

# ОТКРЫТАЯ РАЗРАБОТКА РУДНЫХ И УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Минерально-сырьевая база угля.  
Основные понятия

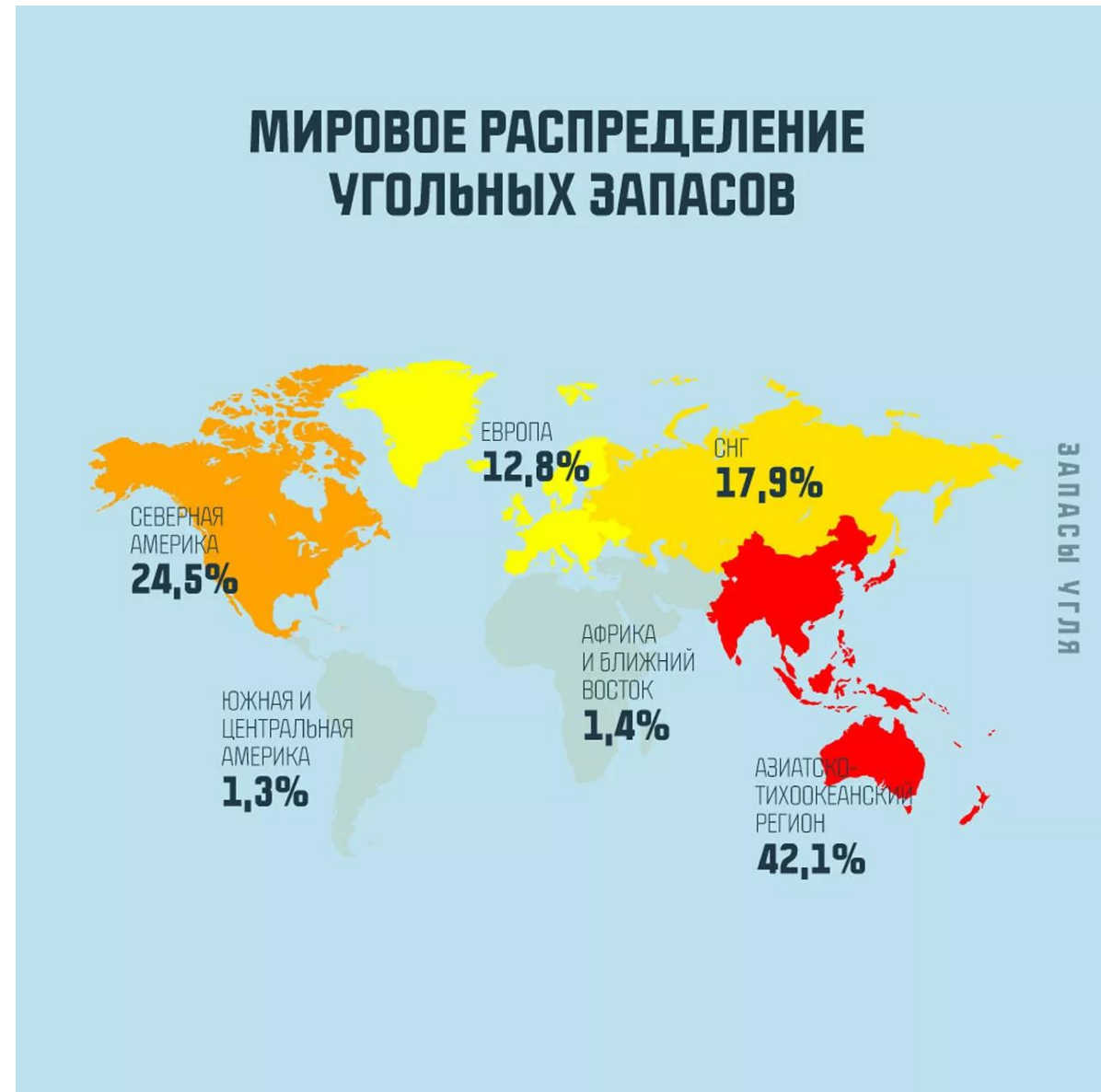
Лекция 1

Практически невозможно установить точную дату, но десятки тысяч лет назад человек, впервые познакомился с углём, стал постоянно соприкасаться с ним. Так, археологами найдены доисторические разработки залежей углей. Известно, что с каменным углём люди были знакомы в период древней культуры, но факты об его использовании отсутствуют. Позже, в Риме, предпринимались пути использования его, но лишь во времена Аристотеля появилось описание некоторых других свойств угля, а в 315 г. до н. э. его ученик описывает уголь как горючий материал и называет его «антраксом» (позже появилось название «антрацит»).

