

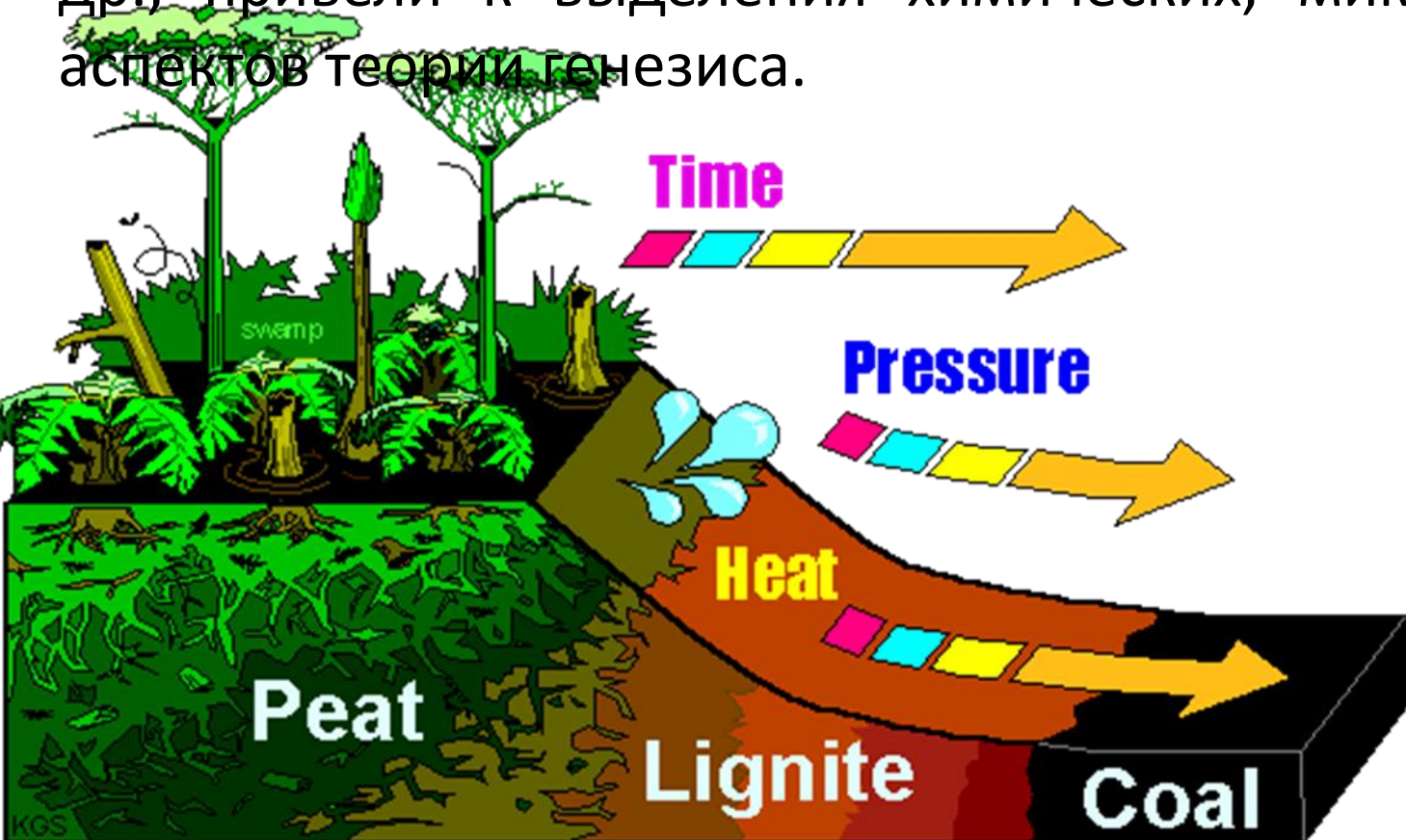
ОТКРЫТАЯ РАЗРАБОТКА РУДНЫХ И УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

<https://disrm1.zabgu.ru/b/pdz-zn9-3eq>

Основные понятия о генезисе углей.
Петрографическая характеристика углей

Практическая работа №1

Наука о генезисе твёрдых горючих ископаемых на основании многочисленных фактов (обнаружение в угольных пластах отпечатков листьев, коры, стволов деревьев, спор и т. д., использование изотопного метода анализа) неоспоримо доказала и обосновала **теорию об их органическом происхождении**. Вместе с тем сложность природных процессов углеобразования и влияния на эти процессы таких факторов, как климат, условия среды отложения, температура, давление и др., привели к выделению химических, микробиологических и геологических аспектов теории генезиса.



