участках они вместе с минеральными примесями выполняют роль цементирующего вещества. Содержание смоляных тел в рабдопситовых углях 43—71%

(в среднем 53%). Суммарное содержание компонентов группы лейптинита равняется в среднем 58%, витринита и семивитринита 39%¹.

Рабдописсито-гумусовые угли представляют собой слоеный пирог, в котором более мощные прослои сложены гумусовым, а более тон-



Фиг. 6. Смоляные палочки различных стадий первичного окисления в рабдописсито-гумусовом угле. Проходящий свет, увел. 60

кие — рабдописситовым углем. Мощность прослоев последних колеблется от нескольких миллиметров до 3 см. Смоляные тела в этих углях смешанные. В них наблюдается примерно равное количество оранжево-красных и соломенно-желтых смоляных палочек; содержание их 15—21% (в среднем 17%).

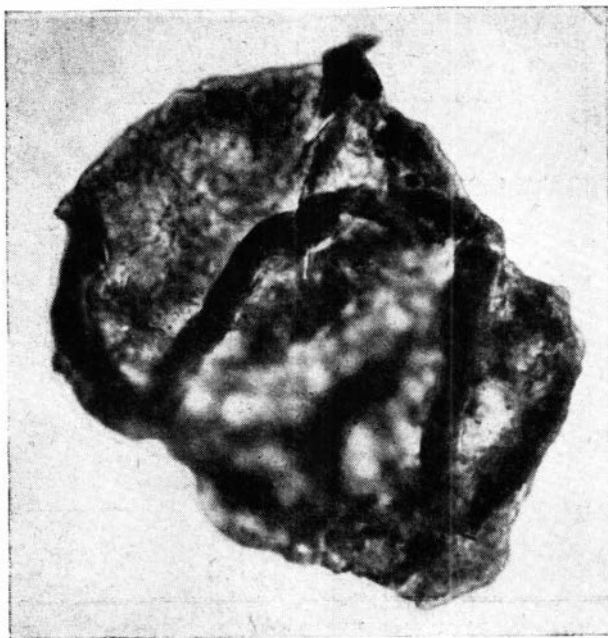
Таблица 2

Распределение типов растительности по месторождениям и бассейнам Южного Приморья

Месторождение, бассейн *	Хвойные	Папоротники	Саговниковые и беннетитовые	Покрыто-семенные (двудольные)	Гинкговые	Плауновые	Неустойчивого родства	Всего видов
Достоевское месторождение . .	31,0	19,0	10,0	21,0	6,0	5,0	8,0	55
Сучанский бассейн	24,4	44,1	16,0	5,5	5,9	2,5	1,5	130
Суйфунский бассейн:								
восточная часть	35,5	23,9	8,4	3,5	14,0	4,2	10,5	54
западная часть	21,5	23,1	33,9	4,6	7,7	3,1	6,1	65

* Растительные остатки определял Б. М. Штемель (1960) по сборам А. М. Мудрова (1960) и И. И. Шарудо (1961).

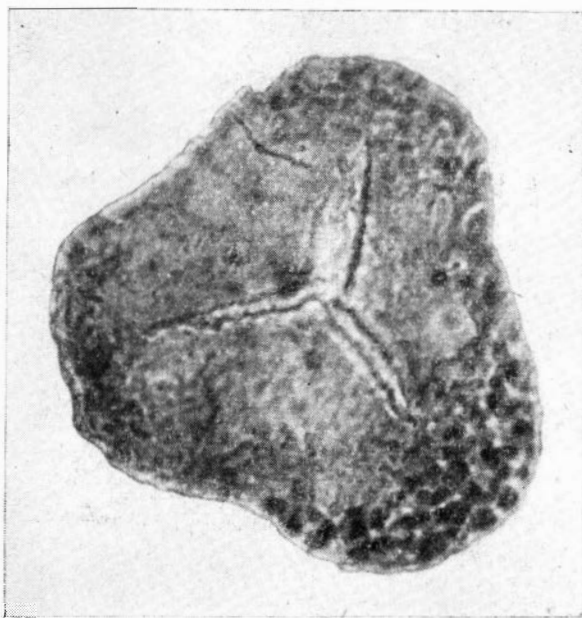
¹ Суйфунские рабдописситы относят к липтобиолитовым углям, вследствие чего по существующему определению в них должно содержаться не менее 90% форменных элементов при непрозрачной (или прозрачной) часто сильноминерализованной основной массе (Жемчужников, Гинзбург, 1960). Наши данные о содержании форменных элементов по среднетиповым пробам не позволяют отнести суйфунские рабдописситы к липтобиолитовым углям. По-видимому, отмеченная граница между липтобиолитовыми и дюреновыми углями очень высокая и не должна быть уточнена.



