Записки
Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова,
т. XXXIII, вып. 2, 1958 г.

ПРЕДПОСЫЛКИ УГЛЕОБРАЗОВАНИЯ

Ю. А. Жемчужников

Вопрос о предпосылках углеобразования нуждается в периодическом пересмотре вследствие непрерывного прогресса в различных областях геологической науки и критической проверки многих ее положений на основе диалектического мировоззрения и исторического сопоставления. Многое в угольной геологии, что было постоянным и застывшим в положениях западно-европейских руководств и казалось незыблемым и что было выведено из изучения среднекарбоновых каменных углей на практике оказалось неполным, односторонним и неправильным в приложении к угленакоплению более молодых угленосных эпох [4].

При рассмотрении всего многообразия угольных бассейнов различного возраста бросается в глаза прежде всего непостоянство обстановки, благоприятствующей угленакоплению из периода в период. Представление об одних каких-то стандартных оптимальных условиях и необходимых предпосылках углеобразования должно быть отброшено и заменено представлением о необратимом развитии этих предпосылок во времени и пространстве.

Столь же примитивным и односторонним оказывается и распространенное мнение, что ведущим фактором эволюции угленакопления являются несомненное развитие и смена растительности в геологической истории. Хотя этот фактор и является весьма важным для изучения вещественного состава углей, смены углепетрографических типов и т. д., он далеко не единственный. А главное, само развитие растительного покрова и переход растений на сушу со все большим завоеванием континентов — само оно зависит и находится в отношении следствия к причине — к общему необратимому тектоническому развитию земли даже в последние 500 млн. лет. Однако не следует преувеличивать значения «тектонического фактора», приписывая ему непосредственное предопределение угленакопления. Чаще его действие косвенное, сказывающееся через палеогеографические изменения рельефа (геоморфология), климата (палеоклиматология), конфигурации суши и моря (палеография в узком смысле), прирост платформ и др. Непосредственно геотектонический фактор выражается главным образом в различии колебательных движений в разные эпохи и в разных районах.

Но основное заключается именно в том, что благоприятные условия угленакопления — это сочетание определенных и неодинаковых условий для разных эпох. Это хорошо иллюстрируется всем ходом развития угленакопления с девона до третичного периода [4].

Рассмотрим роль каждой из этих предпосылок; 1) палеофитологической; 2) климатической; 3) геоморфологической (главным образом рельеф); 4) фациальной палеогеографической в узком смысле; 5) геотектонической, а затем сопоставим их в сочетании друг с другом.

Начнем с наиболее зависимых и вторичных и кончим наиболее независимыми переменными в изменении «лика земли».

1. Палеофитологические предпосылки

Эволюция растительности. В настоящее время неопровержимо доказано, что ископаемые угли произошли из растительных остатков. Во многих случаях выяснено и из каких частей они состоят, какие таксономические группы растений принимают участие в угленакоплении. Поэтому прослеживание эволюции флоры и изучение ее особенностей может пролить свет на многие стороны образования самих углей.

В этом смысле приобретает важное значение то, что в палеофитологии в последнее время усилился интерес не только к листьям, но и к анатомическому строению стебля и споровому (пыльцевому) составу ископаемых растений. Материал для суждения об углеобразователях становится более разносторонним и убедительным.

Первый узловой и ранее других установленный период недаром получил название каменноугольного — он содержит наибольшие запасы *эксплуатируемых* углей Европы и Америки. Докарбоновое время следует рассматривать как предысторию крупного угленакопления. Хотя в кембрие и силуре найдены в последнее время споры наземных растений [8], но, исходя из эволюционных соображений, нужно думать, что в эти периоды наземная флора делала только первые шаги и едва ли могла дать материал для больших углепроявлений. Если такая картина отчасти получается в результате почти полного несохранения (или отсутствия ?) континентальных отложений в кембрии и отчасти силуре, то практически это для нас довольно безразлично. Если тут и было *образование* углей, то не произошло их накопления. Впрочем, морские горючие сланцы составляют характерную особенность силура (кукерситы). Девонское угленакопление связано со своеобразной группой псилофитов. К концу девона псилофиты почти полностью вымирают и их наследников с трудом можно узнать в некоторых примитивных формах споровых растений последующих эпох.

Верхнедевонская флора отличается широким распространением папоротника Archaeopteris, по имени которого называется *археоптерисовой флорой.* С этой флорой угленосность не связана.

Однако на границе девона и карбона наземная растительность делает резкий скачок в сторону быстрой дифференциации и расцвета ряда ветвей, которые затем устойчиво занимают главные позиции в течение долгого времени. Это споровые папоротникообразные растения (Pteridophyta) типа плаунов (лепидофитов), хвощей (каламитов) и папоротников, а также многочисленные семенные папоротники, принадлежащие, как и кордаиты, уже к голосеменным растениям.

А. Н. Криштофович называет такие устойчивые формы, временами охватывающие почти всю земную поверхность, *полихронными* [7]. Они кроме того, почти все связаны с углеобразованием. А. Н. Криштофович выделяет пять таких полихронных наземных флор, начиная с девона: 1) псилофитовую ($D_1 + D_2$); 2) археоптерисовую (D_3); 3) антраколитовую ($C + P$); 4) мезофитовую ($Rhät + J + Cr$); 5) антиофитовую ($Tr + Q$) [7, стр. 37].

Вся история угленакопления гумусовых углей, связанная с разви-

тием наземной флоры, с начала девона до настоящего времени насчитывает около 300 млн. лет. За это время флора пять раз резко меняла свой состав и облик.

Полихронные флоры, согласно А. Н. Криштофовичу, характеризуются следующими общими свойствами:

1. Обширностью географического распространения. Например, лепидофитовая флора карбона распространилась на большое протяжение от Северной Америки, через Европу до Турции и Казахстана в Азии. Мезофитная, главным образом юрская флора, охватила всю Азию, Кавказ, Крым и проникла в Западную Европу и в Америку.

2. Однообразным составом на всей территории распространения. Следовательно, после быстрого момента рассеяния (иррадиации) начался процесс приспособления (адаптации) и закрепления флоры на широкой площади.

3. Геологической долговременностью существования.

4. Резкой систематической обособленностью одной флоры от другой, как будто без всяких переходов. Очевидно, эти быстроизменяющиеся переходные формы почти не сохранились в ископаемом состоянии, а когда установились новые типы растительности, их массовое распространение фиксировалось гораздо легче.

5. Лесным характером большинства этих флор, вероятно, по мнению А. Н. Криштофовича, связанным с благоприятными условиями произрастания и прежде всего с теплым и влажным климатом в середине соответствующих периодов. Так, например, папоротники, встречающиеся у нас в умеренном климате, в тропическом поясе представлены древовидными формами. Такими же они были и в карбоне, юре и в другие эпохи теплого и влажного климата. Однако в свете новых данных это соображение нуждается в оговорках.

6. Широким развитием явлений углеобразования, тесно связанным с лесным характером флор. Это представляет особый интерес, так как закономерно связывает процессы угленакопления с этапами развития флоры. Но резкие периодические изменения климата, очевидно, контролируются явлениями более крупного геологического порядка, определяющими и разделение на геологические периоды и эры. Такими ведущими условиями следует считать, по-видимому, явления геотектонического порядка и прежде всего колебательные движения различного масштаба.

К указанному весьма важному обобщению А. Н. Криштофовича о полихронных флорах можно присоединить некоторые наши замечания с целью улучшения изучения развития угленосности.

Во-первых, антраколитовый период целесообразно разделить на два — карбоновый и пермский — и рассматривать их отдельно.

Во-вторых, археоптерисовая верхнедевонская флора, действительно, своеобразна, но период ее жизни сравнительно невелик (до 15 млн. лет), и для нее характерна быстрая изменчивость форм, расходящихся по разным направлениям. После нацело вымершей группы псилофитов — это флора начинающегося прогресса чисто наземного типа споровых растений, которые в самые последние моменты девона, а может быть уже в начале карбона — медвежий ярус — принимают каменноугольный облик.

Шкалу абсолютного геологического времени принимаем по БСЭ (т. 10, стр. 510) и приблизительно учитываем длительность для отделов или частей отделов различных периодов, для промежутков. Тогда переделанная таблица А. Н. Криштофовича представится в приведенном ниже виде (см. табл. 1). Следует отметить, что некоторый разнобой

в этих цифрах у различных авторов зависит именно от неодинаковости шкал.