## Основные сведения о добыче и мировых запасах угля.

В мировых запасах ископаемого топлива на долю угля, горючих сланцев и торфа приходится по объему 90%, а на долю нефти и газа 7-8%.

В настоящее время добыча угля ведется в 60 странах: Германия, Польша, ЮАР, США, КНР, Россия, Индия. На долю этих стран приходится 85% мировой добычи. От 10 до 100 млн.т добывает Польша, Германия, Великобритания, ЮАР, Канада, Турция.



# Региональная структура мировой добычи угля

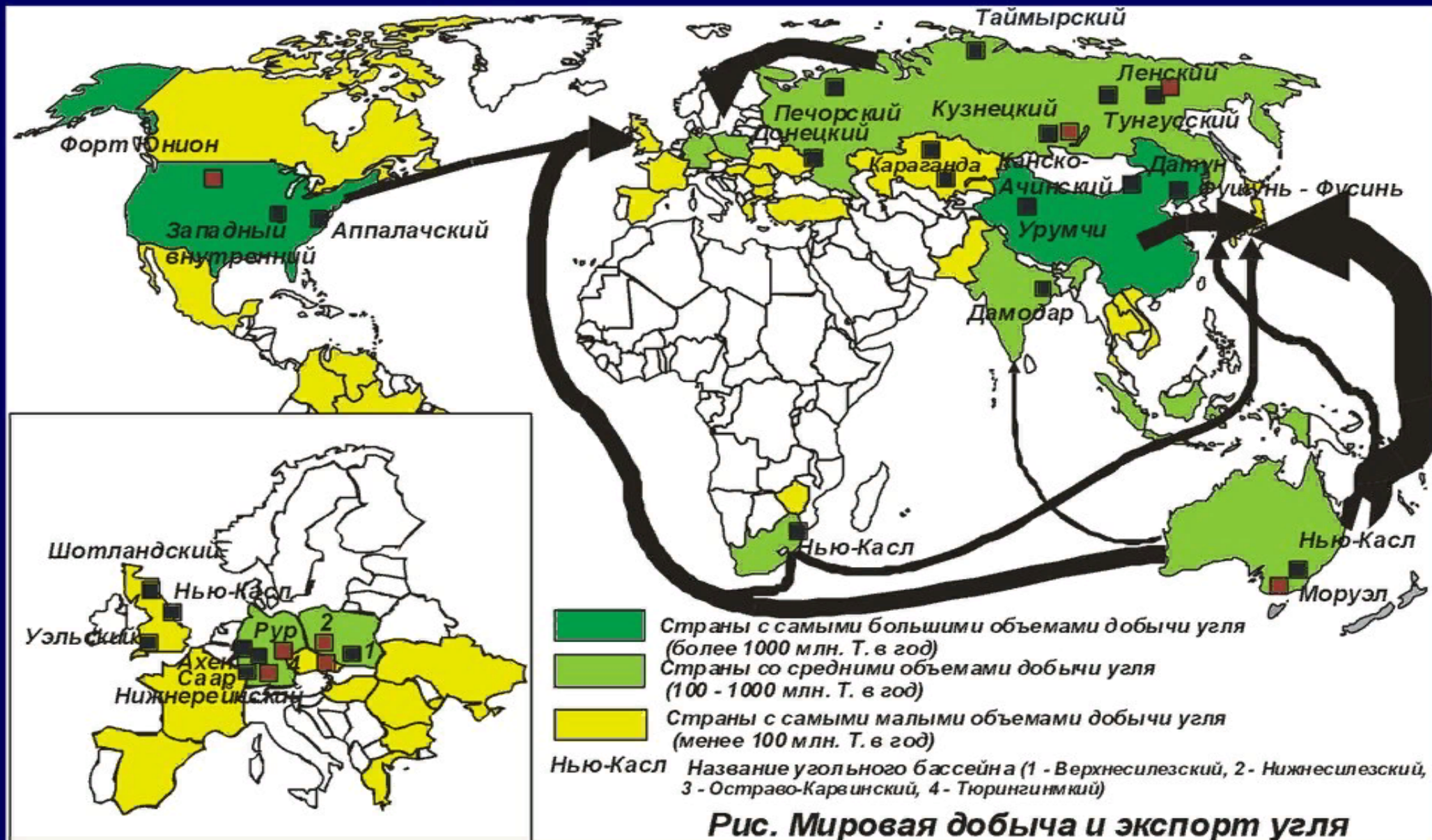


Рис. Мировая добыча и экспорт угля

# Угольные бассейны

Мировые геологические запасы угля составляют 14 трлн. 800 млрд. тонн. Мировые, доказанные 1035 млрд. тонн этих запасов хватит на 225 лет, и в России этих запасов хватит на 500 лет. На земном шаре находится 3600 угольных бассейнов и месторождений 7 бассейнов это 27500 млрд бассейны гиганты, к ним относятся Ленский, Тунгусский, Таймырский, Канско-Ачинский, Аппалагский, и Кузбаский, Аммазона. 4 бассейна от 200-500 млрд. Нижнерейковестфальский, Донецкий, Печорский, Иллинойс. Около 250 бассейнов имеют запасы от 0,5-200 млрд.т.

## МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ



## Угольная сырьевая база России

Доля России в разведанных мировых запасах угля составляет 12%, а прогнозные запасы оцениваются в 30%. В мировой добыче угля на нее приходится 14%.

В топливно-энергетическом балансе (ТЭБ) России доля угля в 50-е годы достигала 65%, в 60-е годы - 40 - 50%. В 70 - 80-е годы угольное топливо было вытеснено нефтегазовым, и в настоящее время доля угля в ТЭБ России составляет лишь 12 - 13% , а в топливном балансе теплоэлектростанций - примерно 25%. В настоящее время в ТЭБ России на газ приходится 49%, нефть - 32%, уголь - около 13%.

В перспективе доля угля в ТЭБ будет повышаться, и спрос на уголь в России в связи с изменением структуры запасов основных энергоносителей будет возрастать. В восточных регионах России, включая Урал, доля угля возрастает в производстве электроэнергии. В настоящее время на Дальнем Востоке удельный вес угля в балансе котельно-печного топлива превышает 80%. а электрическая и тепловая энергия в регионах Дальнего Востока вырабатывается в основном на ТЭС на угле.