До сих пор нет единого мнения о том, какие компоненты органических веществ являются исходным материалом при образовании различных углей, нет единой схемы и его генетических преобразований.

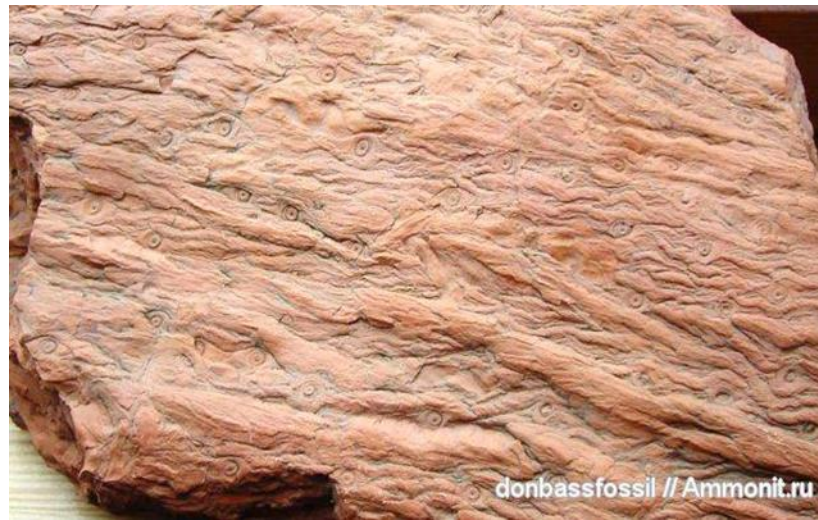
Самые древние угольные залежи образовались в девонский период, примерно **350 млн. лет назад**. Наиболее интенсивное углеобразование происходило в интервале от **345 до 280 млн. лет назад**, и поэтому этот период был назван **каменноугольным**. К нему относится большая часть угленосных бассейнов на востоке и в центральных районах США, в Западной и Восточной Европе, Китае, Индии и Южной Африке. В пермский период (280–235 млн. лет) интенсивное углеобразование происходило в Евразии (угольные бассейны Южного Китая, Кузнецкий и Печорский – в России). Мелкие месторождения угля в Европе сформировались в триасовый период.