Таблица 1

Длительность развития полихронных флор

Время от начала периода, млн. лет	Геологические периоды	Длительность периода, млн. лет	Продолжительность господства полихронной флоры, млн. лет	Промежутки млн. лет	Геологические периоды и отделы	Название полихронной флоры
1	Четвертичный *Q*	1				Кайнофитная
70	Третичный *Tr*	69	75		Cr_2; $T_r - Q$	Покрытосеменные и хвойные
110	Меловой *Cr*	40		? 30	Средняя часть *Cr*	
150	Юрский *I*	40	50		$T_3 - I_1$; I_{1-2}; *Cr*	Мезофитная Хвойные и саговообразные
185	Триасовый *T*	35		? 30	$T_1 - T_2 - T_3$	
225	Пермский *P*	40	40		P	Палеофитная Кордаиты
275	Карбоновый *C*	50	40	10	C_3^3 / $C_1 - C_2 - C_3'$	Лепидофиты
310	Девонский *D*	35	20	15	D_3 / $D_1 - D_2$	Псилофиты

Примечание. Цифры для периодов взяты из БСЭ, т. 10. стр. 509.

Сохранившиеся до нас угольные месторождения, если не причислять сюда горючих сланцев силура и кембрия, появились только вместе с псилофитовой флорой, т. е. всего около 310 млн. лет назад.

Чтобы понять эту устойчивость полихронных форм, уловленную А. Н. Криштофовичем, а с другой стороны, резкое различие форм, взятых в целом, следует, по-видимому, обратиться к закономерностям, установленным для развития животного мира.

А. Н. Северцов давно наметил два[1] основных пути биологического

[1] На самом деле он установил четыре пути, но третий, согласно А. Н. Северцову, может быть отнесен к первому, а четвертый менее распространен. Поэтому мы говорим о двух главных.

прогресса животных — *ароморфоз* и *идиоадаптацию*. Ароморфозом А. Н. Северцов предложил называть такие общие прогрессивные «...изменения организации и функции животных, при которых повышается интенсивность жизнедеятельности животных и разнообразие ее проявлений (дифференцировка). Изменения этого типа оказываются настолько важными биологически, *что являются полезными и нужными при весьма разнообразных изменениях среды* (подчеркнуто нами. — *Ю. Ж.*), в которой обитают животные, и поэтому обыкновенно оказываются весьма стойкими признаками» [10, стр. 322].

Напротив, идиоадаптация подразумевает такие «приспособительные» изменения организации животных, посредством которых животные приспособляются к *вполне определенным условиям внешней среды*, причем сложность организации и интенсивность жизнедеятельности в общем не повышаются, и животные остаются на прежнем (анцестральном) уровне высоты организации [10, стр. 324]. Сюда относятся, например, разнообразные приспособления зубов и конечностей млекопитающих или динозавров (травоядных, хищных, всеядных и пр.) к образу жизни.

На основании многочисленных фактов и общих соображений А. Н. Северцов устанавливает, что непосредственно за периодом развития какого-нибудь ароморфоза наступает период идиоадаптации. Эволюционирующая форма начинает усиленно размножаться. А так как вследствие этого прежняя область распространения становится для нее тесной, она начинает расселяться и, попадая в новые условия, должна к ним приспособляться в смысле идиоадаптации. Так, ароморфоз открывает новые пути для идиоадаптации, которая может продолжаться для данной группы животных неопределенно долго, оставляя ее на уровне процветания [10, стр. 325].

В эволюции растительных организмов должны бы наблюдаться те же закономерности —смены господства двух указанных типов или направлений развития. Внезапность или резкость перехода от одной полихронной флоры к другой в значительной степени кажущиеся. Между расцветами одной и другой полихронной флоры, длящимися по 40 и более миллионов лет, находятся относительно краткие (10—15—30 млн. лет) периоды быстрого появления форм, стоящих на принципиально более высоком уровне организации. Но эти переходные формы, в которых природа как будто нащупывает новые пути биологического прогресса, согласно Ч. Дарвину, имеют мало шансов сохраниться в геологической летописи вследствие своей малочисленности (по количеству экземпляров).

Рассматривая эволюцию растений и смену длительных полихронных форм также под указанным углом зрения, придем к весьма правдоподобному заключению, что смена связана с какими-то промежутками ароморфозов, а длительное их существование соответствует периодам расцвета, рассеянию и идиоадаптации соответствующих групп. Это может быть подтверждено анализом фактического материала. Действительно, как отмечалось, псилофиты были первенцами суши и произошли из каких-то водорослей — вероятно, из бурых. Их наземные приспособления в виде кутикулы с устьями, внутренним цилиндром с проводящими сосудами и довольно толстой корой ставили псилофитов на более высокий уровень организации и облегчали завоевание новой стихии — насушной почвы и атмосферы. Это был несомненный ароморфоз, следы которого теряются в верхнем силуре, причем представители различных форм его до нас не дошли. В первой половине девона псилофиты испытали адаптивную (приспособительную) изменчивость и широкую иррадиацию.

Эти ароморфические изменения предопределили большую приспособленность высших споровых растений карбона и перми к различным условиям наземного существования и обусловили их расцвет в каменноугольном периоде. Вероятно, этими же преимуществами лепидофиты, каламарии и папоротники обязаны вытеснению самих псилофитов с арены жизненной борьбы и вымиранию последних.

В верхнем девоне одновременно с археоптерисовой флорой появилось много форм, близких к псилофитам по некоторым признакам (дихотомические деления ствола, отсутствие настоящих листьев и др.), но уже носящих в себе черты более высокой организации споровых растений: например, Protolepidodendron primaevum из верхнего девона. Те же примитивные черты находим у первых членистостебельчатых — например, Calemiophyton primaevum (средний девон), наконец, у Cladoxylon из прапапоротников (со среднего девона). Они имеют дихотомически делящиеся ветви и мелкие листья. Спорангии у всех этих типов обычно конечные, а не боковые.

Следовательно, различные группы сосудистых споровых растений вышли из каких-то собирательных типов псилофитов путем ароморфоза. Прогрессивные изменения, только намечающиеся в этих примитивных представителях новых групп споровых, состояли в развитии проводящих тканей стебля, т. е. древесины и луба, дифференциации растения на корень (а не корневище), стебель и листья, возможности разрастания растения в толщину за счет развития вторичной древесины и т. д.

Следующей заметной стадией ароморфоза среди растений был переход от размножения посредством спор к семенному. Семя возникло, повидимому, в результате развития разноспоровости у растений. Изучение эволюции растений с точки зрения появления и вытеснения одних групп растений другими показывает, что основным морфофизиологическим различием этих сменяющих друг друга групп являются особенности размножения. Поэтому одним из основных достижений ароморфоза в истории развития растений был переход от спорового размножения к семенному. Этот переход совершался постепенно или скачкообразно и шел различными путями, характерными для того или иного момента геологического прошлого. Наиболее примитивным оказывается строение семени у так называемых семенных папоротников (Pteridospermae), которые достигли расцвета уже в верхнем палеозое, а в мезозое пришли в упадок. Более отчетливо размножение семенами выражено в палеозойском же типе кордаитов, а еще лучше у хвойных и саговообразных, преобладающих в мезозойское время. Но все эти группы обладали еще несовершенным семенным аппаратом, так как семена их недостаточно изолированы от внешних воздействий, поэтому они и называются *голосеменными*.

Наиболее совершенными и приспособленными к изменениям внешней среды, а следовательно, и более приспособленными к универсальному распространению, оказываются так называемые *покрытосеменные*. Их семена помещаются в разнообразно устроенных образованиях — плодах. Кроме того, у покрытосеменных развиваются приспособления для опыления (переноса пыльцы) насекомыми, птицами и т. п. Переход от голосеменных растений к покрытосеменным был несомненным ароморфозом, коренным преобразованием организма растений в смысле размножения. Именно это новое преобразование предопределило широкое распространение (идиоадаптацию и иррадиацию) покрытосеменных с середины мела (в третичное время) и стимулировало начало вытеснения ими хвойных и других голосеменных.

Все эти ступени ароморфоза можно изобразить на схеме, подобной предложенной А. Н. Северцовым для животных (рис. 1, 2).