Рис. 78. Угольная промышленность

# ЗАПАСЫ И РЕСУРСЫ



0,5 запасы  
0 ресурсы P<sub>1</sub> млрд т

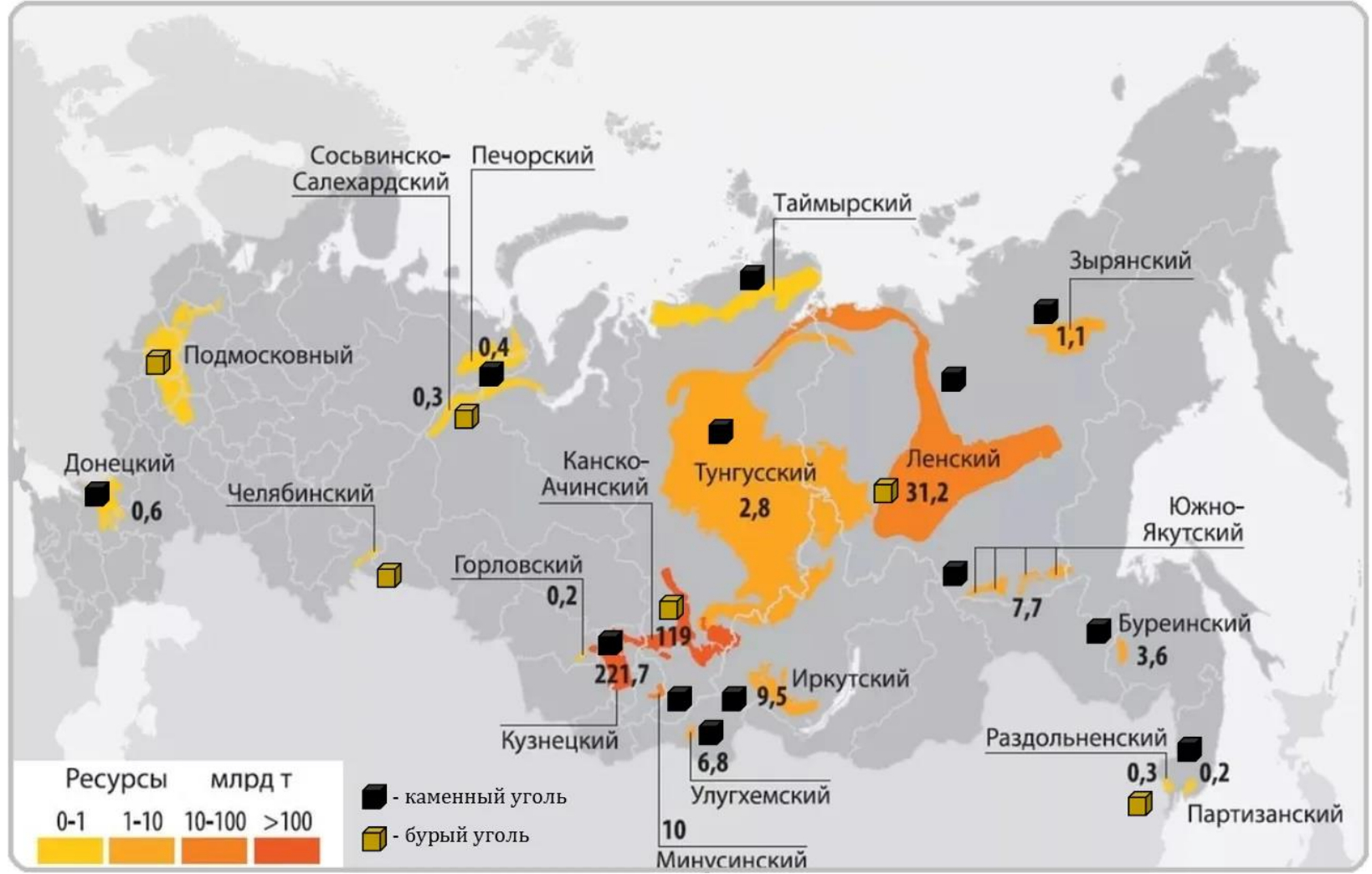
# ДОБЫЧА



Распределение добычи угля по субъектам Российской Федерации., млн т

Господствующими являются каменные угли: они составляют 70% общих запасов. Пропорции между каменными и бурыми углями имеют заметные территориальные различия.

В европейской части преобладают каменные угли, составляющие свыше 9/10 всех запасов, в Казахстане они находятся примерно в равном количестве, а в Сибири бурых углей в 3 раза меньше, чем каменных.



Среди каменных углей более 1/5 приходится на технологическое топливо (коксующиеся угли), основными источниками которых служат Кузнецкий, Донецкий, Печорский и Карагандинский, а в перспективе также Южно-Якутский бассейны.

Качественный состав ресурсов отражается в структуре добычи, где свыше 3/4 занимают каменные угли, в том числе 1/4 коксующиеся.

## Основные понятия

**Разрез** – карьер, разрабатывающий угольное месторождение.

**Уголь ископаемый** - горючая осадочная порода органического (растительного) происхождения, состоящая из углерода, водорода, кислорода, азота и других второстепенных компонентов.

Цвет варьирует от светло-коричневого до черного, блеск – от матового до яркого блестящего.

Обычно четко выражена слоистость, или полосчатость, которая обуславливает его раскалывание на блоки или таблитчатые массы. Плотность угля от менее 1 до 1,7 г/см<sup>3</sup> в зависимости от степени изменения и уплотнения, которое он претерпел в процессе углеобразования, а также от содержания минеральных составляющих.

**Бурый уголь** - низший член общего генетического ряда ископаемых углей; мягкие, плотные, поле-вой, коричневатый; влажность 60%; характеризуется цветом, содержание углерода 63-71%, теплота сгорания 25,5-33,5 МДж/кг.



**Каменный уголь** - твердая, плотные, преимущественно - полосчатая, реже однородная порода черного или серо-черного цвета, с блестящей полуматовой или матовой поверхностью. Степень содержания углерода 74-92%, теплота сгорания сухого без зольного угля 30,5-36,8 МДж/кг.



**Антрацит** наиболее углефицированная разновидность ископаемого угля, содержащий углерода 89-98%, плотная порода, серовато-черного цвета с ярким металлическим блеском, теплота сгорания 33.5-35.2 МДж/кг.

