КАМЕННЫЙ УГОЛЬ

Происхождение

Состав и месторождения

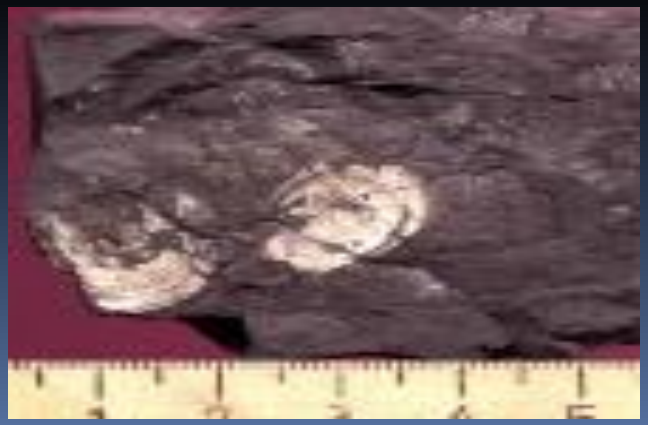
Переработка

Экологические проблемы

Применение

ТЕОРИЯ ПРОИСХОЖДЕНИЯ

- Уголь – это остатки растений, погибших многие миллионы лет назад, гниение которых было прервано в результате прекращения доступа воздуха.



ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ УГЛЯ

гумолиты

сапропелиты

сапрогумолиты

УГЛЕФИЦИРОВАНИЕ

растительные останки → торф

бурый уголь

каменный уголь

антрацит

графит.

ЕМ
ТА
МО
РФ
ИЗМ

Характерные физические свойства каменного угля:

- *содержание углерода* (С,%) - 75-97;

- *плотность* (г/см3) – 1,28-1,53;

- *механическая прочность* (кг/см2) – 40-300;

- *удельная теплоемкость С* (Ккал/г град) – 026-032;

- *коэффициент преломления света* – 1,82-2,04.

СОСТАВ И ВАЖНЕЙШИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Каменный уголь представляет собой полезное ископаемое, которое образовалось миллионы лет назад из отмерших остатков растений в результате сложных процессов.

Состав каменного угля очень сложен: в нем содержатся как органические, так и неорганические вещества. Запасы угля на нашей планете значительно превышают запасы нефти. Небольшую его часть используют как топливо, в основном же он удовлетворяет нужды коксохимического производства. Переработка каменного угля в настоящее время становится одним из основных направлений в химической промышленности.

Состав Каменного угля

- Состав каменного угля очень сложен: в нем содержатся как органические, так и неорганические вещества.

По признакам различают:

- ***блестящие (витрен),***
- ***полублестящие (кларен),***
- ***матовые (дюрен),***
- ***волокнистые (фюзен).***

Эти составляющие чаще всего располагаются слоями, придавая **каменным углям** полосчатую структуру.

Составные части каменного угля

- Основная - горючая, или органическая, масса угля (ОМУ), влага и минер. включения, образующие при сжигании золу;
- Зольность **каменных углей** составляет 5-30% по массе и более;
- Главные составляющие золы: оксиды Si, Fe и Al, редкие и рассеянные элементы (Ge, V, W, Ti и т. д.), а также драгоценные металлы (Au, Ag). Горючая масса содержит C, H, N, O и S, входящую также в состав минер.

Химический состав

По химическому составу каменный уголь представляет смесь высокомолекулярных полициклических ароматических соединений с высокой массовой долей углерода, а также воды и летучих веществ с небольшими количествами минеральных примесей, при сжигании угля образующих золу. Ископаемые угли отличаются друг от друга соотношением слагающих их компонентов, что определяет их теплоту сгорания. Ряд органических соединений, входящие в состав каменного угля, обладает канцерогенными свойствами.

Зола

- Главные составляющие золы: оксиды Si, Fe и Al, редкие и рассеянные элементы (Ge, V, W, Ti и т.д.), а также драгоценные металлы (Au, Ag)
- Горючая масса содержит C, H, N, O и S, входящую также в состав минеральной части.

ОМУ

Широкое распространение получили представления о гибридном характере мол. структуры, состоящей из пространственных, плоскостных и линейных фрагментов. Последние включают преим. макроалифатич. Радикалы и O-, N- и S- содержащие функциональные группы (см. также *Гидрогенизация угля*).