Природа очень рано нащупывает и как бы испытывает новые ароморфические «изобретения». Но нужен большой промежуток времени и действие отбора, чтобы новое приспособление было разработано настолько, чтобы воплотиться в новом типе растений. Поэтому, например, расцвет группы споровых растений относится не к девону, где возникло, может быть, наибольшее число их разнообразных типов, а к карбону, где

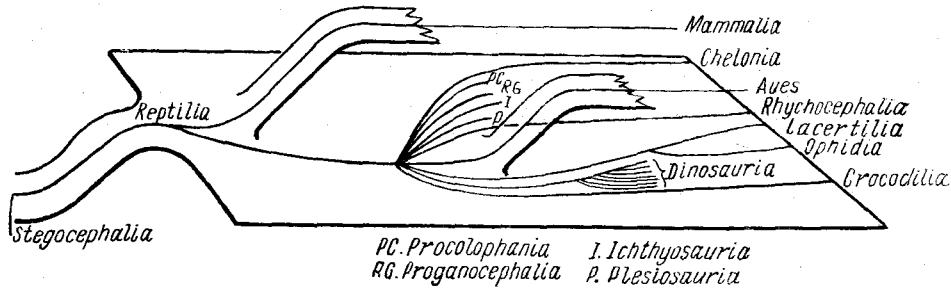


Рис. 1. Схема, показывающая соотношения между ароморфозами и идиоадаптизацией (по А. Н. Северцову [10])

некоторые из них путем приспособительного развития чрезвычайно размножились и на основе более мелких отличий достигли еще большего многообразия.

Из голосеменных только семенные папоротники (трудно отличимые во многих случаях от спороносных папоротников) достигают апогея в

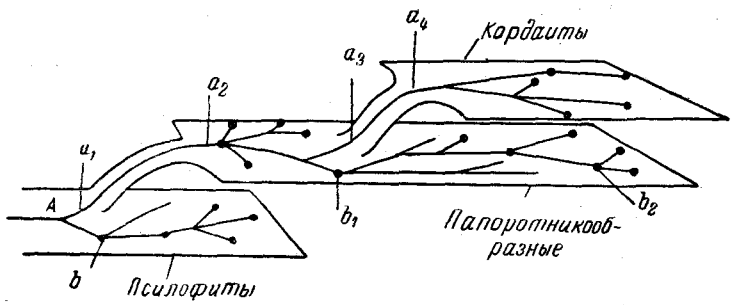


Рис. 2. Приложение схемы А. Н. Северцова чередования двух типов эволюции для полихронных флор палеофита. Поясняет смену периодов прогрессивного быстрого развития (ароморфозов) с периодами медленного приспособительного развития и расселения (адаптивной радиации, идиоадаптизации) [10]:

a_1 — у некоторых, происходящих от псилофитов форм растений развиваются признаки прогрессивного характера (качественные), благодаря чему от a_1 до a_2 происходит общее повышение организации (ароморфоз); вслед за этим подъемом организации, приведшим к появлению различных групп папоротникообразных (*Pteridophyta*) начинается более медленное их расселение и приспособление к различным условиям без повышения общего уровня организации (идиоадаптизация и специализация). Дихотомическое деление линий b, b_1, b_2... на плоскости отображает эту эволюцию, приводящую к господству определенной «полихронной» флоры А. Н. Криштофовича [7]. Переход к господству голосеменной растительности (кордаитов, семенных папоротников и т. д.) происходит через новый ароморфоз (подъем $a_3 - a_4$) и новое рассеяние

карбоне, а кордаиты — только в перми. Настоящий же расцвет всей группы голосеменных относится к мезофиту, когда господствующие хвойные и сагообразные оттесняют все другие группы на задний план.

Покрытосеменной тип, зародившись в нижнем мелу, а может быть и в юре (ароморфоз), начинает приспособительно развиваться с верхов мела и в кайнофите является господствующим, оттесняя хвойных на второе место.

Как видно из рис. 2, для девона характерна только своеобразная

группа псилофитов, которая выше не переходит. Для каменноугольной системы руководящими группами были лепидофиты, каламиты и семенные папоротники, достигающие здесь максимума, для перми — кордаиты, для «юрского» угленакопления и вообще для мезофита — хвойные, саговиковые и отчасти папоротники, для кайнофита — покрытосеменные и отчасти хвойные.

Можно предположить (хотя это еще мало изучено), что в истории земли моменты быстрых изменений среды, связанные с тектоническими (орогеническими) движениями, более благоприятствуют появлению *ароморфических изменений и отвечают типу развития посредством ароморфоза*. Напротив, более спокойным эпохам, связанным лишь с колебательным тектогенезом (эпирогенезом), более свойственно развитие посредством идиоадаптации. Это не устраняет, конечно, возможности некоторого переплетения этих изменений в разных группах растительного мира.

Значение эволюции растений для углеобразования. *Первое* и самое главное значение развития и смены растительного мира для истории углеобразования состоит в том, что каждая группа растений, даже при самом широком своем распространении, сохраняет некоторые общие экологические (связанные с образованием жизни и средой) и эдафические (связанные с почвой) особенности.

Так, водоросли, само собой разумеется, привязаны к воде. Жизнь началась, по-видимому, в море, хотя в последнее время в связи с открытием спор наземных растений в кембрие на этот счет высказываются сомнения. Наземные растения, с судьбой которых связано образование гумусовых углей, также имели в прошлом неодинаковые условия распространения. Первые поселенцы суши (как и в животном мире) вследствие еще не очень совершенных приспособлений к наземному существованию не могли на далекое расстояние отрываться от берега и ютились в болотах прибрежной полосы. Они, как и амфибии, носили еще как бы «земноводный» характер или проходили через него раньше. Поэтому в начале эволюции наземных растений влаголюбивые типы еще преобладали, а ксерофиты господствовали позже. Именно кордаиты и хвойные, ксерофитный характер которых наблюдается для большинства форм, допускают мысль о более внутриматериковом ареале жизни и климате. Наконец, покрытосеменные могут приспособиться ко всяким континентальным условиям.

В истории флоры несомненно наблюдается постепенное завоевание суши из периода в период. Таким образом, естественно ожидать, что и торфообразование в истории земли должно иметь тенденцию к передвижению от моря в глубь континентов, если учесть, что углеобразователями (т. е. торфообразователями) в разные эпохи были разные группы болотных растений и притом наиболее распространенные в соответствующее время. Иначе они бы не оставили таких крупных скоплений растительного материала. Иными словами, *фации угленакопления* должны меняться на протяжении истории углеобразования, т. е. за последние 300 млн. лет, что и имеет место в действительности.

Миграция наиболее продуктивных угленосных фаций из периода в период окажется общей закономерностью историко-геологического процесса.

Второе — возможное значение растительной эволюции для углеобразования может заключаться в неодинаковом химизме тех групп или частей растений, которые играли роль углеобразователей в определенные периоды. Однако методически очень трудно доказать, что, в частности, древесина или кора древних растений по химическому составу заметно

отличалась от современных. Слишком сильный отпечаток на них наложили превращения растительного вещества, имевшие место как в торфяной, так и в угольной стадиях.

Указания на различный химический состав ископаемых растений несколько лет назад были высказаны Г. А. Ивановым [5]. Хотя принципиально это и вполне возможно, но столь же вероятно и другое — химический состав древесной флоры, обосновавшейся на суше, уже не испытывал очень больших изменений. Самые коренные изменения химизма должны были произойти на самом пороге перехода растений из морской среды на сушу. И действительно, некоторые намеки на это можно констатировать.

Так, исследованная Г. Л. Стадниковым кутикула псилофитов, поскольку она сохранилась в так называемой «рогожке» барзасских углей, показала химический состав, отличный от состава современной листовой кутикулы. Именно она представляет собой нечто среднее между современной кутикулой и веществом покровной ткани современной ламинарии (бурой водоросли). Очевидно, происходя из бурых водорослей и делая первые шаги на суше, псилофиты еще не выработали того устойчивого химического типа кутикулы, который известен в листьях последующих эпох.

Только в девоне и отчасти в карбоне кутикула покрывала стебли кустарников. Преимущественно паренхимный ствол псилофитов также, вероятно, химически отличался от ствола лепидофитов (с преобладанием в нем коры) и от древесины кордаитов (занимающей главное место в стволе). Однако сравнительным химическим исследованиям они, насколько известно, не подвергались, отчасти вследствие высокой минерализации большинства необходимых остатков.

Но в общем химические свойства кутикулы, как и свойства коры или древесины, мало изменились с девонского времени. Химические же различия между кутикулой, корой или древесиной остаются существенными во все времена, начиная с девона. Поэтому для углеобразования большое значение имеет не изменение химического состава растений вообще, а изменение анатомического строения ствола или листьев соответственных эпох и степень их сохранности и преобразования в ископаемом состоянии. Так, от девонских псилофитов чаще всего остаются в углях их толстые стеблевые кутикулы, что придает им характер липтобиолитов с присущими им химико-технологическими особенностями (высокий выход первичного дегтя).

В каменноугольных отложениях коровые части лепидофитов преобладают, что определило блестящий (витреновый-клареновый) характер и широкий диапазон спекаемости карбоновых углей. Кордаиты с их развитой вторичной древесиной в известных условиях были благоприятны для образования фюзено-ксиленовых компонентов в пермское время и т. д.