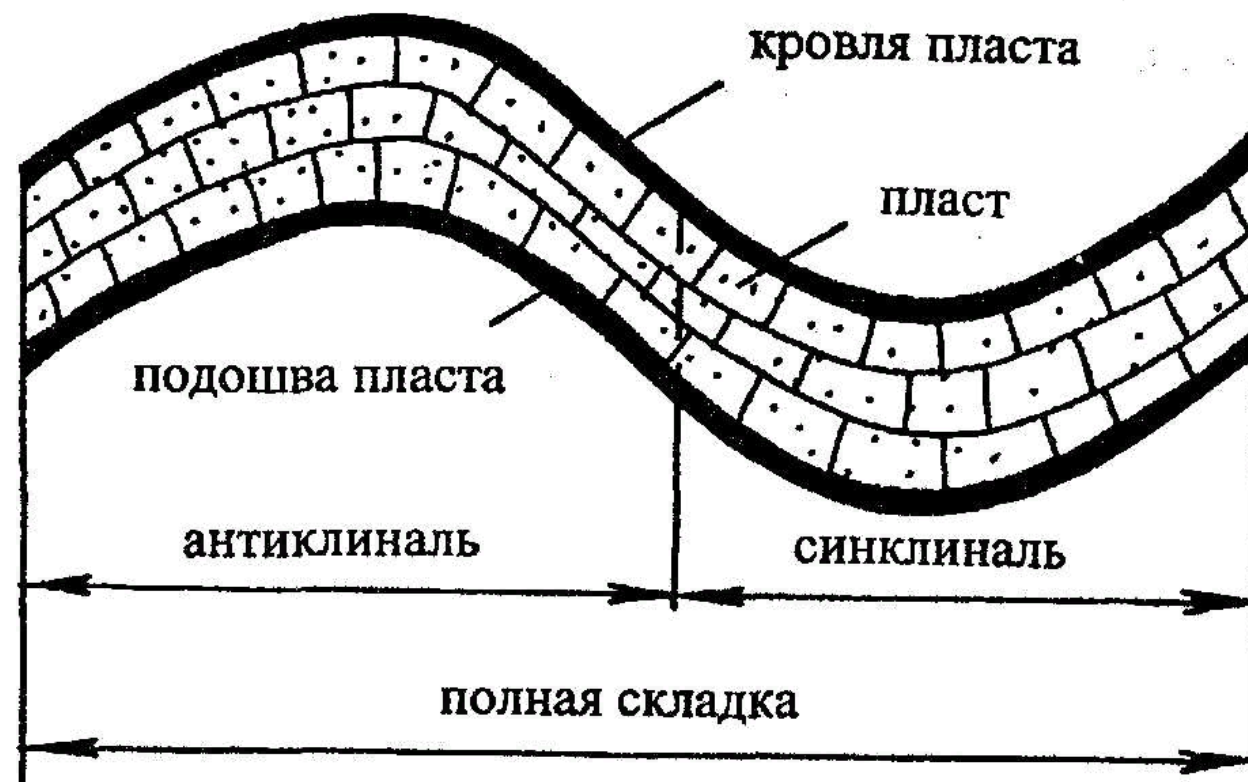


**Пласт** - геологическое тело сложенное осадочной однородной породой ограниченной двумя приблизительно параллельными поверхностями и занимающее значительную площадь.

Породы, в которых залегает пласт угля - называют **боковыми породами**.

Породы лежащие непосредственно над пластом, называют **кровлей пласта**.

Породы лежащие под пластом называют **почвой пласта**.