Характеристика разных марок

ПРИМЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗНЫХ МАРОК КАМЕННЫХ УГЛЕЙ

Марка угля	Элементный состав*, %				Выход летучих в-в*, %	Уд. теплоемкость, КДж (кг·К)	Уд. теплота сгорания, МДж/кг
	C	H	N	O+S			
Длиннопламенные (Д)	80	5,5	1,8	12,7	43	1,30	33,28
Газовые (Г) .	84	5,0	1,7	9,3	38	1,21	35,38
Жирные (Ж) . .	87	5,0	1,5	6,5	33	1,21	35,38
Коксовые (К) . . .	88	4,8	1,5	5,7	24	1,11	36,00
Отощенные спекающиеся (ОС) .	89	4,5	1,5	5,0	14	1,10	36,00
Тощие (Т)	91	4,0	1,0	4,0	12	1,09	35,59

* В расчете на горючую массу.

Основные месторождения

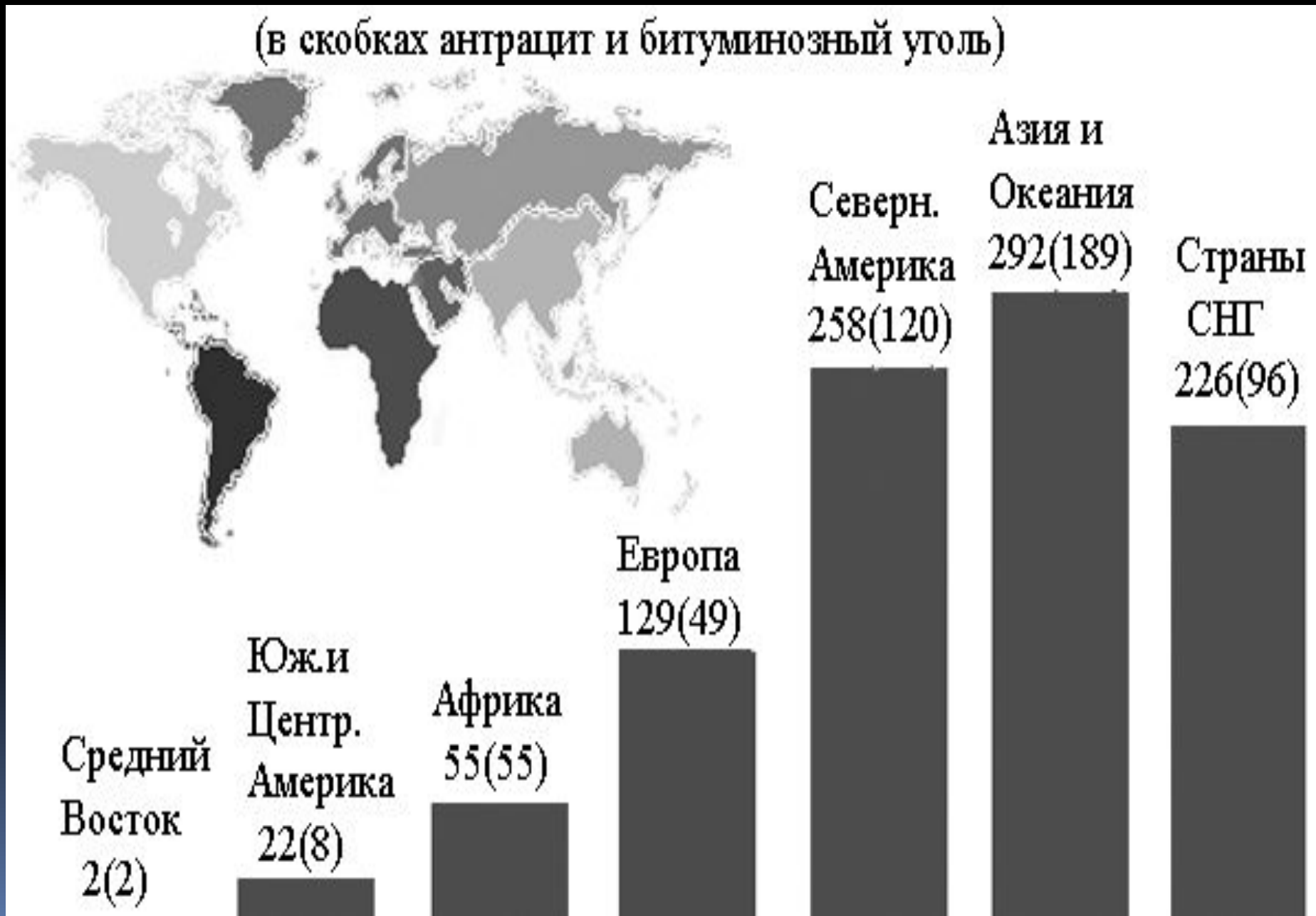
- **Эльгинское месторождение** (Саха). Наиболее перспективный объект для открытой разработки — находится на юго-востоке Республики Саха. Площадь месторождения 246 км2. Месторождение представляет собой пологую брахисинклинальную асимметричную складку. Угленосны отложения верхней юры и нижнего мела. Основные угольные пласты приурочены к отложениям нерюнгринской (6 пластов мощностью 0,7-17 м) и ундыктанской (18 пластов мощностью также 0,7-17 м) свит. Угли в основном полублестящие линзовидно-полосчатые с очень высоким содержанием наиболее ценного компонента — витринита (78-98 %). По степени метаморфизма угли относятся к III (жирной) стадии. Марка угля Ж, группа 2Ж. Угли средне- и высокозольные (15—24 %), малосернистые (0,2 %), малофосфористые (0,01 %), хорошо спекающиеся (Y = 28—37 мм), с высокой теплотой сгорания (28 МДж/кг). Месторождение представлено мощными (до 17 метров) пологими пластами с перекрывающими отложениями небольшой мощности (коэффициент вскрыши — около 3 куб м на тонну рядового угля), что очень выгодно для организации добычи открытым способом.