В этом смысле материнский растительный состав отчасти определяет химизм формирующихся из него углей, но не непосредственно, а через избирательное сохранение тех или иных частей и тканей растений. А сохранение тесно связано с анатомическим различием групп растений, господствующих в те или иные периоды и эпохи.

Принято также связывать усиленное углеобразование с расцветом растительности, т. е. с распространением полихронных флор. В общем это верно. Но следует отметить, что для углеобразования важно интенсивное *болотообразование,* но не расцвет всякой растительности вообще, который прямого отношения к образованию торфа не имеет. Развитию торфяных болот содействует влажный климат, но не обязательно

жаркий. Однако все зависит от приспособительных свойств растений. В общем можно сказать, что в истории земли, начиная с карбона, растительность все более и более приспосабливается к переходу от приморских к континентальным условиям, т. е. к менее влажному и даже умеренному климату.

Таким образом, устанавливается историчность палеофитологических предпосылок угленакопления. В различные углеобразовательные эпохи исходным материалом углей служили различные группы древесных растений, различные части растений (кора, древесина, кутикула, стебли и листья, споры и пыльца). Петрографические типы угля в значительной степени зависят от эволюции растительного покрова и его миграции от моря к суше, но они связаны не только с типом растительности, а также и с климатом и фациальными условиями образования углей.

Если иметь в виду не только петрографические типы, но и характерные черты угольных пластов, а также типы самих месторождений и бассейнов, то считать палеофитологические предпосылки ведущими или основными для развития угленакопления в геологической истории было бы односторонним и неправильным. Избирательная локализация угольных месторождений в каждый период, их формы, распространение и другие особенности, определяющие богатство и качество углей, есть следствие развития земли в целом.

Поэтому и «пышный расцвет» флоры и, следовательно, тропические климатические условия совсем не являются, как это справедливо отметил Л. В. Пустовалов [9], такими необходимыми предпосылками угленакопления, как это еще до недавнего времени считалось на Западе.

2. Климатические предпосылки

Для восстановления климата, свойственного минувшим эпохам, существует целый ряд ныне уже довольно многочисленных признаков [15]. Важнейшие из них можно подразделить на биогенные и литогенные.

По биогенным признакам климатические вопросы решаются или на основании сходства с современным распространением и условиями жизни родственных форм (например, пальмы в третичном периоде), или исходя из общих экологических соображений (величина, толщина раковины, коралловые рифы) и т. п.

Первые показатели климата приложимы главным образом для ближайших к нам периодов — четвертичного и третичного, т. е. распространяются с некоторой достоверностью на последние 70 млн. лет. Чем дальше в глубь геологической истории, тем аналогии все более и более делаются неуверенными и неубедительными.

Общие экологические соображения в некоторых случаях (например, рифовые кораллы) могут дать очень хороший температурный критерий, но иные признаки для растений толкуются различными авторами то как свидетельство ксероморфности, то как указание на влаголюбивость, поэтому и не могут быть приняты во внимание. Необходимо в каждом конкретном случае опираться на совокупность различных, иногда противоречивых, признаков флоры и фауны.

Что касается литогенных показателей климата, то в самых общих чертах многие осадочные породы позволяют делать определенные климатические заключения. Так, мощные толщи известняков образуются и, по-видимому, всегда образовывались в теплом климате, рифообразователи — в морях со средней температурой около 20° (не менее). Латериты, являясь продуктом тропического выветривания, указывают на жаркий климат. Образование солей, особенно калийных, свидетельствует об аридном климате.

Ископаемые угли обычно приводят как доказательство влажных и теплых, а иногда и тропических условий. Последние должны быть доказаны и другими данными (ср. карбон). Однако теплолюбивость углеобразующих растений в истории земли подвергалась очень большим изменениям.

Совершенно верно, что угли указывают на влажный климат, способствующий произрастанию растений. Однако совсем не нужно для лесных торфяных болот разных периодов воображать себе непременную «пышную» растительность наподобие «девственных» тропических лесов Южной Америки.

Сибирская «тайга», нередко увлажненная, со сплошным лесным покровом, простирающимся в умеренных широтах на сотни километров, не говорит о теплоте и чрезвычайной гумидности атмосферы. Многие лесные торфяники мезофита и перми образовывались в условиях, близких к таежным («кордаитовая тайга» А. Н. Криштофовича). Современные торфяники, как известно, сосредоточены главным образом в умеренном поясе северного полушария.

Разумеется, по сравнению с солеобразованием, угленакопление требует более гумидных условий и служит показателем относительно влажного климата. Но наша задача другая. Нам нужно найти признаки, которые позволяли бы сравнивать климатическую обстановку одного углеобразовательного периода с другим и выявить *различия* в степени влажности и теплоты, а не сходство.

Метеорологические условия в разные периоды углеобразования были далеко не одинаковы и весьма изменчивы. В течение всего угленакопления и в промежутках между его фазами в одном периоде в большинстве случаев можно наблюдать близкие климатические условия или, по крайней мере, отсутствие резких изменений. Однако в отдельных и единичных случаях угленосные толщи, т. е. эпохи углеобразования, требующие мягкого климата, разделены ледниковыми эпохами с тиллитами, ленточными глинами и другими признаками былого оледенения. Подобный пример встречен в пермокарбоне Австралии, где в Новом Южном Уэльсе и в Квинсленде четыре ледниковых горизонта разделены тремя угленосными толщами.

Угленосная толща полифациальна. Между отдельными угольными полагаются другие фации, континентальные или морские. Они порой несут на себе признаки более сухих условий, чем отвечающие угольным пластам. Следовательно, в промежутках между отложением угольных пластов возможны, хотя это отнюдь еще нельзя считать доказанным, некоторые колебания температуры и влажности.

В Саарском угольном бассейне также наблюдается смена климатических эпох в пределах вестфальского и стефанского ярусов и в нижнепермское время (табл. 2 [15]).

Однако эти изменения, полученные на основании косвенных улик, едва ли можно считать доказанными при настоящем состоянии знаний. Наиболее твердые данные следует видеть в указаниях на широкие ледниковые явления: на верхней границе докембрия, менее достоверные — на грани верхнего силура и в девоне, несомненные—в пермокарбоне, относимые то к самым верхам каменноугольных отложений (слой Экке в Южной Африке, Талчирские «конгломераты» в Индии), то к низам перми (несколько горизонтов в Австралии и Южной Америке) и, наконец, ряд эпох четвертичного оледенения.

В другие *периоды* можно только в общих чертах наметить чередо-

Таблица 2

Смена климатических эпох в Саарском угольном бассейне (средний карбон — нижняя пермь)

Отделы	Слои	Изменение климата
Верхний красный лежень	Лебахские	Сухой Полусухой Полусухой—влажный
Нижний красный лежень	Верхние Кузельские	Влажный Полусухой Влажный Полусухой Влажный
	Нижние Кузельские	Полусухой Влажный Полусухой
Верхний карбон	Верхние Оттвейлерские Нижние Оттвейлерские	Влажный Полусухой

вание более теплых и более холодных периодов и повышенную или пониженную влажность.

Значение климата в углеобразовании часто преувеличивается. Еще в *прошлом* столетии было доказано, что флора каменноугольного периода несет многие черты жаркого климата. О тропических условиях карбонового угленакопления как будто свидетельствуют древовидные плауновые, хвощевые и папоротники, из которых первые, так называемые лепидофиты, имеют крону из листьев на высоком стебле, что встречается в настоящее время у растений тропиков. О тропическом климате свидетельствует также отсутствие годовых колец в древесине карбоновых растений. Это указывает, по крайней мере, на безморозные зимы. Имеется еще ряд анатомических особенностей каменноугольной флоры, которые свойственны только тропической растительности. Еще больше признаков указывает на влажные условия: высокий рост, большие листья и относительно небольшие корни, более значительные по размерам клетки тканей, сильное развитие сердцевины и коры за счет более слаборазвитой и бедной сосудами древесины, уменьшение тканей с толстыми оболочками, в частности склеренхимных. Все эти признаки характеризуют отличия каменноугольной флоры от живущей ныне в сухих условиях, но характерны для современных влажных тропических условий. Таким образом, каменноугольный лес, состоящий из громадных прямых лепидодендронов и сигиллярий, древовидных семенных папоротников и каламитов, отражает прежде всего условия тропического или субтропического климата.