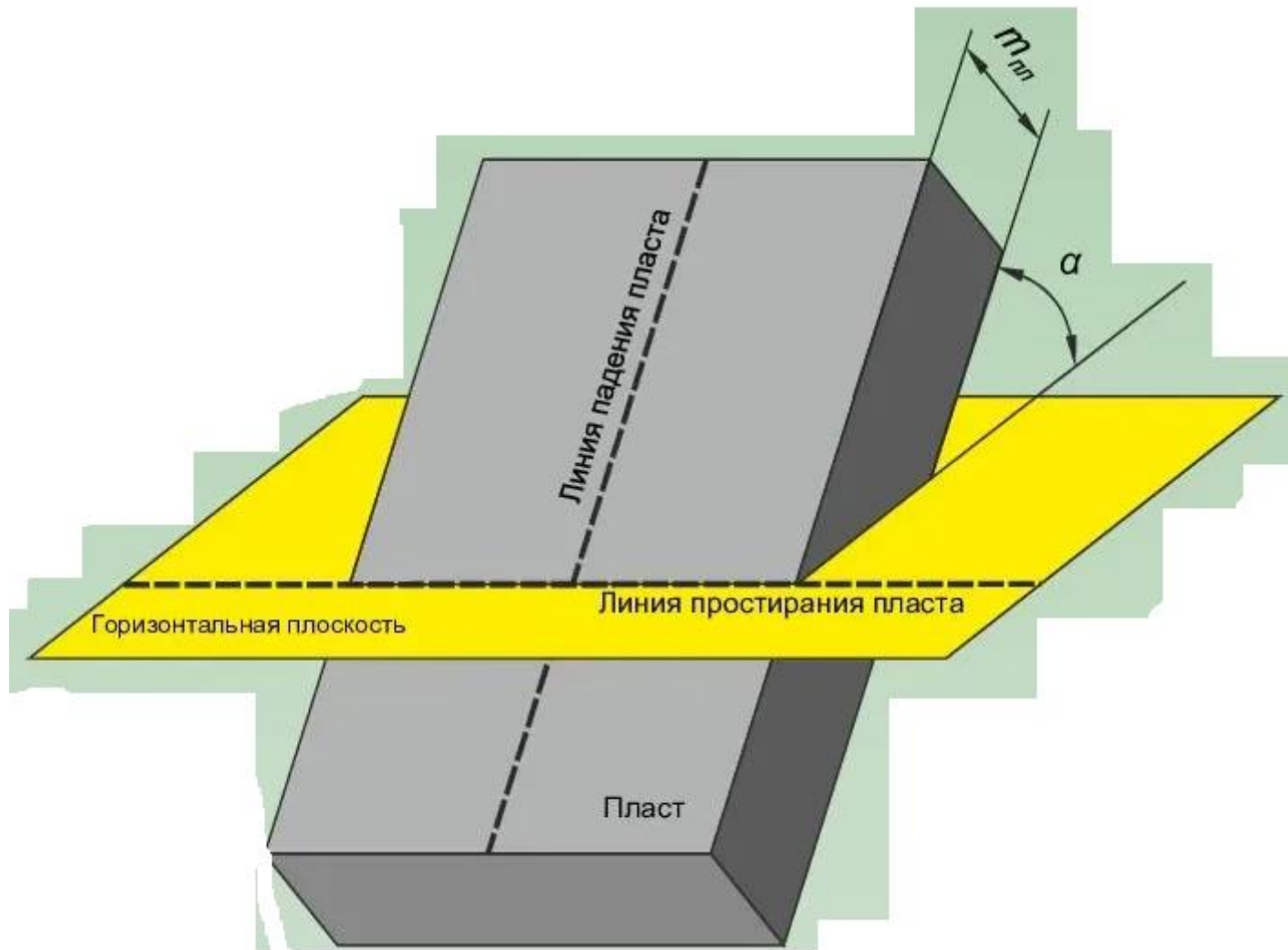
К **элементам залегания** пластов относится - простирание, падение, угол падения и мощность пластов.

**Линия простирания** - линия, образующаяся при пересечении поверхности пласта с горизонтальной плоскостью.

**Линия падения** - линия лежащая в плоскости пласта и перпендикулярна линии простирания.

Угол, составленный поверхностью (кровлей) или почвой пласта и горизонтальной плоскостью называется **углом падения пласта**.

**Мощность пласта** - толщина пласта определенная по кратчайшему расстоянию (по нормали перпендикулярно) между кровлей и почвой ( $m$ ). ( $m_v$  - вертикальная,  $m_g$  - горизонтальная)



Классификация угольных пластов по мощности и по углу падения.

- **по мощности:** весьма тонкие менее 0.7 м, тонкие от 0.1-1.2 м, средней мощности 1.21-3.5 м, мощные более 3.5 м.

- **по углу падения:** пологие до 18, наклонные 19-35, круто наклонные 35-55, круто падающие от 55 и выше.

В результате движений земной коры, в ходе которых происходила смена относительного положения суши и моря, мощные толщи угленосных пород испытывали поднятие и складкообразование. С течением времени приподнятые части толщи (антиклинали) разрушались за счет эрозии, а опущенные (синклинали) сохранялись в широких неглубоких бассейнах, где уголь находится на глубине не менее 900 м от поверхности.

Например, в США в Скалистых горах и на севере Тихоокеанского побережья угленосные отложения залегают в основном на глубинах 1200–1850 м и в исключительных случаях достигают глубины 6100 м. В Великобритании, Бельгии, Германии, на Украине и в России (Донбасс) уголь в некоторых местах добывается с глубины более 1200 м. **Угольные пласты, продолжающиеся на глубину 5–8 км, в настоящее время разрабатывать нерентабельно.**

Мощность отдельных угольных пластов колеблется от 10 см до 240 м (как, например, в штате Виктория в Австралии).

