

ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ УГЛЕОБРАЗОВАНИЯ

В.В.КИРЮКОВ

Предпосылки углеобразования в самой общей форме были рассмотрены Ю.А.Жемчужниковым [2] и явились темой дискуссии на многих совещаниях по геологии угольных месторождений [13].

Прогрессивная биогенетическая и химическая эволюция процесса углеобразования, сопровождающиеся усложнением строения органического вещества, и регрессивная термодинамическая, с переходом от сложного органического вещества к его более простым fossilized формам, отражается как в онтогенезе микрокомпонентов и углей, так и в филогенезе углеобразования в целом. Филогенез углей и угольных месторождений исследован пока мало, хотя в филогенетическом изучении других полезных ископаемых имеются определенные успехи [9].

Геохимические и биогеохимические предпосылки концентрирования высокоуглеродистых образований в земной коре. Связь между периодами максимального развития "живого вещества" и максимумами накопления горючих полезных ископаемых отмечают для различных геологических эпох только начиная с рифея [2], хотя углерод концентрировался в длительный период развития Земли (3-3,5 млрд. лет). Огромные массы углерода из атмосферы и гидросферы в литосферу постоянно удаляются при относительном постоянстве равновесных систем "живое органическое вещество - погребенное" и "атмосфера-гидросфера-литосфера", что возможно только при постоянном пополнении запасов углерода в динамичных оболочках за счет поступлений из мантии Земли. Система "атмосфера-гидросфера-литосфера" медленно изменялась в результате эволюции поверхностных оболочек Земли при действии все увеличивающегося по масштабам биогенного фактора.

Сопоставление годовой продукции растительного покрова Земли (42-46 млрд. т) и общего количества углерода в атмосфере (610-

640 млрд.т) [14] показало, что весь углерод атмосферы проходит через органическое вещество за ничтожный по геологическим масштабам период времени (несколько десятков лет) – малый углеродный цикл. Захоронение огромных масс углерода в слоях земной коры скомпенсировано возвратом при выветривании, эпигенетических и метаморфических изменениях и поступлением углерода из глубоких недр Земли, в основном с вулканическими газами. Средняя скорость оборота углерода в первичном углекислотном резерве атмосферы и гидросферы достигает уже геологически ощутимой величины – около 35 тыс. лет [14] .

Основные этапы эволюции атмосферы, биосферы и гидросферы Земли, с точки зрения углеобразования, характеризуются следующими особенностями:

1. В начальный (азойский) этап – вулканогенно-осадочный тип литогенеза – не было условий для концентрирования углерода.
2. В архейский этап развития (1,5–2,0 млрд. лет) появились простейшие формы жизни. Углеродные соединения претерпели разнообразные преобразования, с усложнением строения произошла эволюция углеродонакопления. Появились первые накопления высокоуглеродистых веществ немагматического генезиса и отложения типа горючих сланцев.

3. В протерозойско-рифейский этап (2,5 млрд. лет) интенсивно развивались простейшие формы биогенного вещества, возник фотосинтез, установился круговорот окиси углерода и воды. К концу протерозоя атмосфера приобрела современный облик. Активная рудообразующая роль органического вещества выражена в концентрации железа, марганца и др. К концу протерозоя параллельно с химической все большее значение получила биологическая эволюция углерода. Органическое вещество протерозоя и рифея стало постоянным компонентом осадочных пород, широкий масштаб приобрели отложения горючих сланцев.

4. В палеозойско-мезозойско-кайнозойский (фанерозойский) этап (0,6 млрд. лет) интенсивно развивалась биомасса, увеличилась роль фотосинтеза. Закономерности биологической эволюции определили формирование органического вещества, химическая эволюция отступила на второй план. Широкий масштаб приобрели континентальные накопления углерода – гумусовые угли. Горючих сланцев накапливалось меньше.

Практически все климатические зоны, кроме аридных и полярных, благоприятны для торфо- и углеобразования. В перми, мезо-кайнозойское преобладало углеобразование в умеренной зоне, а в карбоне – в тропической.