- **Элегестское месторождение** (Тува) обладает запасами около 1 млрд т коксующегося угля дефицитной марки «Ж» (общий объем запасов оценивается в 20 млрд т). 80 % запасов находится в одном пласте толщиной 6,4 м (лучшие шахты Кузбасса работают в пластах толщиной 2-3 м, в Воркуте уголь добывают из пластов тоньше 1 м). После выхода на проектную мощность к 2012 году на Элегесте ожидается -добыча 12 млн т угля ежегодно. Лицензия на разработку элегестских углей принадлежит Енисейской промышленной компании, которая входит в структуру «Объединенной промышленной корпорации» (ОПК). Правительственная комиссия по инвестиционным проектам РФ 22 марта 2007 года одобрила реализацию проектов по строительству железнодорожной линии «Кызыл-Курагино» в увязке с освоением минерально-сырьевой базы Республики Тува.

Угольные бассейны на территории России

Основные месторождения

Доказанные запасы угля



ВАЖНЕЙШИЕ ПРОДУКТЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЯ

- Из угля при химической переработке получают до **300** наименований разнообразных продуктов.
- Получают высокоуглеродистые углеграфитовые материалы, горный воск, пластические массы, синтетическое, жидкое и газообразное высоко-калорийное топливо.

А так же ароматические продукты путём гидрогенизации и высоко азотистые кислоты для удобрений.

