

## ОСНОВНЫЕ ФАЗЫ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ТВЁРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

**Самойлик В. Г.**, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ»,  
**Малюта А. В.**, студент группы ОПИ-15 ГОУ ВПО «ДонНТУ».  
эл. адрес [samoylik@donntu.org](mailto:samoylik@donntu.org)

**Аннотация.** Приведена систематизация основных этапов процесса превращения отмерших растений в ТГИ. Дана краткая характеристика процессам торфообразования, диагенеза, метаморфизма. Показана зависимость изменения состава каменных углей от повышения степени глубинного метаморфизма

**Ключевые слова:** горючие ископаемые, торф, бурый и каменный уголь, антрациты

**Annotation.** Systematization of the main stages of the process of transformation of dead plants into solid fossil fuels is given. A brief description of the processes of peat formation, diagenesis, and metamorphism is given. The dependence of the change in the composition of coal from the increase in the degree of deep metamorphism

**Key words:** fossil fuels, peat, brown and coal, anthracites

Превращение отмерших растений в ТГИ происходит в результате непрерывного процесса, в котором принято выделять две основные фазы. Для гумитов, произошедших из высших растений, это:

- 1) гумификация – превращение отмерших растений в торф;
- 2) углефикация – превращение торфа последовательно в бурый, каменный угли и антрацит.

Углефикация подразделяется, в свою очередь, на две части:

- 1) диагенез угля, в ходе которого под влиянием преимущественно биохимических превращений за счёт жизнедеятельности микроорганизмов торф превращается в бурый уголь;

- 2) метаморфизм, в течение которого происходит превращение бурого угля последовательно в каменный уголь и антрацит в результате изменения химического состава, структуры и физических свойств угля в недрах преимущественно под влиянием повышенной температуры и давления.

Характер и глубина диагенеза и метаморфизма угля характеризуются степенью углефикации (низшей, средней или высшей). Общая схема углеобразования для гумитов может быть представлена в табл. 1.

Этот ряд отражает фактически наблюдаемый рост зрелости углей и связывается с определенными этапами и стадиями изменения исходного органического веще-

ства. Конечным этапом преобразования органической массы в этой цепочке является графитизация: образование графита.

Таблица 1 – Схема углеобразовательного процесса

Углеобразование	Фазы	Части	Степени
Отмершие растения → Торф	Гумификация		
→ Бурый уголь	Углефикация	Диагенез	Низшая
→ Каменный уголь		Метаморфизм	Средняя
→ Антрацит			Высшая

На первой стадии углеобразования (гумификация) в процессе разложения растительных остатков большое значение имеют следующие факторы: состав исходных растений, доступ кислорода воздуха, присутствие воды и её химический состав, деятельность грибов и микроорганизмов. Именно поэтому болота, заболоченные местности и озёра являются основными местами накопления отмершего растительного материала, который превращается в дальнейшем в торф.

В виде торфа аккумулируется менее 20% отмершей растительности. Средняя скорость накопления торфа – около 1 мм в год. В большинстве случаев торфа представляют собой ещё непогребённые материалы, накопление и процессы преобразования которых продолжаются в торфяных болотах и в настоящее время.

После покрытия торфа минеральной кровлей процессы гумификации в погребённом торфянике замедляются и затем вовсе прекращаются. Начинается очень медленное превращение торфа в бурый уголь, т. е. наступает фаза углефикации.

При диагенезе деятельность бактерий постепенно прекращается. Главную роль играют геологические и физико-химические факторы – давление, повышение температуры.

При погребении торфяники начинают постепенно обезвоживаться и уплотняться под давлением кровли. Параллельно плоскости напластования уменьшается пористость. Снижение содержания влаги также связано с разрушением гидрофильных функциональных групп гуминовых кислот, особенно групп ОН, число которых значительно уменьшается на ранней стадии образования бурых углей. Кроме гидроксильных групп ОН происходит отщепление карбоксильных СООН, метаксиль-

ных  $\text{CH}_3\text{O}$ , карбонильных  $\text{CO}$  групп и кольцевого кислорода, что обуславливает постепенное увеличение содержания углерода.

Дальнейшее протекание процессов углеобразования – метаморфизм – привело к постепенному превращению бурых углей в каменные, а каменных углей – в антрациты.

В процессе метаморфизма главную роль играют геологические факторы: длительность процессов во времени, температура и давление горных пород на угольные пласты. Повышенное давление при глубинном метаморфизме создаётся вышележащей толщей пород. Повышение температуры определяется геотермическим градиентом. Современный геотермический градиент в угольных бассейнах неодинаков и меняется от  $1^\circ\text{C}/100\text{ м}$  (Подмосковный бассейн) до 3-4,5 (Львовско-Волынский бассейн, Западная Камчатка) и даже до  $7-8^\circ\text{C}/100\text{ м}$  (отдельные участки Верхне-Рейнского грабена).

Сущность глубинного метаморфизма сводится к повышению степени метаморфизма с возрастанием стратиграфической глубины залегания угольных пластов (правило Хильта). Наблюдается, что в одном и том же бассейне угли, с увеличением стратиграфической глубины обедняются от пласта к пласту летучими компонентами и обогащаются углеродом (рис. 1).