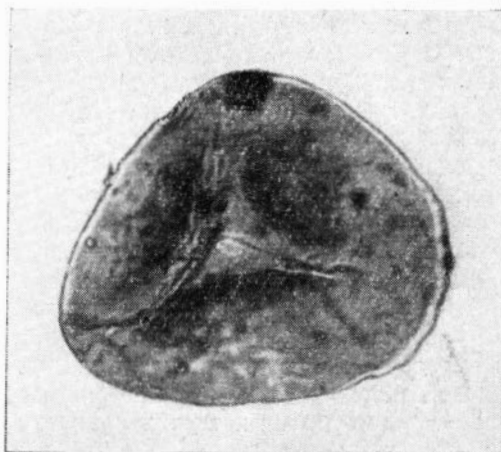
Фиг. 7. Пыльца хвойного дерева с совершенно неразличимой структурой и нечеткими очертаниями. Увел. 900

Из изложенного видно, что смоляные тела в углях пласта Рабочего не везде одинаковы. Отчетливо намечается связь между типом угля и характером смоляных телец. В гумусовых углях смоляные палочки соломенно-желтого цвета, «свежие», без всяких признаков растрескивания и с ровными краями. В рабдописситовых углях смоляные палочки оранжево-красные, сильно растресканные, выщербленные и со следами переноса. Первый тип палочек образовался в анаэробных условиях разложения древесины и не претерпел значительного окисления и переноса. Второй тип смоляных телец подвергался сильному воздействию окислительных процессов, обусловивших потемнение окраски смоляных палочек до оранжево-красной и бурой и появление хорошо выраженной трещиноватости.

О сильно окисной среде периода формирования торфяника пласта Рабочего также свидетельствуют измененные оболочки спор и пыльцы и минеральные примеси. Несмотря на исключительную стойкость оболочек спор и пыльцы, пропитанных воскоподобным веществом — спорополленином, даже эти растительные остатки в породах и углях Суйфунского бассейна сохраняются очень плохо. Например, из 18 образцов аргиллитов и алевролитов вмещающих пород в этом бассейне только три содержат некоторое количество спор и пыльцы. На спорах и пыльце, в тех случаях, когда они сохранились, очень заметны следы коррозии и минерализации. Края спор обычно нечеткие, расплывчатые, структура неясная, нередко споры полуразрушены. Интересно отметить, что сохранность зерен в одном и том же препарате неодинакова. Так, из пыльцы голосеменных чаще всего отмечают зерна, условно относимые к *Brachyphyllum*, хотя структура экзины и у этой пыльцы весьма расплывчатая. Пыльца же хвойных с воздушными мешками встречается исключительно редко; при этом сетка на воздушных мешках и структура тела неразличимы (фиг. 7). Пыльца гинкговых, цикадовых и беннеттитов не обнаружена. Споры с толстой оболочкой типа *Anemia* сохраняются сравнительно хорошо, тогда как у представителей того же семейства *Schi-*



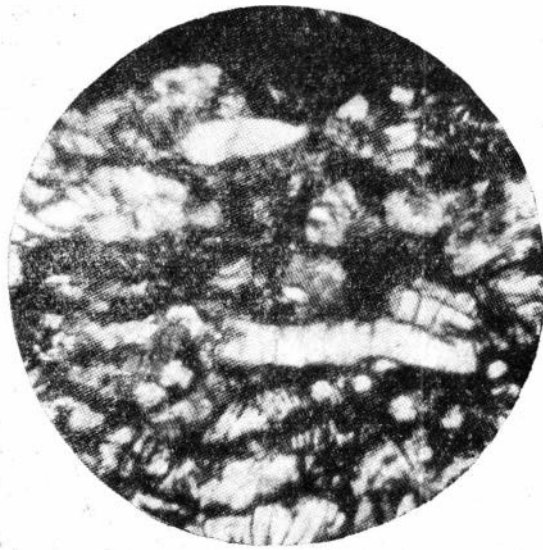
Фиг. 8. Спора *Lygodium* с признаками начинающейся коррозии.
Увел. 900



Фиг. 9. Сильнокоррозированная спора типа *Coniopteris*

zaeaceae спор *Lygodium* часто отмечают признаки разрушения в виде начинающейся коррозии, а также неотчетливой, расплывающейся структуры (фиг. 8). В большой степени коррозии подвержены тонкие гладкие споры типа *Coniopteris* (фиг. 9).