ЭПОХА (ЭОН)	ЭРАТЕМА	СИСТЕМА/ПОДСИСТЕМА	ОТДЕЛ (ЭПОХА)
	(ЭРА)	(ПЕРИОД)	(для четвертичной системы – РАЗДЕЛ)
	КАЙНО-ЗОЙСКАЯ	ЧЕТВЕРТИЧНАЯ (АНТРОПОГЕНОВЫЙ)	ГОЛОЦЕН
		1,806 Доуэй, 1829 г.	ПЛЕЙСТОЦЕН ЭОПЛЕЙСТОЦЕН
И З О Р О Ф А Н Е Р О З О Й С К А Я	КАЙНО-ЗОЙСКАЯ 65 KZ	НЕОГЕНОВАЯ (НЕОГЕНОВЫЙ) (был. верхний отд. третичной системы) 23,03 Хорис, 1853 г.	ПЛИОЦЕН N ₂ Ч. Левель, 1833
		ПАЛЕОГЕНОВАЯ (ПАЛЕОГЕНОВЫЙ) (был. нижний отд. третичной системы) К. Науманн, 1866 г.	МИОЦЕН N ₁ Ч. Левель, 1833
	МЕЗОЗОЙСКАЯ 185 MZ	65±0,3	ОЛИГОЦЕН P ₃ Бейрих, 1854
		МЕЛОВАЯ (МЕЛОВОЙ) д'Омалиус д'Аллау, 1822 г.	ЭОЦЕН P ₂ Ч. Левель, 1833
		145±4,0	ПАЛЕОЦЕН P ₁ Шмидт, 1874
		ЮРСКАЯ (ЮРСКИЙ) А. Броньяр, 1829 г.	ВЕРХНИЙ K ₂ (поздняя)
		199±0,6	НИЖНИЙ K ₁ (ранняя)
		ТРИАСОВАЯ (ТРИАСОВЫЙ) Ф. Альберти, 1834 г.	ВЕРХНИЙ (поздняя) J ₃ А. Оппел, 1856
	ПАЛЕОЗОЙСКАЯ PZ ₃ PZ ₂ PZ ₁	251±0,4	СРЕДНИЙ (средняя) J ₂ А. Оппел, 1856
		ПЕРМСКАЯ (ПЕРМСКИЙ) Р. Мурчисон, 1841 г.	НИЖНИЙ (ранняя) J ₁ Орбинь, 1850
		299±0,8	ВЕРХНИЙ (поздняя) T ₃
		КАМЕННОУГОЛЬНАЯ (КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ) С В. Конибир и В. Филлипс, 1822 г.	СРЕДНИЙ (средняя) T ₂
359±2,5		НИЖНИЙ (ранняя) T ₁	
ДЕВОНСКАЯ (ДЕВОНСКИЙ) А. Селжвик и Р. Мурчисон, 1839 г.		ВЕРХНИЙ (поздняя) P ₂	
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ PZ ₃ PZ ₂ PZ ₁	416±2,8	НИЖНИЙ (ранняя) P ₁	
	СИЛУРИЙСКАЯ (СИЛУРИЙСКИЙ) Р. Мурчисон, 1839 г.	ВЕРХНИЙ (поздняя) C ₃	
	443±1,5	СРЕДНИЙ (средняя) C ₂	
	ОРДОВИКСКАЯ (ОРДОВИКСКИЙ) Ч. Лапворт, 1879 г.	НИЖНИЙ (ранняя) C ₁	
	488±1,7	ВЕРХНИЙ (поздняя) D ₃	
	КЕМБРИЙСКАЯ (КЕМБРИЙСКИЙ) А. Селжвик, 1835 г.	СРЕДНИЙ (средняя) D ₂	
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ PZ ₃ PZ ₂ PZ ₁	542±1,0	НИЖНИЙ (ранняя) D ₁	
	542±1,0	ВЕРХНИЙ (поздняя) S ₂	
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ PZ ₃ PZ ₂ PZ ₁	542±1,0	НИЖНИЙ (ранняя) S ₁	
	542±1,0	ВЕРХНИЙ (поздняя) O ₃	
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ PZ ₃ PZ ₂ PZ ₁	542±1,0	СРЕДНИЙ (средняя) O ₂	
	542±1,0	НИЖНИЙ (ранняя) O ₁	
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ PZ ₃ PZ ₂ PZ ₁	542±1,0	ВЕРХНИЙ (поздняя) C ₃	
	542±1,0	СРЕДНИЙ (средняя) C ₂	
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ PZ ₃ PZ ₂ PZ ₁	542±1,0	НИЖНИЙ (ранняя) C ₁	
	542±1,0	ВЕРХНИЙ (поздняя) C ₃	
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ PZ ₃ PZ ₂ PZ ₁	542±1,0	СРЕДНИЙ (средняя) C ₂	
	542±1,0	НИЖНИЙ (ранняя) C ₁	

Новый всплеск интенсивности углеобразования пришелся на начало **юрского периода (185–132 млн. лет)**. Примерно 100–65 млн. лет назад, в меловой период, сформировались угольные месторождения Скалистых гор США, Восточной Европы, Центральной Азии и Индокитая. В **третичный период, примерно 50 млн. лет назад** и позднее, возникли **месторождения в основном бурых углей** в различных районах США (на севере Великих равнин, севере Тихоокеанского побережья и в прибрежных районах Мексиканского залива), в Японии, Новой Зеландии и Южной Америке, а также в Западной Европе. В Европе и Северной Америке образование торфа происходило в теплые межледниковые периоды и в послеледниковье.

Эра	Период	Эпоха	Границы периодов (млн. лет назад)
КАЙНОЗОЙСКАЯ	Четвертичный	Голоцен	1–0
		Плейстоцен	
	Неоген	Плиоцен	25–1
		Миоцен	
	Палеоген	Олигоцен	70–25
		Эоцен	
Палеоцен			
МЕЗОЗОЙСКАЯ	Меловой	Верхняя Нижняя	140–70
	Юрский		185–140
	Триасовый		225–185
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ	Пермский		270–225
	Карбоновый (каменноугольный)		320–270
	Девонский		400–320
	Силурийский		420–400
	Ордовикский		480–420
	Кембрийский		570–480
ДОКЕМБРИЙ/ПРОТЕРОЗОЙСКАЯ АРХЕЙСКАЯ		Общепризнанного деления на периоды нет	1 900–570 3 500–1 900
ФОРМИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ И ЗЕМНОЙ КОРЫ			7 000–3 500

Начиная с девонского периода в древних торфяных болотах в анаэробных условиях (в восстановительной среде без доступа кислорода) **накапливалось и консервировалось органическое вещество (торф), из которого формировались ископаемые угли.** Первичная торфяная залежь состояла из массы тканей растений от полностью разложившихся (гелефицированных) до хорошо сохранивших свое клеточное строение. В аэробных условиях при воздействии на остатки растений обогащенных кислородом вод или на контакте с атмосферой происходило полное окисление (разложение) органического вещества с выделением диоксида углерода и легких углеводородов (метана, этана и др.), не сопровождавшееся торфообразованием.