Однако растительность более поздних углеобразовательных периодов не имела тех черт, которые позволили бы отнести ее к жаркому климату. Так, пермские углеобразователи — кордаиты, голосеменные деревья с развитой древесиной с годичными кольцами, свидетельствуют, по крайней мере, об умеренном климате и скорее об ограниченной влажности, особенно в случае обилия фюзеновых углей. Юрские хвойные в фюзеноксиленовых углях Средней Азии, подобно хвойным растениям вообще и фюзенам в частности, скорее ведут к признанию более сухого и не столь жаркого климата в лейасовую эпоху углеобразования. Судя по наличию остатков пальм и каучуковых деревьев в бурых углях эоценового периода в Германии, эоцену Европы следует приписать субтропический, если не тропический климат. Олигоценовые же буроугольные месторожде-

ния Германии, богатые стволами хвойных, не содержат растений жаркого пояса.

Что касается влажности, то в позднейшие эпохи, чем карбоновая, нет никаких указаний на чрезвычайную влажность, большую той, которая свойственна умеренным широтам. В некоторые же моменты она была явно ограничена.

Таким образом, факты почерпнутые из палеоботаники и углепетрографии всех углеобразовательных периодов, вместе взятых, не подтверждают взгляда о том, что угленакопления свойственны только тропическим поясам с преувеличенной влажностью без сезонного замораживания и т. д. Конечно, образование торфяных болот и заболачивание вообще не может происходить в сухом пустынном климате, но все остальные градации, кроме аридности, вполне допустимы.

Распространенные взгляды о необходимости жаркого и влажного климата для накопления углей обязаны главным образом тому, что в Европе вся угольная геология базировалась на изучении одних карбоновых углей и в небольшой степени — на третичных. Предполагалось, что только эти периоды с благоприятными климатическими условиями вызывают развитие пышной растительности, которая впоследствии дает скопление углей. Это взгляд сохранился вплоть до настоящего времени, например в статьях С. Бубнова [16]. С. Бубнов считает основными факторами углеобразования геотектонический и климатический, причем при отсутствии хотя бы одного из них, например благоприятного климатического, углеобразования не происходит.

Так ли это на самом деле? Действительно ли движение климатов — смена ледниковых эпох межледниковыми, как предполагают одни, или — периодическая смена ровных и теплых климатов по всей поверхности, как думает Б. Личков.

По-видимому, принятие этих неподтвержденных гипотез ничем не вызывается. Гораздо обоснованнее предположить, что, по крайней мере, от пермского (а может и карбонового) времени и доныне на земной поверхности господствует климатическая зональность.

Изучение условий угленакопления в различные периоды [1] показывает, что *угленакопление в истории земли было связано с различными климатическими условиями, отнюдь не всегда тропическими* (как в карбоне). Хотя известная степень влажности необходима для заболачивания, т. е. консервирования растительного материала в больших количествах, но для разных периодов и различного типа растительности, сменяющейся в геологической истории, она может быть весьма неодинакова. Растения приспосабливались к этим меняющимся историческим условиям.

Таким образом, во-первых, климат не *играет ведущей роли в угленакоплении.* Это вполне совместимо с представлением о том, что аридные и пустынные зоны неблагоприятны для углеобразования, т. е. являются «запрещенными». Но весь пояс пустынь и в настоящее время занимает небольшую часть всей суши и как раз в значительной степени попадает в тропическую и субтропическую области [9].

Во-вторых, для угленакопления нет благоприятных климатических периодов, *а существуют лишь неблагоприятные климатические зоны* (в любом периоде). Например, отсутствие углей в большей части триасового периода можно объяснить и тем, что в этот период растительность находилась в ароморфической фазе, еще не установились благоприятные тектонические условия и главное угленакопление триаса не находилось в пределах современной суши (скорее всего было в области Тихого океана).

В-третьих, заключение о климате следует делать *из конкретного анализа экологических признаков углеобразующей растительности и углепетрографических данных* и избегать априорных заявлений о жарких и влажных, а следовательно, как *будто бы одинаковых* климатических условиях углеобразования во все периоды истории земли.

В-четвертых, *климатические требования к угленакоплению историчны и неодинаковы для каждой эпохи.*

3. Геоморфологические предпосылки (рельеф)

Рельеф, предшествующий накоплению угленосной толщи или даже самого угольного пласта, имеет определенное значение для углеобразования. Однако роль его в различные периоды и эпохи углеобразования, в разные моменты образования угленосной толщи, в разных геотектонических условиях неодинакова. Поэтому делаемое иногда обобщение, что угленакопление требует всегда спокойного равнинного рельефа, относится далеко не ко всякому месту и времени углепроявления. К тому же надо уточнить прежде всего, о каком рельефе идет речь. Можно говорить о рельефе всей области сноса и отложения (например, бассейн Волги), об одном бассейне отложения (Ферганская долина) и о микрорельефе в одном угольном месторождении (Черемховское, Щекинское и др.). Это понятия разного масштаба. Значение рельефа в каждом из этих случаев различно и закономерности другие.

Роль рельефа в углеобразовании следует рассматривать в зависимости от того, отлагается ли уголь на платформе или в геосинклинали. Древние и молодые платформенные угленосные формации нередко начинаются несогласием, перерывом и отложением в отрицательных элементах доугленосного рельефа (Подмосковный бассейн, Иркутский бассейн, некоторые месторождения Средней Азии и др.). Нередко наибольшей угленосностью, в частности большей мощностью угольных пластов, отличается на платформах как раз самая нижняя часть угленосных отложений, лежащих на размытой и неровной поверхности предшествующего рельефа. Здесь имеет большое значение и микрорельеф в масштабе месторождения, что хорошо видно, например, при сопоставлении карты подземного рельефа Черемховского месторождения (составленной А. И. Сердом) с картой распределения мощностей Главного (нижнего) угольного пласта.

Более верхние угольные пласты, видимо, приспособляются к рельефу в условиях постепенного заполнения неровностей ложа, и роль рельефа мало-помалу стирается. Но все же в некоторых положительных точках рельефа многих пластов или даже всей угленосной толщи может не быть или мощность угля сильно сокращается.

Для угленосных толщ окраинных частей геосинклинали (в том числе и краевых прогибов), где также можно констатировать широкое угленакопление, значение рельефа ощущается гораздо меньше. Быстрые опускания и меньшая интенсивность поднятий не допускают сильной денудации и резкого различия в рельефе. Его значение фиксируется разными мощностями в одном и том же цикле угленосных осадков в разных точках и наличием или отсутствием наиболее грубозернистых начальных фаций этого цикла. Аллювиальные отложения залегают обычно над речным врезом, достигающим десятков метров мощности. Но к моменту образования самого угольного пласта неровности рельефа сглаживаются, фации получают более выдержанное распространение и заболачивание развивается уже в условиях весьма плоской и ровной береговой полосы (паралическое угленакопление).

Ввиду обычного согласного залегания угленосных толщ в краевых прогибах геосинклиналей с нижележащими безугольными, чаще морскими, отложениями, нижние пласты так же не зависят от рельефа, как и верхние. Напротив, завершающий момент угленосности иногда бывает связан с усилением континентальных влияний и расчленения рельефа (лимническое угленакопление).

Во внутренних котловинах геосинклинальных областей (Саарский бассейн, Караганда) значение рельефа, по-видимому, столь же мало, как и для окраинных их зон, если, конечно, угольные пласты не появляются в первый момент после крупных перерывов в отложениях. Последние, однако, не свойственны этому типу угленакопления. Некоторая роль неровностей рельефа отложения, связанного с цикличностью осадков, имеющей здесь также место, сохраняет свою силу и во внутренних впадинах (эрозионный рельеф).

Следует остановиться на одном типе чисто континентального угленакопления в межгорных и предгорных долинах, которые могут быть приподняты над уровнем океана (типа Ферганской долины). Геотектоническая интерпретация образования таких областей осадконакопления может быть следующей. Они находятся по соседству с молодой складчатой областью при незатухших движениях, которые ведут к омоложению рельефа, усилению денудации и континентальному осадконакоплению. Осадконакопление состоит из отложений конусов выноса (пролювиальных), речных русловых отложений (аллювиальных), лимнических болотных (углей) и озерных осадков. Такой вид угленакопления характерен для начала мезозойского углеобразования (рэт-лейас, нижний мел) на восточном склоне Урала, в Средней Азии, Западной Сибири и др. Типичными для него являются отложения конгломератовой юрской угленосной свиты Кузнецкого бассейна и одновременные ей угленосные отложения Ферганского хребта (Кок-Янгак). Весь характер отложений (мощные конгломераты, составляющие до 75% мощности всех циклов) указывает на близость гор в таких предгорных долинах. Рельеф крупного масштаба гористый. Размеры долин могут быть невелики — несколько километров в поперечнике (Кизыл-Кия). Однако угольные пласты непосредственно лежат среди тонкозернистых осадков, уравнивающих рельеф к моменту отложения угля. Но в целом рельеф таких межгорных долин очень не похож на тот равнинный рельеф, который характеризует плоские берега паралических угольных бассейнов.