Редкие находки пыльцы хвойных с воздушными мешками не увязываются с большим количеством отпечатков хвойных. Точно так же кажется странным отсутствие пыльцы саговников и беннеттитов, тогда как в числе макроскопических остатков растений они отмечаются достаточно обильно, а накопление смоляных телец рабдописситового угля можно связать только с продуктами выделений именно саговников и беннеттитов.



Фиг. 10. Аутигенный каолинит в гумусовых углях.
Проходящий свет, увел. 100

Необычно низкое содержание пыльцы хвойных с воздушными мешками и отсутствие пыльцы беннеттитов и саговников, возможно, объясняется меньшей устойчивостью их оболочек к окислительному режиму, который имелся в бассейне в период накопления углей рабдописитового типа.

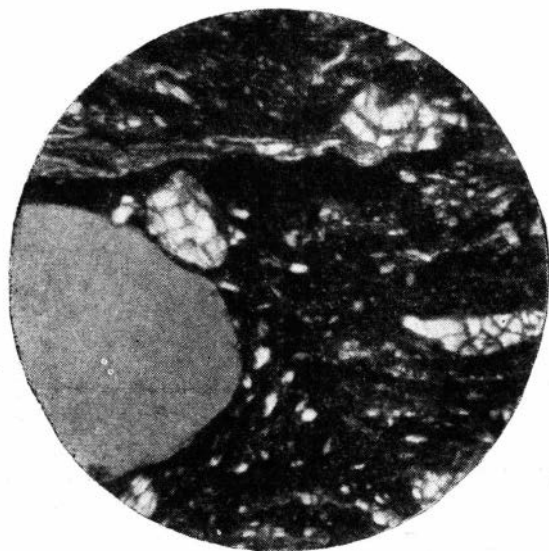
Минеральные примеси в гумусовых и рабдописитовых углях представлены существенно глинистым веществом, главным образом каолинитом и кварцем.

Морфологические формы проявления минеральных примесей в гумусовых и рабдописитовых углях аналогичны. Разница заключается лишь в количественных соотношениях кварца и каолинита в этих типах углей. Обычно в гумусовых углях количество кварца не превышает 6,0%, глинистого вещества 20%. В рабдописитовых углях количество кварца значительно преобладает над глинистым веществом: кварца в них содержится до 17%, глинистого вещества — до 5%. Таким образом, отчетливо намечается приуроченность глинистого вещества к гумусовым прослоям, кварца — к рабдописитовым и гумусово-рабдописитовым углям.

Минеральные примеси пласта Рабочего характеризуются следующими особенностями. Каолинит появляется в углях либо как новообразование, выпавшее из торфяных вод в результате коагуляции алюмосиликатных коллоидов, либо представляет собой обычный терригенный материал. Количественные соотношения между глинистыми образованиями аутигенного и аллотигенного происхождения подвержены значительным колебаниям. Наблюдения показывают, что аутигенный каолинит (фиг. 10) преобладает в средней части пласта, приурочиваясь к гумусовым углям, среди которых также часто встречаются маломощные (до 1 мм) каолинитовые прослои. Это указывает, с одной стороны, на то, что насыщение торфяника алюмосиликатными коллоидами было более высоким в средней части разреза пласта, а с другой — что концентрация коллоидов в этой части пласта непрерывно изменялась: то достигала максимума при образовании каолинитовых прослоев, то несколько падала в период формирования гумусовых углей. В нижней части пласта каолинит имеет существенно аллотигенное происхождение.

Кварц по своему происхождению — типичный терригенный минерал. Намечается приуроченность максимальных концентраций его к рабдописситовым и рабдописсито-гумусовым углям.

Обычно кварц находится в десмите углей в виде угловатых обломочков, размеры которых варьируют от нескольких микрон до 150—200 мк. Наиболее крупные обломочки кварца несут следы растрескивания (фиг. 11).



Фиг. 11. Трещиноватые зерна кварца в рабдописситовом угле. Проходящий свет, увел. 100

Рабдописситовые угли залегают в виде линзовидных прослоев мощностью до 30—40 см. На площади они не выдерживаются и быстро выклиниваются и их заменяют гумусовые угли или породные прослои. Несмотря на это, рабдописситовые угли на больших площадях сохраняют стратиграфическое положение, приурочиваясь к средней и верхней частям пласта Рабочего. Контакты между рабдописситовыми и гумусовыми прослоями, как правило, резкие, нижний контакт часто с небольшим размывом. В прослоях рабдописсита наблюдается косая однонаправленная слоистость, обусловленная намывом линзочек блестящего угля. Углы наклона косых серий пологие, но встречаются и довольно крутые (до 8—15°).