Превращение отмерших растений в уголь происходит в результате непрерывного процесса, в котором принято выделять две его основные фазы:

- 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 счет жизнедеятельности микроорганизмов торф превращается в бурый уголь
- 2) **метаморфизм**, в течение которого бурый уголь под влиянием физических факторов повышенной температуры и давления горных пород превращается в каменный уголь и антрацит.

Характер и глубина **диагенеза и метаморфизма угля** характеризуются **степенью углефикации** (низшей, средней или высшей).

Схема углеобразовательного процесса

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

Ископаемые угли характеризуются большим разнообразием химического состава, физических и технологических свойств. Это разнообразие обусловлено неодинаковым проявлением основных генетических факторов в геологической истории угля.

Генетические факторы подразделяются на:

- *первичные*, играющие основную роль на стадии гумификации,
- *вторичные*, действующие после превращения торфа в бурый уголь.



К **первичным** факторам относятся:

- природа исходного растительного материала,
- условия его накопления,
- обводненность и химическая характеристика среды (ее окислительно-восстановительные свойства), в которой происходило преобразование растительных остатков.

Групповой и химический состав высших и низших растений заметно отличаются. Независимо от сочетаний других генетических факторов, определяющих состав и свойства углей, высшие и низшие растения дают начало **двум основным видам угля: гумолитам и сапропелитам.**

Гумолиты образуются преимущественно из высших, сапропелиты из низших растений в результате углефикации, соответственно, торфа и сапропеля. Последний образуется в результате изменений низших растительных и животных организмов в условиях повышенной обводненности и преимущественно восстановительной среды. **После отмирания высших растений происходит гумификация** их остатков, которая заключается в изменении растительных тканей в мягких условиях температур и давлений земной поверхности с большим или меньшим доступом влаги и кислорода воздуха. При этом **химические и физические процессы преобразования органического вещества протекают за счет жизнедеятельности микроорганизмов биосферы.**

После перекрытия торфяника минеральным осадком из торфяной залежи начинает формироваться угольный пласт, при этом влажность торфа уменьшается, и к нему снижается доступ воздуха. В этих условиях микробиологическая деятельность замирает. **Биохимические процессы гумификации сменяются геохимическими процессами углефикации.** Вместо первичных факторов начинают действовать **вторичные: повышенные температуры и давления земных недр.**

Болота являются наиболее благоприятными местами для накопления и переработки органических продуктов в торф. Заболачивание водоёмов происходит различными путями, и зависит от рельефа дна и берегов, проточности воды и т. д. Как в тропической, так и в умеренных зонах болота делятся на верховые и низинные. Верховые образуются при условии превышения количества годовых атмосферных осадков над объёмом испарения и характеризуется недостатком питательных веществ для растений. Низинные болота имеют пологие берега, заросшие тростником и камышами, покрыты плавающими и подводными растениями. Их происхождение связано с понижением рельефа и они распространены в основном в северных областях. При умеренном климате годовой прирост торфа в низинных болотах составляет 0,5 – 1,0 мм, а на верховых 1 – 2 мм.

Угольные пласты характеризуются следующими основными характеристиками:

1. **Тип отложений:**

- **автохтонный** (autos – сам, chthon – земля) образуется на месте отмирания первичных организмов,
- **аллохтонный** – из перемещённых органических остатков и характеризуется повышенным содержанием в углях минеральных примесей.

2. **Условия отложения.**

- состав и свойства угля зависят от **условий отложения торфа** в пресноводных, озёрных или солоноватых морских водах. При воздействии морской воды в битуминозных углях повышается содержание серы, азота, водорода, летучих. Известковые воды способствуют уменьшению кислотности торфа.