Предполагается наличие двух эволюционных сфер – биологической и геологической, т.е. эволюции организмов и слагающих их веществ и эволюции геологических процессов захоронения и изменения этих веществ и всех промежуточных продуктов [3] . Ключевые моменты истории органического мира [5,8] : появление доклеточных, клеточных и многоклеточных форм, разделение животных и растений, выход растений на сушу, переход от спорового к семенному размножению и другие отражаются и в изменениях характера процессов углеобразования, в определении его максимумов и минимумов (рис. 1). Биологическая эволюция (биологи-

Химические ископаемые



Рис. 1. Соотношение химической и биологической эволюций во времени

ческие ископаемые) проходила одновременно и параллельно с химической эволюцией (химические ископаемые). Начиная с нижнего палеозоя-верхнего протерозоя эволюционный процесс определялся (или сопровождался?) резким повышением содержания кислорода в атмосфере от 0,001 до 1,0 от современного.

Морфофизиологическому прогрессу (ароморфозу по А.Н.Северцову [11, 15]) соответствовали периоды смены растений и незначительное углеобразование; морфофизиологическим приспособлениям или специализации без изменения уровня организации (идиоадап-

тации) отвечали периоды широкого распространения флоры на площади ее приспособления к разнообразным условиям, т.е. периоды максимумов углеобразования.

Вновь возникавшие углеобразующие растительные популяции являлись ветвями новых растительных ассоциаций, а не развитием ранее возникших углеобразующих сообществ. Филогенетические ряды углеобразующих растительных комплексов в природе отсутствуют. Прогрессивное развитие отдельных углеобразующих популяций, происходящее по периферии их ареалов, в условиях специфичных геологических, геоморфологических и климатических обстановок, как правило, не приводит к промышленному угленакплению. Однообразным углеобразующим ландшафтам соответствуют однообразные, устойчивые в течение целых эпох углеобразующие популяции. Приспособляемость специализированных организмов углеобразующей популяции была невысокой, что вызывало их одновременную гибель при изменении условий обитания, например, при смене осад-

накопления с переходом от угольного пласта к породам кровли.

Условия фанерозойского углеобразования определяются соответствующими георастительными формациями, торфообразующими (углеобразующими) биогеоценозами или фитоценозами (рис. 2). Конкретные условия углеобразования зависят от типа водно-минерального питания, характера



Рис. 2. Составные элементы и взаимосвязь с учетом схемы И.Шмидта углеобразующего: а — экотоп и б — биогеоценоз

ра увлажненности и морфологии растений, входящих в состав торфо- и углеобразующих популяций, и типа растений, формирующих среду углеобразующих фитоценозов, т.е. типа адификаторов (например, хвойные в фитоценозах лесного типа или камыш: тростник, осока — в фитоценозах прибрежных топяных болот) [4,17,18] .

Изменения состава углеобразующих флор, т.е. сукцессии, происходящие в соответствии с общим принципом Д.Хак-

сли, отражаются в комплексе углеобразующих компонентов, а локальные сукцессии — в образовании угольного пласта, в тонком переслаивании отдельных микролитотипов и в изменении типов угля на площади. Наблюдают прямую связь образования угольных пластов трансгрессивного типа и коэрчиской серии сукцессий, угольных пластов регрессивного типа и гидрической серии сукцессий.

Распространение (ареалы) растений в первую очередь определяется климатическими факторами и характером субстрата [7,8] , однако связь растительных сообществ и структур их распределения с типом угля и его фациальной характеристикой и строением угольных пластов выявляется только при их детальном изучении.

Представление о прямой связи биологической продуктивности углеобразующих фитоценозов с интенсивностью угленакопления соответствует истине только в случае ограничения жизнедеятельности гетеротрофов, какими являются в большинстве случаев бактерии.

С точки зрения углеобразования наибольший интерес представляют микроорганизмы-ассимиляторы; организмы, вызывающие диссимиляцию органического вещества, интересуют постольку, поскольку остается часть неусвоенного ими органического вещества, захороняемого в недрах Земли, и как источник азотсодержащих вторичных продуктов торфа и угля.

Продуктивность современных микроорганизмов во много раз выше их биомассы и многократно превышает продукцию всех других организ-

мов. По своим особенностям простейшие организмы полифилетичны.