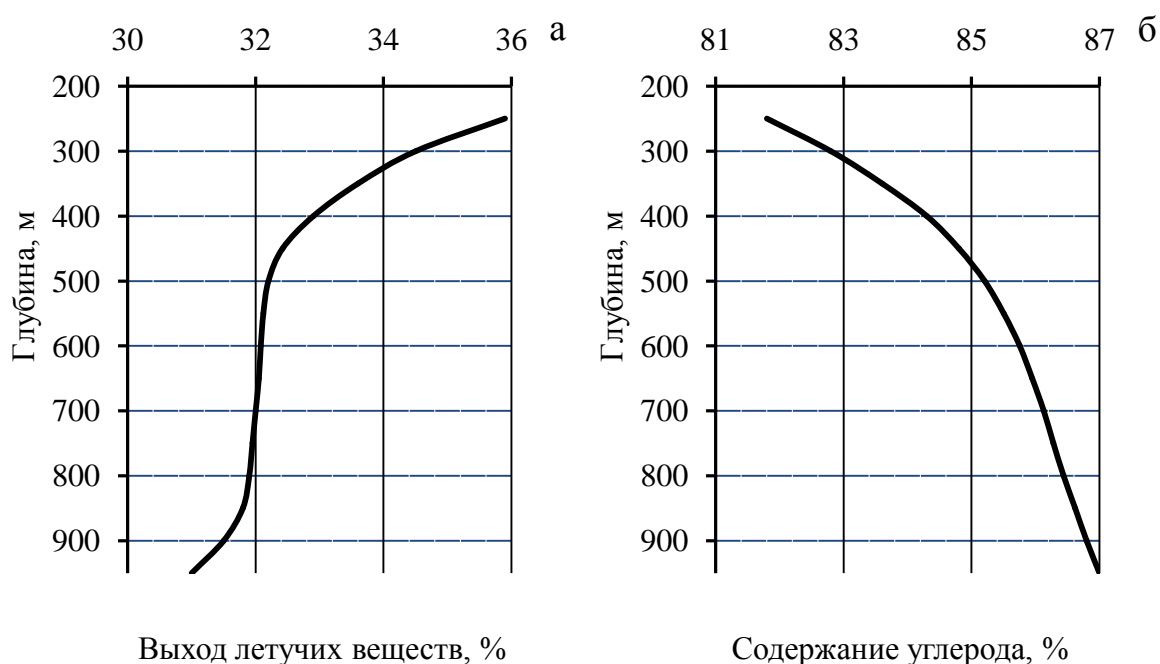


Рисунок 1 – Изменение выхода летучих веществ (а) и содержания углерода (б) с глубиной залегания пластов

Изменение условий углеобразования в процессе метаморфизма приводит к образованию каменных углей, обладающих различными физическими и физико-

химическими характеристиками. По мере увеличения степени углефикации содержание летучих веществ в каменных углях уменьшается с 50 до 8%, повышается содержание в органической массе углерода с 76 до 95%, растёт действительная плотность (от 1250 до 1450 кг/м<sup>3</sup>).

Антрациты относятся к высшей стадии углефикации гумитов. По сравнению с каменными углями антрациты являются самыми твёрдыми и блестящими гумитами с действительной плотностью 1400-1700 кг/м<sup>3</sup>. Для них характерен следующий элементный состав: содержание в органической массе углерода – от 92 до 97,5%, кислорода – от 1,8 до 0,2%, водорода – от 3,5 до 0,8%, выход летучих веществ – от 8 до 1%.

Антрациты не относятся к последней стадии превращения гумитов. Предполагается, что при температурах свыше 500°C и огромных давлениях антрацит может через промежуточные стадии преобразоваться в графит. К переходным образованиям на этом пути относятся суперантрациты (графитистые антрациты) с действительной плотностью 1750-1900 кг/м<sup>3</sup> и анраксолиты с плотностью 1840-1980 кг/м<sup>3</sup>.

Ну, а при сверхвысоких давлениях, которые имели место в так называемых трубках взрыва, возможным было даже образование алмазов, ведь всё это – от растения до алмаза – углерод, только различной молекулярной структуры.

## Литература

1. Нестеренко, Л. Л. Основы химии и физики горючих ископаемых / Л. Л. Нестеренко, Ю. В. Бирюков, В. А. Лебедев. – Киев: Вища шк., 1987. – 359 с.
2. Касаточкин, В. И. Строение и свойства природных углей / В. И. Касаточкин, Н. К. Ларина, – Москва : Недра, 1975. – 159 с.
3. Самойлик, В.Г. Классификация твёрдых горючих ископаемых и методы их исследований: [монография] / В.Г. Самойлик. – Харьков: Водный спектр Джи-Ем-Пи, 2016. – 308 с.
4. Физико-химические свойства горючих ископаемых и методы их исследования: учеб. пособие для вузов / В.Г. Самойлик. – Донецк: ДОННТУ, 2017. – 193 с.