- **температура торфа.** Разложение торфа зависит от температуры, так как в тепле бактерии проявляют повышенную активность. Так при 35 – 40 градусах бактерии разлагают целлюлозу с наибольшей скоростью.
- **окислительно-восстановительный потенциал.** Жизнедеятельность бактерий зависит от потенциала. Процессы превращения остатков органических соединений при свободном доступе кислорода (аэробные условия) и воды аналогичны медленному горению и называются тлением. Гумификация (перегнивание) характеризуется недостаточным доступом воздуха (анаэробные условия) и влаги. Этот процесс приводит к накоплению зауглероженного остатка (гумуса), часть которого может растворяться в воде. Превращение органических веществ в условиях избытка влаги и отсутствия кислорода широко распространено в природе и называется **оторфением**; оно приводит к появлению твёрдых гумусовых продуктов. Образование сапропелей из водорослей и планктона протекает в отсутствие кислорода под слоем воды (восстановительные реакции) и известно как процессы **гниения, или гнилостного брожения.**

Глубины погружения угольных пластов, температура, давление и продолжительность их воздействия существенно различаются в пределах угольных бассейнов. Именно с этим связано наличие в отдельных бассейнах углей, неодинаковых по степени углефикации.

Они составляют непрерывный генетический ряд: *бурые угли - каменные угли - антрациты.*



Петрографическая характеристика углей

Результаты ***петрографического исследования углей*** (от греческого petros – камень, grapho – пишу) ***позволяют установить природу исходных органических материалов, их генезис, классификацию ТГИ и выбор рационального использования в народном хозяйстве.*** В настоящее время петрографические исследования углей широко применяются при разведочных и поисковых работах, а петрографические характеристики являются обязательными при утверждении запасов.

В результате исследования углей установлено, что ***они не являются гомогенным веществом.***

Мацералы (macerate – размягчать) не обладают кристаллическим строением, различаются по химическому составу и физическим свойствам. В углях обнаружены превращённые частицы растительного и животного происхождения (например, водоросли, пыльца, споры, кутикулы, смоленые тельца), которые получили название форменных элементов. Другие вещества, которые претерпели более глубокие изменения не могут быть отнесены к каким-либо определённым исходным веществам, называют основной массой, которая в тонких шлифах разделяется на прозрачную и непрозрачную (опакмассу).

Все *мацералы делятся на три группы:*

- витринит,
- экзинит (липтинит)
- инертинит

В основе объединения по группам лежит присущий им химический состав, происхождение и свойства.

Чаще всего встречаются *ассоциации мацералов*, причём такие сочетания называются *микролитотипами*.

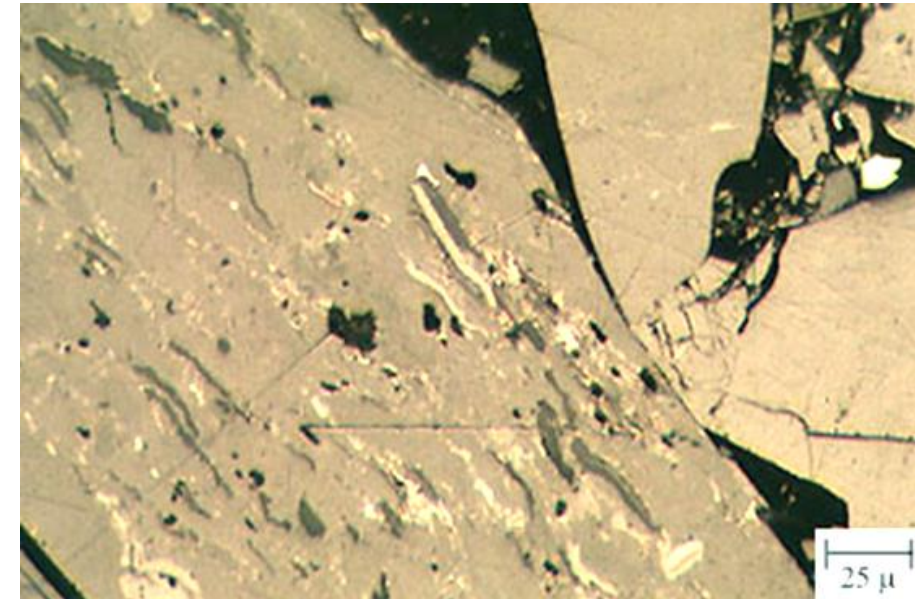
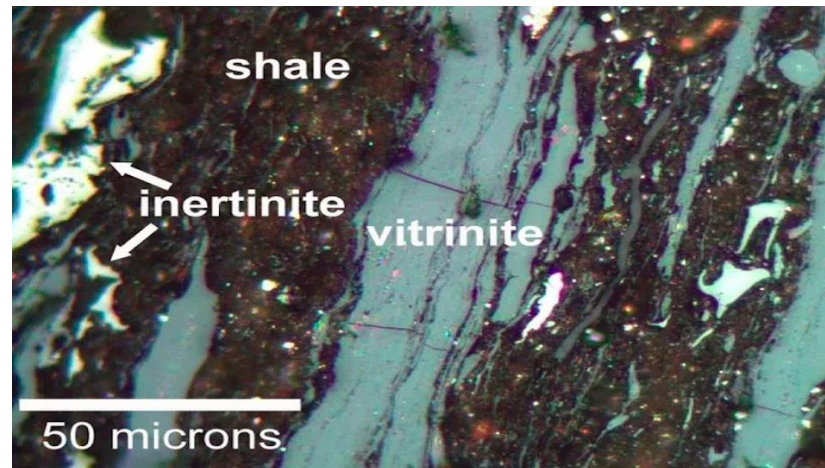
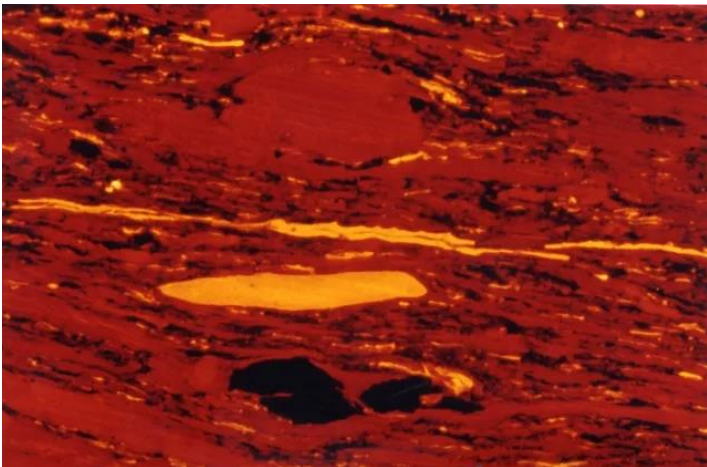
Разновидности литотипов углей можно различить невооруженным глазом. *Витрен* – блестящий, *кларен* – полублестящий, *дюрен* – матовый и *фюзен* – волокнистый уголь.