Наиболее достоверно представление В.И.Вернадского о постоянстве общего количества биологического вещества в течение фанерозоя. Рост биомассы растений на континенте сопровождался одновременным ее уменьшением в водных бассейнах, а периодическое изменение интенсивности угленакопления — соответствующими колебаниями в накоплении нефти и карбонатов, хотя предполагаемая обратная связь, как отмечалось Н.М.Страховым [10] (1963) и Г.С.Дзюцендзе (1970), может быть кажущейся. Предположение Л.Ш.Давиташвили [1] о непрерывном росте биологической массы в фанерозое мало вероятно, так как поступление двуокиси углерода из мантии в динамические оболочки к концу фанерозоя не возросло.

Современное накопление, преобразование и захоронение органического вещества на континенте. Принципиальным вопросом изучения всей проблемы углеобразования является допустимость или невозможность аналогии современного и более древних торфонакоплений [6]. В пользу такой возможности свидетельствуют соразмерность современного и древнего торфонакопления по площади, скорости, мощности образующихся слоев; сходство состава торфа и бурых углей. Недопустимость такого сопоставления казалось бы подтверждается резким различием в микроструктуре торфов и углей, отсутствием переходов от торфа к бурым и другим углям. Доводов в пользу такого сопоставления значительно больше, чем возражений.

Основные понятия, определяющие круг содержания современного торфопедения: торфообразователи, торфообразующие фитоценозы, торфяник, торф, торфяная залежь, торфяное месторождение, а в более широком плане — области, провинции, пояса торфонакопления, имеют много общего с понятиями теории углеобразования (Н.Я.Кац, С.Н.Туремнов и др.). Однако основные различия — время (длительность) и повторяемость явления торфообразования не могут быть в полной мере изучены на примере современных торфяников, а вопросы автохтонии-аллохтонии торфов не являются предметом обсуждения ввиду явного автохтонного образования современных торфов. Процессы переноса гумусового материала и растительных остатков ведут не к концентрированию, а к рассеянию "водного гумуса" (Б.А.Скопинцев).

Среда и фации углеобразования (угленакопления и углефикации). По многочисленным определениям среды торфяных болот умеренного пояса и данным обобщения, выполненного Л.Баас-Бекингом, И.Капланом и Д.Муром [16] (рис. 3), pH торфяных болот колеблется в пределах 2,4–8,3, а Eh от +680 до –320 эВ, т.е. в тех же пределах, что и для почв разного типа. Для пресноводных осадков-сапропелей эти показатели характеризуются более узкими пределами: pH 4,5–9,5, а Eh от +580 до –50 эВ. Замеры pH остаточных растворов буроугольных залежей, по Г.Якобу (1956) и Ф.Я.Сапрыкину (1967), показали колебания от 4,8 до 7,1. В углеобразовании платформенного типа палеоген-неогена можно выделить фации

начальной стадии - биохимической углефикации, т.е. фации торфо- или сапропелеобразования, и геологической стадии углеобразования - фации диагенетической стадии углефикации (см. таблицу).

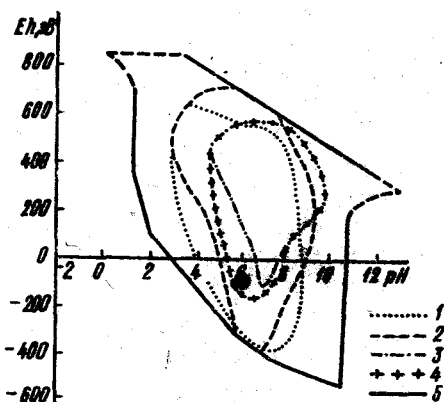


Рис. 3. Энергетический и окислительно-восстановительный потенциалы среды углеобразования, по Баас-Бекингу, Каппану и Муру [16]

1 - торфяные болота; 2 - почвы; 3 - пресные воды; 4 - пресноводные осадки; 5 - осадочные породы

На биохимической стадии углефикации выделяются фации прибрежно-морских обстановок - Нижне-Рейнский буроголовый бассейн [17,18], месторождения ГДР. Это фации прибрежно-морских болот - осоково-камышовых, лесных ниссо-таксодиевых, миррикациевых и церицелиевых болот, аналогами которых являются болота субтропических умеренно-теплых районов Северной Америки [12].

Особенности углеобразования в условиях внутриконтинентальных ландшафтов рассмотрим на примере Кюно-Уральского буроголового бассейна [4].