Линзообразная форма залегания, резкие с размывом контакты и косая слоистость позволяют рассматривать рабдописситы как нормальную осадочную породу, отложившуюся в условиях направленного движения водного потока.

Литолого-фациальные исследования угленосных отложений Суйфунского бассейна показали, что торфяник пласта Рабочего начал формироваться в период наибольшего выравнивания поверхности. В это время площадь Сейфунского бассейна представляла собой аллювиальную равнину, на которой располагались озера, речные русла и пойменные пространства. Наиболее крупные озера находились в районе поселков Липовцы и Прокопьевки (фиг. 12). В прибрежной зоне этих озер происходит образование торфяника пласта Рабочего. На этих площадях угольный пласт имеет повышенную мощность и хорошо выдерживается по простиранию.

Терригенный материал осаждался в окраинных частях области накопления, а смоляные тела, как более легкие, уносились дальше текущими водами. Последние при своем движении могли вымывать из гумусовых слоев торфяника неокисленные смоляные палочки и переносить их на новое место. Так, в частности, происходило смешение двух видов смолы. По мере уменьшения силы потока палочки смолы осаждались и накапливались в виде линзообразных прослоев. После спада полых вод продолжалось накопление торфяника, давшего гумусовые угли. Вследствие дифференцированного осаждения, зависящего от удельного веса и размера обломков минеральных примесей и смоляных палочек, в одних участках накапливались прослой чистой смолы, в других — сильно зольные прослой гумусового и рабдописситового угля.

При рассмотрении петрографического состава угля пласта Рабочего на Константиновском месторождении (см. фиг. 2) можно видеть, что рабдописситовых прослоев здесь очень мало, гумусовые угли сильно зольные, а строение пласта наиболее сложное. На Ильичевском месторождении, расположенном на восток от Константиновского, количество прослоев рабдописситового угля увеличивается. На Липовецком месторождении, расположенном еще восточнее, наблюдается относительно малозольный гумусовый и рабдописситовый уголь. Суммарная мощность рабдописситовых прослоев здесь наибольшая, а строение пласта менее сложное. На Уссурийском месторождении, находящемся на восточной окраине Суйфунского бассейна, рабдописситовые угли полностью отсутствуют.

Литолого-фациальные исследования на восточной окраине Суйфунского бассейна показали, что снос обломочного материала здесь шел с Муравьево-Амурского антиклинального поднятия, которое разделяло Суйфунский и Сучанский бассейны. Осадко- и угленакпление в Сучанском бассейне в меловое время происходило в прибрежно-морских условиях при умеренном и влажном климате (Шарудо, 1961).

Близость моря, влажный и умеренный климат наложили свой отпечаток на формирование торфяников восточной окраины Суйфунского и Сучанского бассейнов. Здесь отмершая растительность попадала в водные условия, где она разлагалась без доступа воздуха, образуя гумусовые угли. Поэтому на этих площадях в угольных пластах хотя и наблюдаются включения в углях смол, но прослоев рабдописситового угля не обнаружено.

Из всего изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Формирование торфяника пласта Рабочего происходило при стабильности тектонического режима в условиях сильного химического выветривания на восточной окраине Китайской платформы, примыкавшей непосредственно к области торфонакопления и служившей областью сноса для Суйфунского бассейна в баррем — сеноманское время. Химические процессы обусловили однообразный состав минеральных примесей углей (кварц и глинистые минералы) и полное окисление древесных тканей за исключением стойких составляющих органического вещества — смолы, спор и пыльцы. Липоидные компоненты также претерпели сильное изменение, выразившееся в коррозии, растрескивании и потемнении окраски.

2. Исходным материалом углей пласта Рабочего послужил разнообразный комплекс растений, основными из которых были хвойные, папоротники, саговниковые и беннеттитовые. Учитывая вывод З. М. Рыбалко о материнской природе смоляных тел рабдописситовых углей и большое количество саговниковых и беннеттитовых в комплексе флоры, можно предположить, что смоляные палочки, образовавшие прослой рабдописситовых углей, являются продуктом выделения саговниковых и беннеттитовых растений.

3. Накопление смоляных тел происходило преимущественно в области разрушения и сноса в результате полного окисления неустойчивых древесных тканей и сохранения устойчивых — смолы. Периодически текучие воды сносили смоляные тела вместе с терригенным материалом в торфяник, где они неравномерно распределялись на площади вследствие перепадов в скорости потока и дифференциации по удельному весу.