Кокс и побочные продукты каменного угля

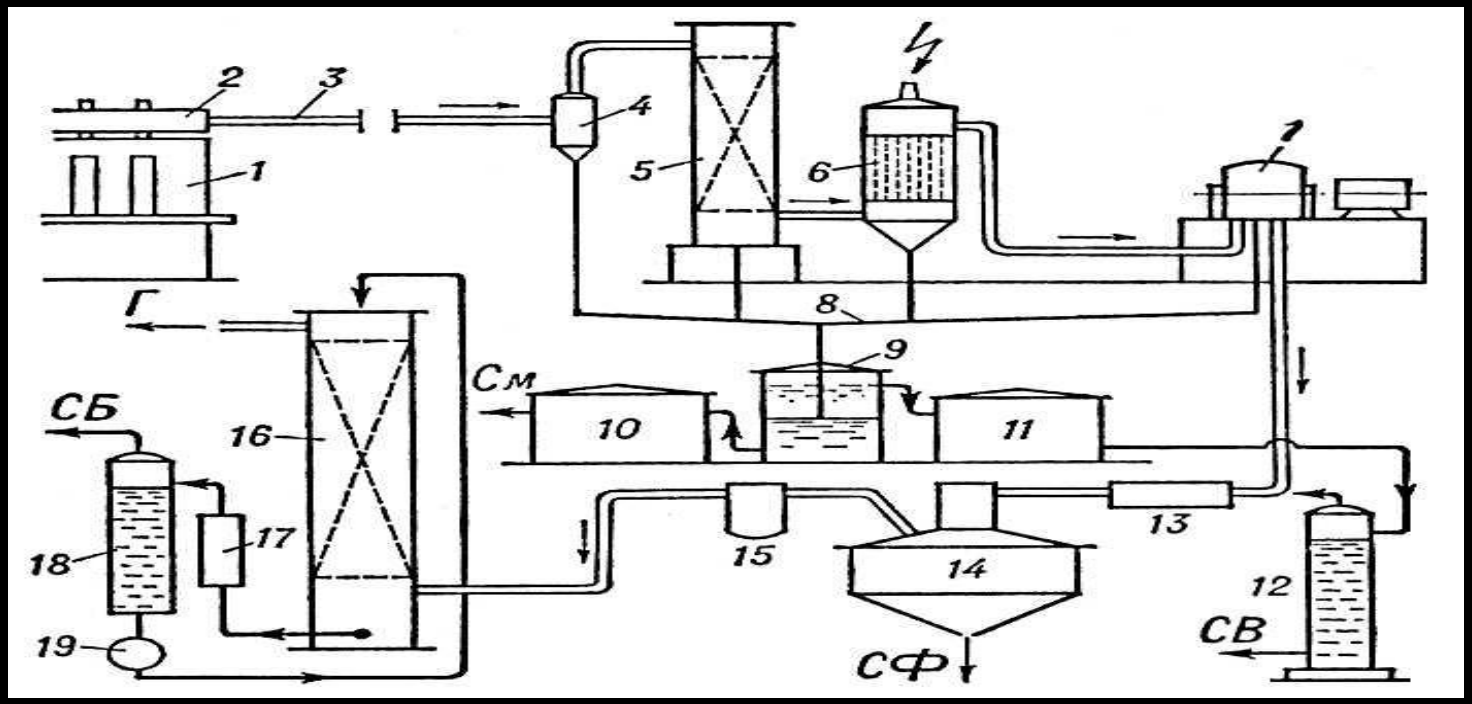
Батарея коксовых печей со стороны коксовыталкивателя

кокс сухой	78,0
смола.	3,5
бензол	1,0
аммиак	0,3
коксовый газ	16,0
сухой пирогенетическая влага	1,2
Итого	100,0

Кокс - серое, чуть серебристое, пористое и очень твердое вещество, более чем на 96% состоящее из углерода и получаемое при нагревании каменного угля или нефтяных пеков без доступа воздуха при 950-1050°С.

Процесс получения- кокса в результате переработки природных топлив называется **коксованием**.

Схема улавливания продуктов коксования:



1 — коксовая батарея; 2 — газосборник; 3 — газопровод; 4 — отделитель конденсата; 5 — газовый холодильник; 6 — электрофильтр (для отделения смолы); 7 — газодувка; 8 — трубопровод для отвода конденсата; 9 — отстойник; 10 — хранилище смолы; 11 — хранилище аммиачной воды; 12 — аммиачная колонна; 13 — подогреватель газа; 14 — сатуратор; 15 — каплеотбойник; 16 — бензольный скруббер; 17 — подогреватель насыщенного масла; 18 — бензольная колонна; 19 — холодильник для масла; СБ — сырой бензол; Г- обратный газ; См -смола; СФ — сульфат; СВ — сточные воды.