Здесь главными углеобразующими фитоценозами были: хвойные заболоченные леса, сосняк низинных болот, ельники, таксодиевые леса; мелколистственные леса (ольшаники, березовые, ивняки и др.); леса вечнозеленых растений, произрастающих совместно с таксодиевыми (ниссовые, сумаховые, миртовые); кустарничковые (восковниковые, вересковые). Условия углеобразования, как правило, в центральной части месторождений были более устойчивыми, чем на периферии, что видно на примере Бабаевского месторождения. На стадии биохимической углефикации Кюно-Уральские бурные угли были представлены различными группами низинных эвтрофных торфов. Торфа топяного подтипа травяной группы (хвощевые, тростниковые, тростниково-осоковые, осоковые и др.) после захоронения и диагенеза дали плотные однородные угли. Торфы лесотопяного подтипа древесно-травяной подгруппы превратились в лигнитовые и плотные неоднородные угли. Торфы лесного подтипа древесной группы образовали атритовые угли. Рыхлые разности гумитолиптобиолитовых углей образовались в условиях вторичного микробиологического изменения торфов лесного типа.

Эволюция углеобразования. В общей схеме эволюции углеобразования (см. рис. 1) выделяются два основных этапа:

Углекопление	Первичные фации	Углеобразование Биохимическая стадия (седиментогенез и диагенез - торфообразование)	
Автохтонное и аллохтонное торфокопление	Первичные фации	Вторичные фации	
Автохтонное и аллохтонное торфокопление	Способ накопления углеобразующей массы	Не рассматривается	
Образование слоев и пластов угля и формирование их первичных особенностей	Преимущественно автохтонное Главные вопросы, определяющие развитие	Преобразование торфа в уголь и изменение образовывающегося угля	
Свойства торфяников (угольных пластов): мощность, протяженность, строение. Обстановка торфокопления: геоморфологическая - прибрежно-морская, прибрежно-бассейновая; внутри-континентальная - низинно-бассейновая; аккумулятивных равнин и соответствующих им микрорельефов; геотектоническая - трансгрессивный или регрессивный тип. Парагенез фаций: прибрежно-морской - дельта, баров, кос, заливов, лагун, прибрежно-морских и морских; внутриконтинентальный - дельтаально-пролювиальных, аллювиальных, озерных	Содержание Свойства торфов (углей): степень разложения, химический и компонентный состав, структура, генетический тип. Исходный материал и процессы преобразования: тип торфяников по водно-минеральному питанию и торфообразующим фитоценозам, среда торфообразования и особенности саморазвития торфяников. Соответствие торфообразующих фитоценозов типам углей. Тип микробиологических процессов	Изменение свойств углей в зависимости от типа фации углефикации (тип по восстановленности), и от интенсивности углефикации (степень углефикации). Действующие факторы углефикации: мощность разреза и глубина погружения, характер среды, определяемый первичным минеральным составом пород, составом и концентрацией поровых растворов	
Группы: прибрежно-морские платформенных равнин на малополювном, относительно подвыжном и подвыжном фундаменте; внутриконтинентальных аккумулятивных платформенных равнин на малополювном, относительно подвыжном и подвыжном фундаменте; низинно-бассейновых водоразделов на малополювном фундаменте; межгорных впадин и т.п.	Примеры Группы: торфов по водно-минеральному питанию - эвтрофные, мезотрофные, олиготрофные; верховые и низинные; топяные, лесотопяные, лесные; по торфообразующим фитоценозам - травяные (травянистые, осоковые и др.), древесно-травяные (древесно-осоковые и др.), древесные (ельники, ольшаники, таксо-дубовые)	Группы: недифференцированных или слабо дифференцированных осадков минерального типа с интенсивно-минерализованными водами, слабо дифференцированных или недифференцированных осадков паралического типа	

архейско-протерозойский с преобладанием химической эволюции и палеомезо-кайнозойский с решающим участием биологической эволюции.

Докембрийский (архейско-протерозойский) этап углеобразования изучен недостаточно. Процесс концентрирования высокоуглеродистых продуктов (шунгитов, метантрацитов, углистых и графитовых сланцев, графитов) в докембрии отличен от первичных процессов нефте- и углеобразования в более молодые эпохи. Этот процесс проходил в водной среде (Мировом океане) в условиях дефицита кислорода, при пульсирующем поступлении углерода из мантии Земли, в период развития простейших форм жизни и, возможно, предшествовал и способствовал появлению первых форм жизни. Органическое происхождение огромных запасов древнейших "углей" подтверждается соотношением стабильных изотопов углерода и микроэлементов, наличием остаточных аминокислот, углеводов и изопреноидных углеводородов, типом их строения и локализации.