Сапропелевые угли в отличие от гумусовых не содержат слоистостей, однородные по составу и более прочные. Они делятся на кеннельские угли и богхеды.

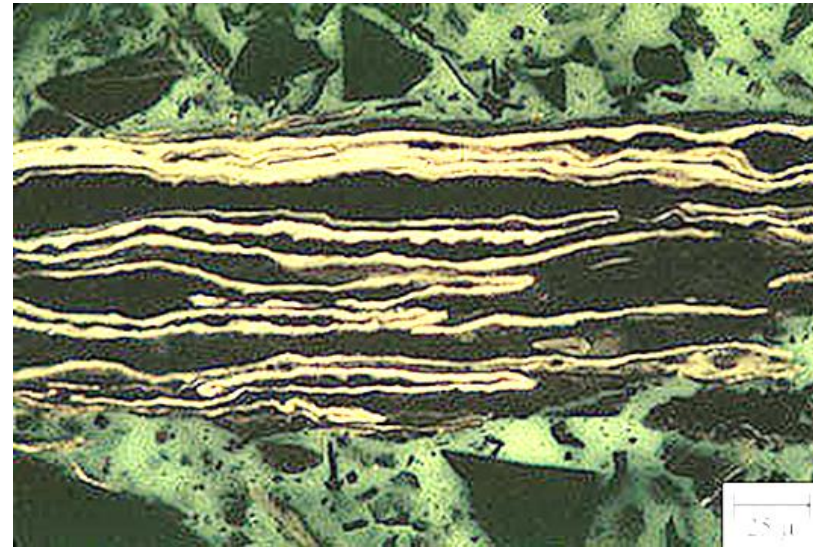
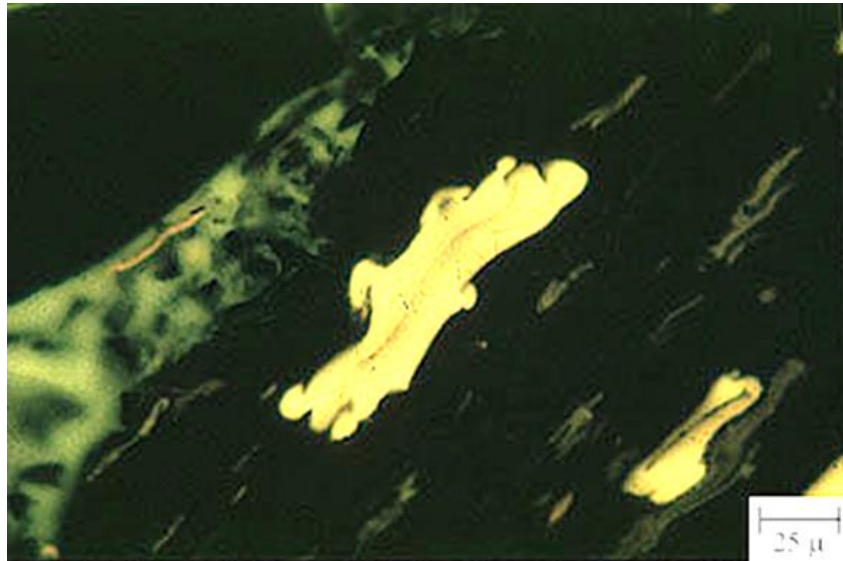
Литотипы каменных углей