ЛИТЕРАТУРА

- Дзенс-Литовская О. А. Рабдописитовый уголь Суйфунского каменноугольного бассейна Южного Приморья. Угленосные формации некоторых регионов СССР. Изд-во АН СССР, 1961.
- Жемчужников Ю. А., Гинзбург А. И. Основы петрологии углей. Изд-во АН СССР, 1960.
- Корженевская Е. С. Петрографическая характеристика угольного пласта Верхне-Суйфунского месторождения в районе дер. Ильичевки.— Химия твердого топлива, т. V, вып. VI, 1934.
- Криштофович А. Н. Липовецкие копи в Уссурийском крае.— Материалы по общей и прикл. геол., вып. 8 1928.
- Мудров А. М. Фации и условия накопления угленосных отложений Подгородненского месторождения Южного Приморья.— Труды лабор. геол. угля АН СССР, вып. X, 1960.
- Рыбалко З. М. Исследование смоляных телец рабдописита Верхне-Суйфунского бассейна.— Автореф. дисс. ИГН АН СССР, 1955.
- Шарудо И. И. История геологического развития и условия формирования угленосных отложений Сучанского бассейна.— Геология и геофизика, № 12, Новосибирск, 1961.
- Штемпель Б. М. Фитостратиграфия меловой системы Южного Приморья.— Труды лабор. геол. угля АН СССР, вып. X, 1960.

Предисловие	3
И. И. Аммосов, С. И. Малинин. Стадии изменения углей и вмещающих пород	5
В. И. Скок. Причины метаморфизма ископаемых углей и опыт классификации основных типов его	27
А. И. Гусев, А. И. Бочарникова, Т. М. Пчелина, Г. П. Арсеньева. Связь между типом углефикации и составом вмещающих углей пород	41
И. С. Пельдяков. Изменение степени метаморфизма и качества углей Кузбасса с глубиной разработки	49
Л. А. Шитова. Метаморфизм углей Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса	56
С. С. Авдеев. К вопросу о первичной окисленности витринита в углях Кузбасса	61
Н. Г. Беленко. Корреляция разрезов ускатской и ленинской подсистем по составу конкреций	69
А. П. Чухряева. Пепловые породы Кузбасса	73
В. С. Быкадоров. Некоторые вопросы метаморфизма и зонального распределения углей различного качества в районе р. Нижней Тунгуски	85
Ф. А. Бочковский, Г. М. Лушихин, О. И. Юон. Некоторые данные о спекающихся углях в центральной части Тунгусского бассейна	93
А. К. Матвеев, Ю. Р. Мазор. О региональном метаморфизме углей бассейна р. Курейки	99
В. С. Быкадоров, А. А. Томилов. Геологическое строение, угленосность и качество углей южной окраины Тунгусского бассейна	107
В. И. Быкадорова. Особенности петрографического состава углей южной окраины Тунгусского бассейна	118
Л. Н. Гутова, Э. Б. Рябей. Палинологическая характеристика угленосных отложений юго-восточной окраины Тунгусского бассейна	125
О. Г. Румянцев. Химико-петрографические особенности высокосернистых углей Иркутского бассейна	133
М. М. Малинин. Угленосность и качество углей центральной части Ленского бассейна	136
Ю. Б. Устиновский, И. В. Китаев. Характер угленосности в мезозойских континентальных впадинах южной части Дальнего Востока в зависимости от их тектонической природы и условий осадконакопления	141
И. И. Шарудо, В. О. Соловьев. Меловая угленосность Южного Приморья и ее перспективы	153
И. И. Шарудо, В. П. Шорин, В. Ф. Шугуров, А. Ф. Хлонова. Суифунские рабдописиты и условия их образования	162

Геология углей Сибири и Дальнего Востока

*Утверждено к печати Институтом геологии
и геофизики Сибирского отделения АН СССР*

Редактор издательства В. К. Шлепов. Технический редактор Н. Ф. Егорова

Сдано в набор 30/VII 1965 г. Подписано к печати 28/IX 1965 г. Формат 70 × 108^{1/16}.

Печ. л. 11 + 3 вкл. Усл. печ. л. 15,07 + 3 вкл. Уч.-изд. л. 14,9 (14,3 + 0,6 вкл.). Тираж 1100 экз.

Т-13336. Изд. № 79/65. Тип. зак. № 5803

Цена 1 р. 02 к.

Издательство «Наука». Москва, К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография издательства «Наука», Москва, Г-99, Шубинский пер., 10