Применение кокса

1

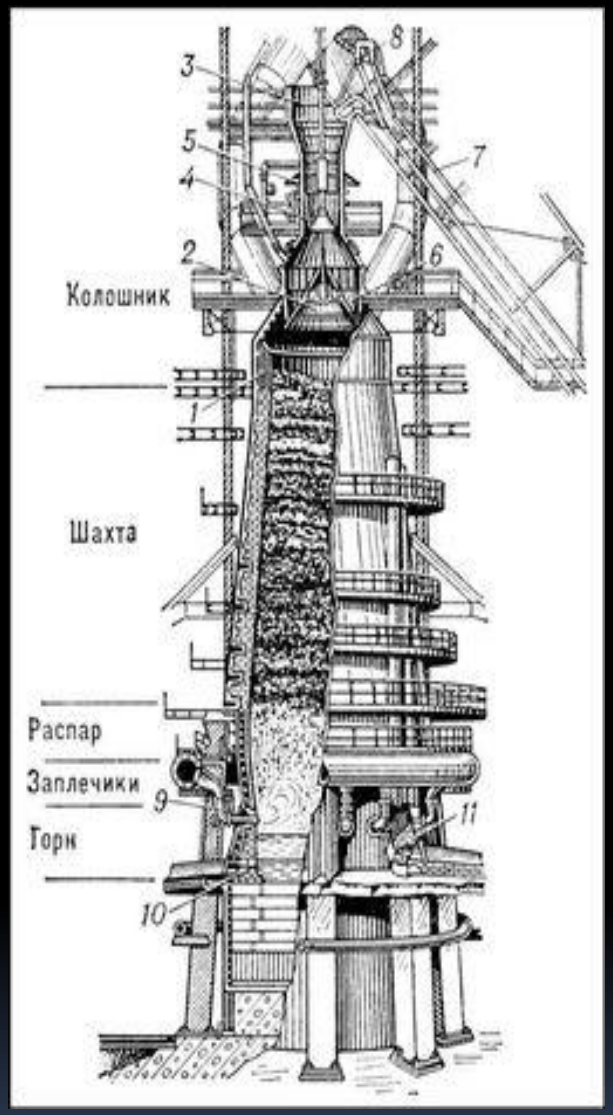
2

3

4

5

6



Доменная печь

В доменной печи кокс сгорает и образуется оксид углерода (IV):

$$C + O_2 = CO_2 + Q,$$

который взаимодействует с раскаленным коксом с образованием оксида углерода (II):

$$C + CO_2 = 2CO - Q$$

Оксид углерода (II) и является восстановителем железа, сначала из оксида железа (III) образуется оксид железа (II, III), затем оксид железа (II) и, наконец, железо:

$$3Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2 + Q$$

$$Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2 - Q$$

$$FeO + CO = Fe + CO_2 + Q$$

Кроме кокса при сухой перегонке каменного угля образуются также летучие продукты, при охлаждении которых до 25-75 С образуется каменноугольная смола, аммиачная вода и газообразные продукты.

Каменноугольная смола подвергается фракционной перегонке, в результате чего получают несколько фракций:

- легкое масло (температура кипения до 170 С) в нем содержится ароматические углеводороды (бензол, толуол, кислоты и др. вещества);

- среднее масло (температура кипения 170-230 С). Это фенолы, нафталин;

- тяжелое масло (температура кипения 230-270 С). Это нафталин и его гомологи

- антраценовое масло – антрацен, фенатрен и др.

В состав газообразных продуктов *(коксового газа)* входят:

- Бензол;
- Толуол;
- Ксиолы;
- Фенол;
- Аммиак и др. вещ.

Из коксового газа после очистки от аммиака, сероводорода и цианистых соединений извлекают сырой бензол, из которого выделяют отдельные углеводороды и ряд других ценных веществ.

Продукты, получаемые при обработке коксового газа

Из коксового газа углеводороды извлекают промывкой в скрубберах *жидкими поглотительными маслами*. После отгонки от масла, разгонки из фракции, очистки и повторной ректификации получают чистые товарные продукты, как-то: бензол, толуол, ксилолы и др.

Из непредельных соединений, содержащихся в сыром бензоле, получают кумароновые смолы, использующиеся для производства лаков, красок, линолеума и в резиновой промышленности.

Перспективным сырьем является также циклопентадиен, который также получают из каменного угля. Каменный уголь – сырье для получения *нафталина и других индивидуальных ароматических углеводородов*.

Важнейшими продуктами переработки являются пиридиновые основания и фенолы.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Уже начиная с добычи угля происходит деформация биосферы

Основная проблема при использовании каменного угля – огромное количество выбросов, в частности парниковых газов. Выбрасывается около 44% от всех выбросов CO_2. В течение года выброс происходит неравномерно.

- По уровню производственного травматизма угольная промышленность занимает в производственной сфере печальное лидирующее положение

- Для угольной отрасли характерен низкий уровень санитарно-гигиенической безопасности условий труда.