По комплексу морфогенетических признаков это, в основном, отложения подвижных участков земной коры. Наиболее типичны следующие углеродсодержащие толщи: карбонатные с прослоями аллюмокремнистых углеродсодержащих пород; карбонатно-терригенно-обломочные с карбонатными горизонтами и слоями, терригенно-обломочные с карбонатными и железистыми или только железистыми осадками, графитсодержащие.

Фанерозойский (палео-, мезо-, кайнозойский) этап углеобразования отличается прямым соотношением биологической эволюции и углеобразования, увеличением внутриконтинентального угленакпления от палеозоя к мезозою и кайнозою с одновременным увеличением разнообразия углеобразующих ландшафтов.

Таким образом, на начальной стадии углеобразования проявляются общие и частные закономерности развития: последовательность процессов углеобразования, полифилетичность углеобразователей и углеобразования, приуроченность к периодам развития, характеризующимся специализацией без изменения уровня организации; соблюдается принцип воспроизводимости и повторяемости (принцип Хаксли) углеобразования на новых уровнях; в онтогенезе микрокомпонентов и типов углей на ранних стадиях углеобразования содержится определенная информация о развитии углеобразования в более широком масштабе, т.е. о филогенезе углеобразования (биогенетический закон Геккеля-Мюллера).

Углеобразование проходило по законам химической эволюции в докембрии и биологической и химической эволюции в фанерозое. В углеобразовании выделяются первичные фации - угле-, торфонакопления и биохимической углефикации (торфообразования) и вторичные - фации регионального диагенеза и эпигенеза, или фации углефикации.

Л и т е р а т у р а

1. Давишвили Л.Ш. Эволюция условий накопления горючих ископаемых в связи с развитием органического мира. "Наука", 1971.
2. Жемчужников Ю.А. Предпосылки углеобразования. Зап. ЛПИ, 1958, т. 33, вып. 2.
3. Кальвин М. Химическая эволюция. "Мир", 1971.
4. Кирюков В.В. Условия образования слабоутлефицированных углей Южно-Уральского бурогоугольного бассейна. В кн.: Генезис твердых горючих ископаемых. Изд. АН СССР, 1959.
5. Мейен С.В. Некоторые теоретические вопросы современной палеоботаники. Палеонтологический журнал, 1970, № 4.
6. Органическое вещество современных и ископаемых осадков. Под ред. Н.Б.Вассоевича. "Наука", 1970.
7. Основы лесной биологии. Под ред. В.Н.Сукачева, Н.В.Дылыса. "Наука", 1964.
8. Палеозойские и мезозойские флоры Евразии и фитогеография этого времени. Тр. Геол. ин-та АН СССР, 1970, вып. 208. Авт.: В.А.Вахрамеев, И.А.Добрускина, Е.Д.Заклинская, С.В.Мейен.
9. Рундквист Д.В. Вопросы изучения филогенеза месторождений полезных ископаемых. Зап. Всесоюз. минерал. общ-ва, 1968, ч. 97, вып. 2.
10. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их развитие в истории Земли. Госгеолтехиздат, 1963.
11. Тахтаджян А.Л. Высшие растения, т.1. Изд. АН СССР, 1956.
12. Тимофеев П.П. Юрская угленосная формация Южной Сибири и условия ее образования. Труды Геол. ин-та АН СССР, 1971, вып. 198.
13. Угленосные формации и их генезис. Тезисы докладов Четвертого Всесоюзного угольного совещания. Изд. АН СССР, 1971.
14. Успенский В.А. Введение в геохимию нефти. "Недра", 1970.
15. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. "Наука", 1968.
16. Baas Beeking L.G.M., Kaplan J.R., Moor D. J. of Geol., 68, №3, 1962.
17. Teichmüller R. Geol. Jb., Bd. 71, 1956.
18. Teichmüller M. Fortschr. Geol. Rheinland. u. Westf., 2, Kref., 1958.