Литотип	Внешний вид	Состав
Витрен	Литотип в виде узких блестящих линзообразных прослоек с хорошо выраженной трещиноватостью	Нацело состоит из витринита
Фюзен	Литотип в виде линз с волокнистой структурой, матовый или с шелковистым блеском, сажистый	Нацело состоит из инертинита
Кларен	Литотип, образующий пачки или пласты угля с выраженной полосчатой текстурой, блестящий	Преимущественно состоит из витринита
Дюрен	Литотип, образующий пачки или пласты угля, однородный, плотный, матовый или с маслянистым блеском	Преимущественно состоит из липтинита и инертинита

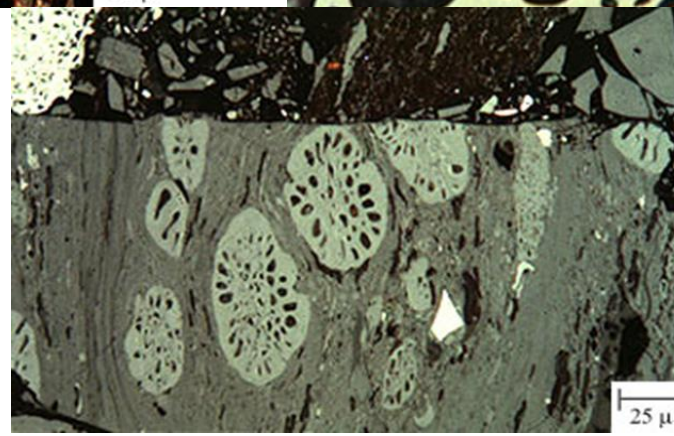
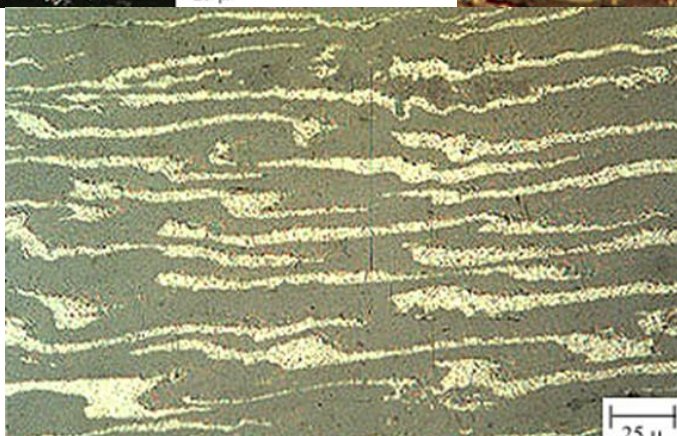
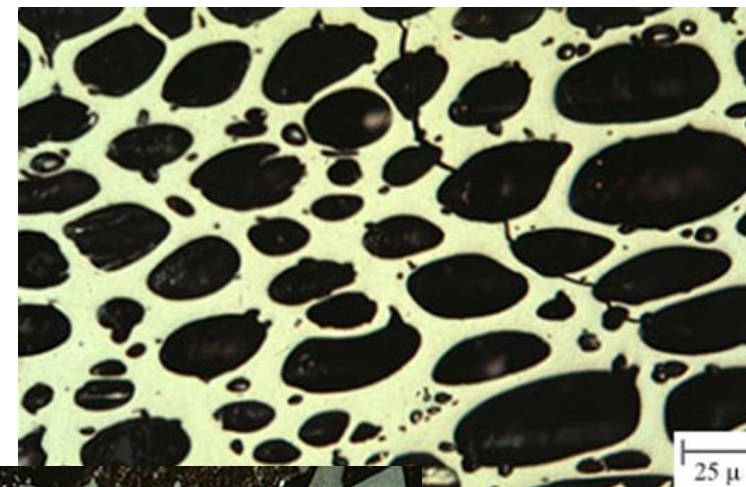
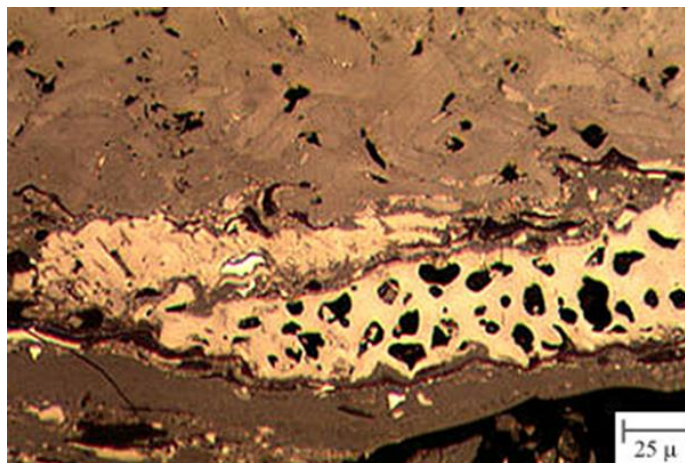
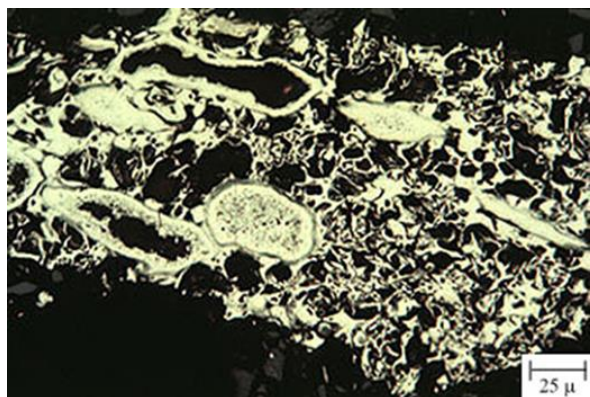
Витриниты являются основным компонентом типичных блестящих углей; они *образуются из лиственных и древесных тканей* в основном за счёт углефикации лигнина и целлюлозы. Широкое распространение витринита в твёрдых горючих ископаемых, однородность его состава, физических и химических характеристик обусловили широкое применение его для определения степени и возраста углефикации при сопоставлении различных отложений. По сравнению с группой экзинита витринит содержит меньше водорода и больше кислорода, в его структуру входят алифатические и ароматические фрагменты. Содержание ароматических структур с возрастом органической массы угля увеличивается от 25 до 65 %, доля летучих достигает 35 – 40 %, а смол полукоксования – 12 – 14 %.