Пласты мощностью 120 м встречаются в Китае; 60 м – в США (шт. Вайоминг) и Германии; 30 м – в США (шт. Вайоминг), Канаде (провинция Британская Колумбия) и других районах. Такие мощные пласты обычно занимают небольшую площадь. Чаще всего встречаются пласты толщиной 90–240 см.

Они распространяются на большие территории, и с ними связаны значительные запасы добываемого угля. В толщах угленосных пород содержится от двух-трех до нескольких десятков угольных пластов.

Например, в США в детально изученной угленосной толще в Западной Виргинии было установлено 117 угольных пластов.







## Классификация углей

Рациональное использование твёрдых горючих ископаемых в народном хозяйстве возможно при наличии классификации, учитывающей весь комплекс физических, химических и технологических свойств.

Однако, несмотря на многолетние работы в этой области, до сих пор не существует единой промышленно-генетической классификации.

В соответствии с американской классификацией угли разделяют на несколько классов, отличающихся содержанием влаги и летучих, а также теплотой сгорания.

В основе классификации Грюнера лежит элементный состав, отношение О/Н, плотность, выход и состав кокса.

Близкой к ней является классификация Брокмана, основанная на сопоставлении данных о естественной влажности, элементном составе, плотности, выходе и свойствах кокса.

Немецкий палеоботаник Потонье создал первую генетическую классификацию твёрдых горючих ископаемых всех видов. В основе её было деление минералов, образованных из живых организмов.

Минералы, названные биолитами, он разделил на негорючие – акаустобиолиты и горючие – каустобиолиты. Каустобиолиты были разделены на три подгруппы: гуммиты (из многоклеточных растений), сапропититы (из водорослей и планктона) и липтобиолиты (из устойчивых частей растений).

По генетической классификации Ю. А. Жемчужникова угли подразделяются на две группы, каждая из которых состоит из двух классов:

Первая группа. Гумолиты – высшие растения	Вторая группа. Сапропелиты – низшие растения и животный планктон
I класс – гумиты (лигнино-целлюлозные, смолы, кутиковые элементы)	III класс – сапропититы (сохранены водоросли и планктонные остатки)
II класс – липтобиолитовые (смолы, кутиковые элементы)	IV класс – сапроколлиты (водоросли превратились в бесструктурную массу)

Более общая генетическая классификация, учитывающая происхождение и глубину химических превращений твёрдых горючих ископаемых, была разработана С. Г. Ароновым и Л. Л. Нестеренко.

	Класс угля	Стадии химической зрелости			
		торфяная	буроугольная	каменноугольная	антрацитовая
I	Гуммиты (преимущественно из высших растений)	Торф	Бурые угли землистые Плотные (блестящие, матовые, полосчатые)  Лигниты	Каменные угли однородные (блестящие, осажистые) Неоднородные (полублестящие, матовые) Полосчатые	Антрациты
II	Липтобиолиты: из восков и смол высших растений  из других форменных элементов высших растений	Фахтелит (восковой)  Копалы (смоляные)  Фимменит (пыльцевой)	Пирописсит (восковой) Янтарь (смоляной)  Подмосковные (споровые) Тасманит (споровый)  «Бумажный» подмосковный уголь (кутикуловый) Барзасский листовой	Рабдописсит (смоляной). Ткибульский смоляной уголь. Конкреции смол в каменных углях. Кутикулит иркутский. Липтобиолиты среди кизеловских (лысвенских) каменных углей (споровые) Кеннели  Лопинит (споровый)	—

III	<p><b>Сапропелиты (из низших растений и животного планктона): собственно сапропелиты (отструктурные)</b></p> <p><b>сапропелиты (бесструктурные)</b></p>	<p><b>Сапропель Балхашит Курунгит</b></p> <p><b>Сапроколлы</b></p>	<p><b>Богхеды Торбанит Марагунит</b></p> <p><b>Касьянит Черемхит Хахарейский Матаганский</b></p>	<p><b>Уголь из Люгау Кеннели Богхеды среди донецких углей</b></p>	<p>—</p>
IV	<p><b>Особые твёрдые горючие ископаемые</b></p>	<p>—</p>	<p><b>Барзасские угли Гагаты Горючие сланцы</b></p>	<p>—</p>	<p>—</p>

Указанные выше научные классификации дают возможность выявить зависимость между природой исходного органического материала, условиями его превращения и видом образовавшегося топлива.