Таким образом, рельеф в углеобразовании играет то большую, то меньшую роль в зависимости от места угленакопления в геотектонической структуре и палеогеографической обстановке. В геологической истории геоморфологические предпосылки углеобразования закономерно меняются. Во всяком случае, утверждение о том, что угленакопление требует *всегда* и *везде* в качестве предпосылки *плоский равнинный рельеф* очень далеко от истины и особенно *не соответствует* нашему *мезозойскому угленакоплению,* хотя и подходит к карбоновым паралическим месторождениям.

4. Фациальные (т. е. палеогеографические в узком смысле) предпосылки

Палеогеографический фактор ограничивается распределением суши и моря (океана), а внутри континента — размещением различных фаций по отношению друг к другу.

Палеогеография косвенно и довольно сложно связана с геотектоническим фактором. В течение долгого времени палеогеография может развиваться как бы независимо от геотектонических движений. Деталь-

ные палеогеографические карты, составленные Л. Н. Ботвинкиной и А. П. Феофиловой для ряда периодов среднего карбона Донецкого бассейна, указывают, что *общий план расположения морских и континентальных фаций остается довольно постоянным* в течение долгого времени. Колебательные миграции их от регрессивной до трансгрессивной части каждого седиментационного цикла передвигают все фации по направлению ВСВ — ЗЮЗ. Увеличения же амплитуды тектонических колебаний и мощности накапливающейся толщи идут по линии, почти перпендикулярной к этому направлению с ЗСЗ на ВЮВ.

Таким образом, переход от более платформенного к более геосинклинальному (подвижному) режиму не ведет ни к углублению бассейна в том же направлении, ни к переориентировке прежнего распределения суши и моря. Последнее во время среднего карбона остается на севере и востоке (но не на юго-востоке), тогда как суша все время остается на юго-западе и юге от открытой части Донбасса.

Такая закономерность указывает на *унаследованность* палеогеографического плана распределения фаций. Она лишний раз свидетельствует о том, что этот фактор почти не зависит от распределения мощностей как показателя погружения, так как происходит полная, хотя и периодически изменчивая, компенсация осадками, и палеогеографическая картина принципиально остается более или менее прежней. Наступление моря (ингрессий и трансгрессий) надо ожидать не со стороны наибольших опусканий, а со стороны прежнего его местонахождения.

Вследствие этого палеогеографический фактор можно рассматривать как в значительной степени независимый от тектонического и поэтому довольно (но не абсолютно) консервативный. Зависимость же его от тектоники определяется в значительной степени колебательными движениями в области сноса. Если расположение близлежащего денудирующегося горного массива (суши) сильно изменится, то изменится и направление ингрессий. Так, в среднем карбоне Донбасса снос происходит то с юго-запада, то с юга, а внедрение моря — то с северо-востока, то с востока.

При ритмическом типе движений, несмотря на колебания, надолго задерживается общая обстановка осадконакопления (и набор фаций в цикле), не превращаясь ни в чисто морскую (или бассейновую), ни в типично насушную. Сплошные морские условия без наличия континента совершенно неблагоприятны для углеобразования; сплошные континентальные способствуют образованию углей только в особых палеогеографических обстановках (низовья широких аллювиальных долин, межгорные долины). Наиболее же оптимальные условия создаются многократным чередованием бассейновых и насушных обстановок. Примером могут служить Донбасс и ряд других паралических бассейнов карбона.

5. Геотектонические предпосылки

Геотектонические предпосылки угленакопления многообразны, и большинство исследователей приписывает сейчас тектоническому фактору ведущее значение, как и вообще для осадконакопления и образования тех или иных формаций [5, 12, 17, 19 и др.].

Постараемся вкратце наметить значение различных сторон тектонического фактора в углеобразовании.

I. В какую фазу тектогенеза происходит наибольшее угленакопление, т. е. к каким фазам тектогенеза тяготеют углеобразовательные эпохи?

На этот вопрос в угольной литературе имеются различные ответы. По Г. А. Иванову, основные эпохи углеобразования совпадают с так на-

зываемыми эволюционными эпохами, располагаясь между революционными эпохами диастрофизма [5].

П. И. Степанов, напротив, относит максимум углеобразования к революционным периодам истории земли: «Максимум угленакопления соответствует орогеническим эрам с наиболее интенсивными фазами складчатости» [12, стр. 286].

По нашему представлению, эпохи крупного углеобразования *связаны с усилением подвижности земной коры в конце эволюционных периодов, а главное, с промежутками между этапами складчатости*, но не с самими фазами складчатости (и поднятий), которые, вообще говоря, не благоприятствуют образованию угленосных формаций. Время, непосредственно следующее за горообразованием, также неблагоприятно для их развития. Это отчасти объясняет незначительное количество углей в девоне и начале нижнего карбона, в триасе, в среднем меле и в конце третичного периода. Девонский период непосредственно следовал за каледонскими фазами складчатости, триас — за герцинскими, меловая эпоха — за киммерийскими. С этими же эпохами связаны обычно и неблагоприятные для образования углей изменения климата в сторону сухости.

Наоборот, время между судетской фазой складчатости (между средним и нижним карбоном) и последующими — конца карбона, оказывается особенно благоприятным для угленакопления всего герцинского паралического пояса Европы и Америки. Там, где герцинское (варисское) складкообразование наступает только к началу триаса (пфальцская и саальская фазы, например, в Кузбассе, на Печоре, в Южной Африке и т. п.), там угленосными являются и пермские отложения.

В общем для накопления углей наиболее благоприятны как будто *промежутки времени, непосредственно предшествующие диастрофическим моментам.*

II. Какие же закономерности отмечаются в пространстве, т. е. с какими тектоническими областями связано наибольшее угленакопление? Угольные формации образуются и на платформах и в геосинклинальных областях. И там и тут они скорее происходят в отрицательных структурах, т. е. в прогибах внутри этих областей, в частности в синеклизах платформ и в краевых прогибах геосинклиналей. В краевых зонах геосинклиналей угленакопление увеличивается за счет главным образом многочисленности угольных пластов (многоцикличность), платформенных синеклизах — за счет широкой площади угленакопления, еще не затронутой денудацией. Но следует учесть, что в подобных структурах угли легче захороняются и избегают разрушительного действия денудации, и поэтому они более доступны сейчас и легче констатируются в прошлом.

Итак, наиболее благоприятными местами образования и сохранения угленосных формаций являются *переходные области между геосинклинальной и платформенной* (краевые прогибы геосинклиналей, краевые синеклизы платформ и т. п.). Условия краевых прогибов в этом отношении самые оптимальные, так как в них наиболее глубокое погружение и мощные накопления осадков [6, 12, 16].

III. Какого типа колебательные движения в земной коре более всего благоприятны для образования углей и угленосных формаций? Изучение колебательных движений среднего карбона в связи с литологическими работами в Донбассе достаточно выяснило, что наиболее благоприятен правильный ход движения. Но такой ход колебательных движений свойственен и различным зонам геосинклиналей, и различным частям платформ. Однако слишком большая дифференциация движений на сравнительно небольшой (например, в Челябинском бассейне или в южноуральских третичных месторождениях) площади отрицательно влияет

на выдержанность пластов. Они влекут за собой очень быстрое расщепление и даже полное выклинивание угольных пластов на коротких расстояниях.

Чрезмерная скорость тектонических колебаний имеет меньшее значение. Для образования пласта углей на месте торфяного болота нужно известное соотношение между скоростью накопления растительного материала и быстротой захоронения. Последняя же всегда больше, чем скорость геологических движений.

Цикличность же отложений, которая в разной степени является универсальной, наиболее ритмична или в условиях древних платформ, или по периферии складчатых зон более позднего времени (например, герцинских). Поэтому в этом отношении очень характерны карбоновые (предгерцинские) угольные формации.

Не вдаваясь в критический пересмотр существующих тектонических воззрений, можно констатировать, что по современным взглядам, хотя опускание в области геосинклиналей в общем и предшествует складкообразованию и поднятиям, но в известные моменты сложной жизни геосинклинали все эти явления можно встретить и рядом друг с другом: в одной части геосинклинали (например, центральной) может происходить уже складкообразование, поднятие и денудация, а в других частях (например, в краевых) еще могут усиливаться прогиб и накопление мощных осадков. В этом осуществляется *миграция геосинклинальных условий* от центра к периферии до расширения первоначальной геосинклинали на краевые части платформы.