- Серьезные экологические проблемы возникают в районах размещения золошлаковых отходов угольных ТЭС и при хранении.

ПЕРЕРАБОТКА КАМЕННОГО УГЛЯ

КОКСОВАНИЕ

ПОЛУКОКСОВАНИЕ

ГИДРОГЕНИЗАЦИЯ

ГАЗОФИКАЦИЯ

КОКСОВАНИЕ

Коксование — процесс переработки жидкого и твёрдого топлива нагреванием без доступа воздуха. При разложении *топлива* образуются твёрдый продукт — *кокс* и летучие продукты.

Кокс - серое, чуть серебристое, пористое и очень твердое вещество, более чем на 96% состоящее из углерода и получаемое при нагревании каменного угля или нефтяных пеков без доступа воздуха при 950-1050°С.

Этот широко распространённый *технологический процесс состоит из 3 стадий*:

1) подготовка к коксованию;
2) собственно коксование;
3) улавливание и переработка летучих продуктов.

Стадии коксования

- ***Подготовка*** включает обогащение, измельчение до зёрен размером около 3 мм, смешение нескольких сортов угля, сушка полученной «шихты».
- Для ***коксования*** шихту загружают в коксовую печь. Каналы боковых простенков печей обогреваются продуктами сгорания газов. Продолжительность нагрева составляет 14-16 часов. Температура процесса — 900—1050 °С. Полученный ***кокс*** (75-78 % от массы исходного угля) в виде «коксового пирога» (спёкшейся в пласт массы) — выталкивается «коксовыталкивателями» в железнодорожные вагоны, в которых охлаждается («тушится») водой или инертным газом (азотом).
- Парогазовая смесь выделяющихся летучи продуктов (до 25 % от массы угля) отводится через газосборник для ***улавливания*** и ***переработки***. Для разделения летучие продукты охлаждают впрыскиванием распыленной воды (от 700 °С до 80 °С) — при этом из паровой фазы выделяется большая часть смол, дальнейшее охлаждение парогазовой смеси проводят в кожухотрубчатых холодильниках (до 25-35 °С). Конденсаты объединяют и отстаиванием выделяют ***надсмольную воду*** и ***каменноугольную смолу***. Затем сырой коксовый газ последовательно очищают от NH_3 и H_2S, промывают поглотительным маслом , серной кислотой.