Разработанная и используемая в настоящее время

**промышленно-генетическая классификация** подразделяет угли на виды в зависимости от величины среднего показателя отражения витринита, теплоты сгорания на влажное беззольное состояние  $Q_{saf}$  и выхода летучих веществ на сухое беззольное состояние  $V_{daf}$

Подразделение углей на виды

Вид угля	$R_o$ , %	$Q_{saf}$ , МДж/кг	$V_{daf}$ , мас.%
Бурый уголь	$\leq 0,60$	$< 24$	.*
Каменный уголь	0,40-2,39	$\geq 24$	$\geq 9$
Антрацит	$\geq 2,40$	.*	$\leq 9$

Далее в зависимости от генетических особенностей угли разных видов делят на классы по **среднему показателю отражения витринита и категории по содержанию отошающих компонентов ОК**, мас. %.

Более детальное подразделение углей разных классов и категорий производится по параметрам, характерным для каждого вида угля и отражающим направления его технологического использования.

**Бурые угли делятся на типы по максимальной влагоемкости** на беззольное состояние  $W_{afmax}$ , **каменные угли по выходу летучих веществ** на сухое беззольное состояние  $V_{daf}$ , а **антрациты по объемному выходу летучих веществ**  $V_{obdaf}$  (нмл/г).

**Каждый тип углей всех видов делится на подтипы:**

- бурые угли по выходу смолы полукоксования на сухое беззольное состояние  $T_{skdaf}$ ;
- каменные угли по толщине пластического слоя  $y$  и индексу Рого  $R_I$ ;
- антрацит по анизотропии отражения витринита  $A_R$ , которая связана с неодинаковой интенсивностью отражения поляризованного света, падающего параллельно и перпендикулярно слоям ароматических колец.

В соответствии с правилами классификации уголь кодируется семизначным числом, в котором две первые цифры указывают класс угля, третья цифра - категорию, четвертая и пятая - тип, шестая и седьмая - подтип, например:

0942915- каменный уголь.	09- 10	4- ОК/10	29- Vdaf,	15- y
0343013- бурый уголь.	03- 10	4- ОК/10	3- Wafmax,	13- Tskdaf
4011675- антрацит.	40- 10	1- ОК/10	16- Vобdaf/10	75- AR

Все цифры относятся к среднему показателю для данного класса, категории, типа и подтипа. Величина умножается на 10, а ОК и Vобdaf делятся на 10 с тем, чтобы в коде угля они выражались двузначными и однозначными числами.

В зависимости от сочетания технологических свойств угли различных кодовых номеров объединяют в технологические марки, группы и подгруппы. Предусматривается 14 технологических марок, наименования которых аналогичны названиям марок промышленной классификации:

<b>Б</b>	<b>Бурый</b>	<b>КО</b>	<b>коксовый отощенный</b>
<b>Д</b>	<b>Длиннопламенный</b>	<b>КСН</b>	<b>коксовый спекающийся низкометаморфизированный</b>
<b>Г</b>	<b>Газовый</b>	<b>КС</b>	<b>коксовый слабоспекающийся</b>
<b>ГЖО</b>	<b>газовый жирный отощенный</b>	<b>ОС</b>	<b>отощенный спекающийся</b>
<b>ГЖ</b>	<b>газовый жирный</b>	<b>СС</b>	<b>слабоспекающийся</b>
<b>Ж</b>	<b>Жирный</b>	<b>Т</b>	<b>тощий</b>
<b>К</b>	<b>Коксовый</b>	<b>А</b>	<b>антрацит</b>

Сорт = “марка ” + “размер кусков”

## Классификация углей по размеру кусков (ГОСТ Р 51586-2000)

Для обозначения сортов углей, предназначенных для использования в теплоэнергетике используют следующую схему:

Группа	Класс	Условное обозначение	Пределы крупности кусков	
			нижний	верхний
Сортовые	Плитный	П	100(80)	200;300
	Крупный (кулак)	К	50(40)	100(80)
	Орех	О	25(20)	50(40)
	Мелкий	М	13(10)	25(20)
	Семечко	С	6(5;8)	13(10)
	Штыб	Ш	0	6(5;8)
Совмещенные и отсеvy	Крупный с плитным	ПК	50(40)	200;300
	Орех с крупным	КО	25(20)	100(80)
	Мелкий с орехом	ОМ	13(10)	50(40)
	Семечко с мелким	МС	6(5;8)	25(20)