Экзинитная группа (липтиниты) содержит *остатки сине-зелёных водорослей (алгинт), спор и пыльцы (споринит), полимеризованные смолы или углеводороды, жиры, кутикулы листьев и растений (кутинит), воскообразный эпидермис*. Полимеризованные продукты пропитывают древесные ткани или минералы, образуя резенит или диффузный полимеризованный битум. При разложении экзинита выделяется 60 – 90 % летучих веществ, 40 – 50 % смол полукоксования; он практически не растворим, молекулярная масса ≈ 3000 , в основе структуры – ассоциированные нафтоновые и ароматические гетероциклические системы.



Группа *инертинита* включает *фюзенит* (древесный уголь после пожаров или обугливания), окисленные остатки, грибки, полимеризованные смолы или углеводороды. Элементный состав фюзенита разнороден; он содержит много гидроксильных групп и ароматических ядер, выделяет 8 – 20 % летучих, до 4 % смолы полукоксования.



Витринит при 380 – 450 градусах «плавится» и затем образует вспученный кокс.

Экзинит также обладает некоторыми коксующимися свойствами.

Мацералы группы инертита обладают низкой химической активностью, которая незначительно меняется при метаморфизме. Отличаясь высоким выходом летучих, витринит определяет коксуюемость углей, а экзинит характеризует пластические свойства углей. Подбирая состав шихт из отдельных мацералов в определённом соотношении, можно значительно расширить сырьевую базу для производства кокса.

Гумолиты, состоящие в основном из витринита и инертинита, называются *гумитами*, а образованные микрокомпонентами группы *липтинита* – *липтобиолитами*.

В ряду гумитов для более точной оценки их технологических свойств иногда проводят большую дифференциацию микрокомпонентов, выделяя из инертинита и витринита промежуточные группы семивитринита и микстинита.