В то же время эти положения расширяют известный «закон Головкинского — Вальтера», касающийся миграции или корреляции фаций. Этот закон, который является скорее общей закономерностью, состоит в том, что в непрерывном *стратиграфическом разрезе друг над другом могут лежать только такие фации, которые в соответственные моменты находились рядом друг с другом.* Иными словами, соотношения во времени отражают в себе и соотношения в пространстве. То же можно теперь сказать и для смены геосинклинальных условий. Последовательности их в разрезе, т. е. во времени, отвечает существование тех же стадий развития и рядом друг с другом, т. е. в пространстве.

Это более современное представление о развитии геосинклиналей ближе к общему взгляду на единство законов, управляющих геологическими процессами, чем старое, более примитивное представление. Старое представление не шло далее того, что сначала геосинклиналь прогибается, как единое целое, по мере прогибания полностью заполняется осадками, затем вся целиком складывается в складки, подымается и подвергается размыву.

Исходя из наших представлений, денудация в различных частях геосинклинальной области происходит неравномерно. В центральных, более приподнятых и сильнее нарушенных частях ее эрозия проявляется сильнее, чем в периферических, по окраинам с соседними платформами. Разумеется, в древних складчатых системах (например, герцинских) денудация в настоящее время, естественно, доходит до более древних структур — до ядра, по сравнению, например, с позднетретичными хребтами.

В результате в ядрах размытых герцинских складок видны только древнепалеозойские или сильно метаморфизованные отложения, которые не дают возможности установить, были ли здесь распространены отложения углей в эпоху осадконакопления внутри геосинклинали. А отсутствие ответа на этот вопрос затрудняет и оценку того, какие геотектонические условия были более благоприятны для углеобразования.

Приведем несколько примеров. Урал является в основном складча-

той областью герцинского возраста. Каменные угли нижнего карбона образуют на западном склоне Уральского хребта одну меридиональную полосу в периферийной части геосинклинали по границе складчатого Урала с платформой или с краевым прогибом. Другая, также меридиональная сложная полоса угленосного нижнего карбона на восточном склоне Урала отвечает геотектонически более центральным зонам складчатой зоны и геосинклинали. Угленосные толщи имеют один и тот же возраст, но мощности их различны.

Можно задать вполне законный вопрос — не были ли угленосные площади западного и восточного склонов соединены между собой во время отложения углей? Сейчас их разделяют сотни километров размытого ядра более древних девонских, силурийских и других частично метаморфизованных отложений и изверженных пород геосинклинального типа.

По заключению некоторых исследователей угленосные площади западного и восточного склонов Урала, несмотря на их одновременность, никогда не соединялись между собой и всегда были узкими зонами. Встречаются даже утверждения о том, что кристаллическая полоса Уральского хребта никогда не покрывалась полеозойскими осадками, а следовательно, и угленосными. Такое антиисторическое представление в корне неприемлемо. Напротив, имеются все основания утверждать, что когда Урал только поднимался и не был так глубоко размыт до своего древнепалеозойского ядра, то угленосные отложения занимали во много раз большую площадь, чем сейчас. И если нельзя делать достоверных заключений об их соединении, то, во всяком случае, можно говорить об их сближении и более широком распространении как западной, так и восточной полос угленосных отложений.

То же относится, например, к американским угольным бассейнам пенсильванского (средне-верхнекарбонового) возраста. Главная часть Аппалачского бассейна находится в передовом прогибе, а часть — на окраине Аппалачской геосинклинали. Пенсильванский антрацитовый бассейн представляет собой остатки (синклинальные корни) угленосной свиты, лежащие на продолжении внутренней, более центральной части геосинклинали. Ряд мелких антрацитовых выходов, зажатых в настоящих складках, наблюдается и к востоку от Аппалачского бассейна.

Имеется ли какое-нибудь основание отрицать, что угленосные отложения были до складчатости и размыва распространены гораздо шире и захватывали частично или полностью всю геосинклинальную область? Против такого предположения свидетельствовало бы только наличие внутри складчатой зоны, представленной ныне лишь каледонским основанием, останцев среднего и верхнего карбона в чисто морских и глубоководных фациях без признаков континентальных и болотных элементов. Но этого нет. Имеющиеся факты заставляют признать возможность развития угленосных формаций и во внутренних частях геосинклиналей. Такие формации в действительности наблюдаются сравнительно редко и скорее в форме останцев, что является следствием глубокого денудационного срезания. Совершенно ясно, что и западные границы Аппалачского бассейна, и современный разрыв между западным внутренним бассейном и бассейном Иллинойс в Америке связаны с денудацией — следствием поднятия промежуточных нижнепалеозойских куполов, сводов и т. п. Отложение угольных пластов занимало до тектонических движений гораздо более широкую площадь, чем сейчас, и, может быть, все три (или даже пять) палеозойских угольных бассейна соединялись между собой. На это указывают и некоторые попытки корреляции толщ этих бассейнов на основе циклической седиментации.

Таких примеров можно привести сколько угодно. Все они доказывают, что современная денудация в значительной степени исказила и сократила прежнее угленакопление. Сокращению и даже полному исчезновению особенно подверглись отложения углей в антиклинальных структурах и антеклизах. Это и делает понятным тот, сначала как будто необъяснимый факт, что большинство крупных угольных бассейнов имеет вид отрицательных структур (синклиналей и синеклиз), на которых антиклинали могут присутствовать лишь в виде структур второго порядка (например, Донбасс в общем имеет синклинальное строение, его гофрированная структура имеет ряд чередующихся антиклиналей и синклиналей).

Таким образом, видимая приуроченность угленосных площадей к отрицательным структурам, платформам и склонам складчатых сооружений — явление в значительной степени кажущееся. Оно является следствием регионального масштаба угольных бассейнов и глубоких денудационных срезов. Поэтому базироваться только на статистических подсчетах для определения приуроченности углеобразования к тем или иным геотектоническим областям и зонам следует с большой осторожностью. Можно только утверждать, что *угленакопление лучше сохраняется в краевых прогибах и впадинах на платформах, чем в центральных частях геосинклиналей.* В последних угленосные осадки сохраняются лишь в глубоко зажатых синклинальных структурах или грабенах.

Следовательно, тектонические предпосылки представляют собой сложный комплекс, в котором одни элементы являются существенными для развития рельефа, другие — определяют палеогеографические особенности, связанные с климатом и развитием жизни на земле (миграция флоры). Но наиболее непосредственное отношение к угленосности имеет режим колебательных движений в момент накопления угленосной толщи.

Для окончательного же количественного итога данного угленакопления еще большее значение имеют характер и интенсивность последующих (относительно самого углеобразования) тектонических движений, чаще всего разрушающих месторождения, хотя иногда эти движения выводят скрытые в недрах земли угли на доступную для разработки глубину и улучшают их качество в связи с продвинувшимся метаморфизмом.

6. Сопоставление всех предпосылок угленакопления

В предшествующем изложении мы анализировали каждую из перечисленных вначале предпосылок в отдельности, стараясь выявить их значение и постоянство выражения в истории земли. Теперь следует обратиться к синтезу и рассмотреть благоприятные сочетания всех предпосылок для угленакопления и, если возможно, попытаться установить цепь причин, содействующих углеобразованию в истории земли. Конкретно этот вопрос для разных эпох угленакопления был рассмотрен в другой нашей статье [4], здесь же стоит более общая задача — имеются ли универсальные комбинации условий, наиболее благоприятных для образования и сохранения углей? С. Бубнов [16] видел такие условия в оптимальном сочетании тектонического и климатического факторов. При этом важнейшее значение он придавал положению угленосного бассейна в геологической (тектонической) структуре (в орогене или кратоне). Наиболее благоприятным он считал нахождение в орогене в тропических условиях. Это находило опору в изучении европейских карбоновых и третичных угольных месторождений, где климат угленосных поясов действительно был близким тропическому.

Г. Крашенинников также рассматривал углеобразование как результат благоприятного сочетания геотектонического и палеогеографического

(в самом широком смысле) факторов [6]. Палеогеография в широком смысле покрывает все затронутые нами факторы и предпосылки. Поэтому такое заключение в общем виде справедливо, но недостаточно конкретно.

Некоторые ученые видят главный фактор, предопределяющий все другие, в эволюции и миграции растительного покрова. Однако само развитие растительности есть следствие изменения неорганической среды, которая в конечном счете преобразуется под влиянием геотектонических движений, глубоко изменяющих «лик земли».

При современном состоянии знаний можно уже более определенно выяснить роль рельефа в процессе угленакопления, температуры и влажности (климата), этапов развития растительности, различных сторон геотектоники (а не только положения в тектонической структуре) и т. д. Как следует из настоящей статьи и опубликованной ранее [4], каждый фактор в разные эпохи угленакопления проявлялся по-разному. Если в карбоновых бассейнах, например, образование угля происходило в основном в тропической зоне растительности, то в перми или юре углеобразование переместилось в более умеренные зоны. Если для карбоновых паралических бассейнов оптимальным был равнинный — низинный приморский ландшафт, то юрские угольные месторождения образуются чаще в типично континентальной обстановке в межгорных долинах. Поэтому месторождения имеют иную конфигурацию, другой тип угольных пластов, своеобразие качеств углей и т. п. Обычные фации углеобразования также не остаются, очевидно, постоянными: от карбона к третичному угленакоплению наблюдается тенденция перехода от моря к суше, от геосинклинали к молодым платформам и далее — даже к древним платформам (третичный период) [4].

Таким образом, условия образования паралических бассейнов каменноугольного периода (ороген, тропическая температура, прибрежная равнина) не являются универсальными предпосылками широкого угленакопления. Напротив, это специфические исторические условия, свойственные преимущественно среднему карбону на широкой площади от СССР, через всю Европу, до восточных угольных бассейнов Америки. Этими особенностями (включая растительные) определяются и качественные отличия углей этих бассейнов.

Если, таким образом, и отдельные условия, и их благоприятные для образования углей сочетания меняются в истории земли и притом в определенном направлении, то можно поставить вопрос — что же является ведущим звеном в этом развитии? Этот вопрос выходит за рамки угольной геологии и должен решаться на основе факторов всей геологической истории осадконакопления. При этом следует четко различать непосредственные причины от первичных причин интересующего нас явления. Изменение растительности, т. е. смена лепидофитов кордаитами, этих последних другими голосеменными и специально хвойными растениями, имело несомненное и непосредственное влияние на характер углей в каждую углеобразовательную эпоху. Но уже то обстоятельство, что ископаемые угли создавались из лепидофитов и из кордаитов, и из хвойных и т. п, показывает, что при известных условиях они могут происходить из любого материала.

Отсутствие растительности, как и подходящего климата, могло явиться отрицательным моментом, исключающим углеобразование в данной зоне. Но сами эти явления зависят, прежде всего, от распределения и рельефа суши и моря, т. е. от палеогеографических причин, касающихся неорганической среды. Однако происхождение самого рельефа тесно связано с тектонической историей данного участка (района), зависит от

местонахождения в пределах определенной структуры (древняя или молодая платформа, складчатая область и развивающаяся геосинклиналь) и режима движений современного угленакопления.

Так, карбоновое угленакопление, возникнув на фоне геосинклинальных движений до главных фаз герцинской складчатости, естественно, коренным образом отличается от пермского углеобразования, совпадающего или последующего за этими главными фазами. Еще более это заметно на юрском углеобразовании на территории палеозойских платформ.

Отдельные стороны угленосности, т. е. форма залежи, мощность и распространение ее, запасы и качество углей, тесно связаны с определенными факторами и не зависят от других. Например, форма залежи зависит прежде всего от рельефа. Так, условия прибрежной низменности карбона в сочетании с правильной пульсацией колебательных движений благоприятствуют образованию сравнительно тонких протяженных угольных пластов. В юрских угленосных бассейнах, отложенных, как правило, в межгорных эрозионных или грабеновых долинах, характерной формой угольной залежи является линзовидная и даже штокообразная, сходящая на нет или быстро расщепляющаяся. Такая же форма свойственна коротким, но иногда мощным залежам некоторых третичных углепроявлений, в молодых частях платформ, лежащих над более или менее складчатым фундаментом. Как пример можно привести отдельные месторождения так называемого Южно-уральского бассейна, где мощность угля достигает местами 100 *м*, а площадь месторождения всего несколько квадратных километров (например, Бабаевское месторождение). Рельеф тесно и закономерно связан с тектоникой во времени и пространстве, т. е. с историей развития региона. Непосредственно форма залежи связана с рельефом, но первопричиной являются тектонические движения, и не только в настоящем, но и в прошлом.

Запасы же углей всего бассейна зависят от количества угольных пластов и площади распространения. Множественность угольных пластов особенно характерна для краевых прогибов, составляющих часть геосинклинали [4]. Если же бассейн чисто платформенный (на древних платформах), то его запасы определяются главным образом площадью (если мощность не выходит из обычных рамок).

Качество угля определяется главным образом типом углей (первичный фактор) и метаморфизмом (вторичный фактор). Первый фактор непосредственно зависит и от типа бассейна и от геологического возраста (растительность, особенности фации разложения), второй — от тектонических причин. В зависимости от первичного фактора угли могут быть в значительной степени споровыми (нижний карбон) или почти исключительно гелифицированными (средний карбон), или главным образом фюзенизированными (местами в нижней юре-рэте). Это налагает резкий отпечаток на качество соответственных углей, но промышленное качество еще не вполне этим предопределяется. Так, для гелефицированных (блестящих, клареновых) углей их основное практическое качество — коксуемость зависит главным образом от метаморфизма (степени углефикации), т. е. от геотектонических причин. Коксуются только угли средней степени углефикации. Бурые, длиннопламенные и тощие угли не коксуются.

Изучение вопросов качества углей показывает двойственность факторов, влияющих на них, но без учета геотектонического фактора нельзя понять многие из них. В свое время связь основных показателей угленосности (качественных и количественных) с положением бассейна в тектонической структуре была показана Г. А. Ивановым [5].

Таким образом, если отдельные свойства углепроявлений связаны конкретно и непосредственно с разными палеогеографическими и тектоническими факторами, то первопричины этих различий и даже смена благоприятных и неблагоприятных эпох и регионов для угленакопления связаны с геотектоническим режимом. Под геотектоническим режимом подразумевается и положение в структуре, и интенсивность, и характер движений, и тип дислокаций, и их выражение в рельефе. Все остальное носит вторичный, производный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аллювиальные отложения в угленосной толще среднего карбона Донбасса. Сб. статей. Тр. Ин-та геологич. наук АН СССР, 1954, вып. 151.
2. Ботвинкина Л. Н. О начале циклов угленакопления в угленосных толщах. Изв. АН СССР, серия геологич., 1954, № 3.
3. Ботвинкина Л. Н. Некоторые закономерности изменения палографии и строения угленосных отложений свит C_2^5 и C_2^6 Донецкого бассейна. Бюлл. Московск. об-ва испыт. природы, отд. геологич., 1955, т. XXX, вып. 3.
4. Жемчужников Ю. А. Развитие угленакопления в геологической истории. Изв. АН СССР, серия геологич., 1955, № 3.
5. Иванов Г. А. Краткий курс месторождений полезных ископаемых. Каустобиолиты. Гостоптехиздат, 1946.
6. Крашенинников Г. Ф. Некоторые характерные черты в распределении угольных бассейнов по наиболее изученным районам СССР. Изв. АН СССР, серия геологич., 1950, № 1.
7. Криштофович А. Н. Эволюция растительного покрова в геологическом прошлом и ее основные факторы. Материал по истории флоры и растений СССР. Вып. 2, изд. АН СССР, 1946.
8. Наумова С. Н. Споры нижнего кембрия. Изв. АН СССР, серия геологич., 1949, № 4.
9. Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород. Т. I и II. Гостеолиздат, 1940.
10. Северцов А. Н. Собр. соч. Т. 3. Этюды по теории эволюции. Изд. АН СССР, 1945.
11. Северцов А. Н. Собр. соч. Т. 5. Морфологические закономерности эволюции. Изд. АН СССР, 1949.
12. Степанов П. И. Некоторые закономерности стратиграфического и палеогеографического распределения геологических запасов ископаемых углей на земном шаре. Тр. XVII Международн. геологич. конгр. Т. 1. 1937, Гостеолиздат, 1939.
13. Феофилова А. П. К вопросу о классификации циклов осадконакопления в угленосной толще Донецкого бассейна. ДАН СССР, 1954, т. 44, № 5.
14. Феофилова А. П. Методика составления палеогеографических карт Донецкого бассейна. Бюлл. Московск. об-ва испыт. природы, отд. геологич., 1955, т. XXX, вып. 3.
15. Шварцбах М. Климаты прошлого. ИЛ, 1955.
16. Bubnoff S. Glückauf, 1937, № 28.
17. Danenberg A. Fortschritte der naturwiss. Forschung, 1914, Bd 10, H. 4.
18. Stile H. Braunkohle, 1926, № 42.
19. Stutzer O. Geologie der Nichterze. Kohle. Berlin, 1923.