Схема коксовой батареи

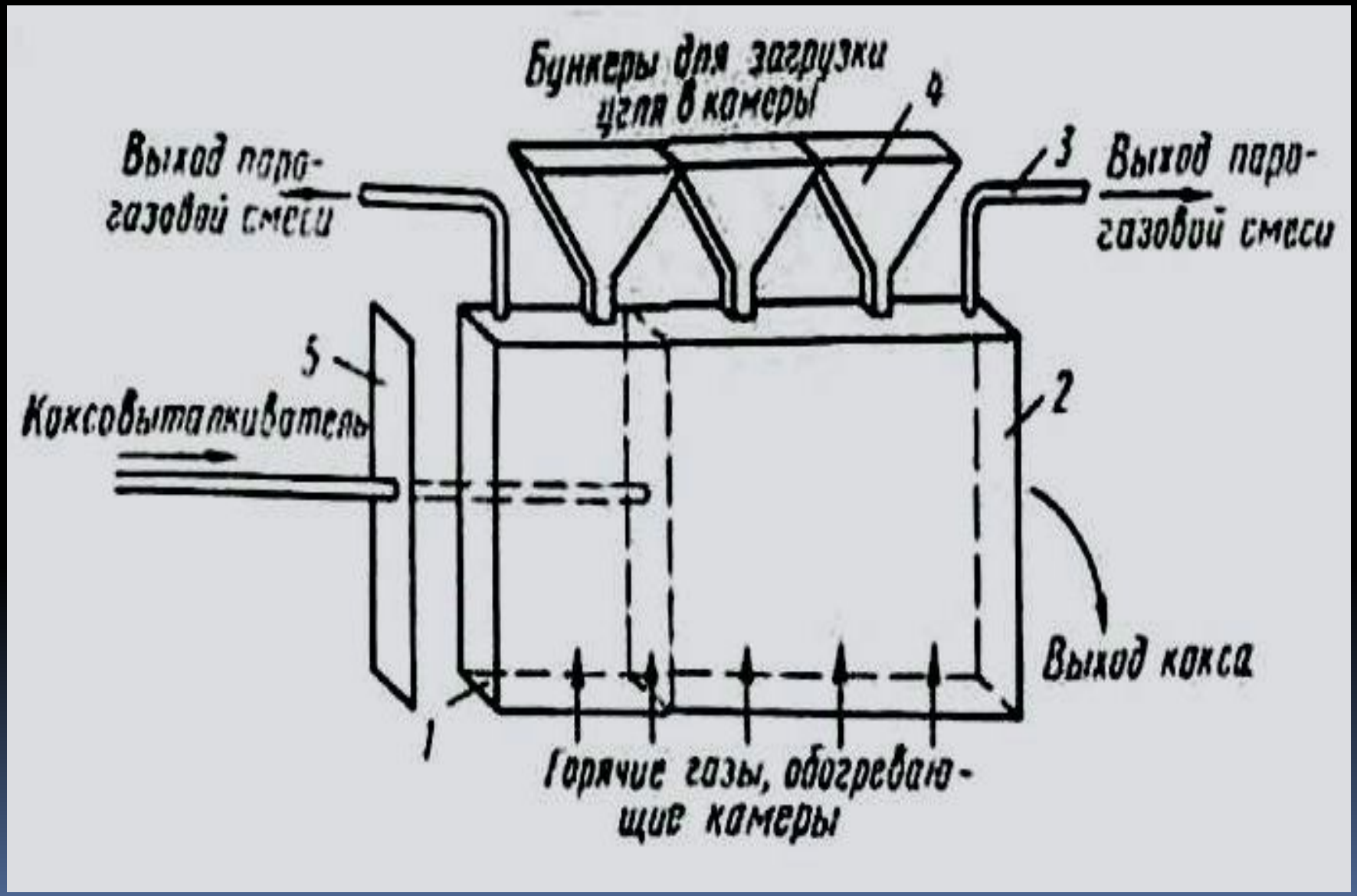


Схема коксования:

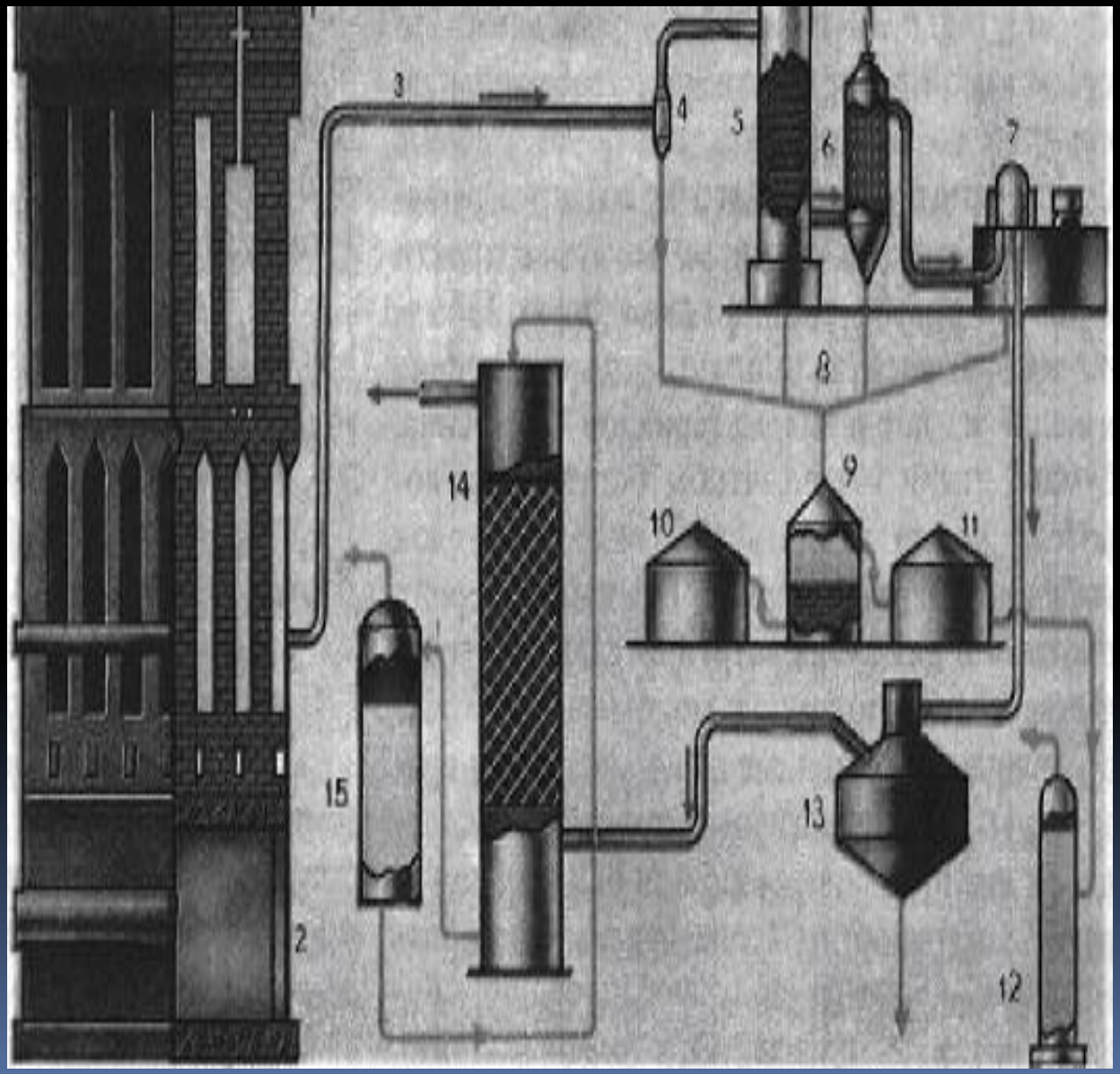


Схема коксования:

1 – коксовая батарея;
2 – сборный канал продуктов горения;
3 – газопровод;
4 – отделитель конденсата;
5 – газовый холодильник;
6 – электрофильтр;
7 – газодувка;
8 – трубопровод для отвода конденсата;
9 – отстойник;
10 – хранилище смолы;
11 – хранилище аммиачной воды;
12 – аммиачная колонна;
13 – сатуратор;
14 – бензольный скруббер;
15 – бензольная колонка.

Способы очистки коксового газа от H_2S

Сухой

Сухая очистка коксового газа от сероводорода основана на применении твердых поглотителей – гидроксида железа (III) $Fe(OH)_3$ (болотной руды) и активированного угля.

Этот метод обеспечивает глубокую (тонкую) очистку и служит вспомогательным при мокрой очистке. Он может использоваться для доочистки газа, который передается на дальнее

Мокрый

1. Методы, основанные на получении концентрированного газообразного H_2S с последующим окислением его в серу или серную кислоту:

$$H_2S + OH^- \Leftrightarrow HS^- + H_2O$$

$$H_2S + 2OH^- \Leftrightarrow S^{-2} + 2H_2O$$

2. Методы основаны на непосредственном окислении H_2S, содержащегося в коксовом газе, в элементарную серу:

$$2H_2S + O_2 = 2S + 2H_2O$$

3. Методы, основанные на одновременном улавливании аммиака и сероводорода.

Образование HCN при коксовании

При коксовании каменных углей образуются цианистые соединения: *дициан (CN)2* и *цианистый водород HCN* или *цианистоводородная кислота* (*синильная кислота*). Содержание дициана в коксовом газе невелико, поэтому содержащиеся цианистые соединения в газе относят главным образом к цианистому водороду. В цианистый водород переходит до 2% азота, содержащегося в угле.

Цианистый водород – *продукт вторичных реакций, протекающих между аммиаком*, углеродом и углеводородами. Одной из таких реакций является взаимодействие аммиака с углеродом кокса:

$$NH_3 + C \longrightarrow + H_2.$$

С повышением температуры коксования, снижением влажности шихты и увеличением высоты коксовой камеры выход цианистого водорода повышается.

Очистка коксового газа от HCN

Сухой

Сухая очистка газа от цианистого водорода болотной рудой – наиболее простой метод и осуществляется попутно с поглощением сероводорода. Степень извлечения цианистого водорода болотной рудой достаточно высока (85–95%). В результате некоторых реакций цианистый водород оказывается связанным в болотной руде в виде Fe(CN)2 и главным образом в виде Fe7(CN)18, однако эти соединения не выделяются из поглотительной массы и полностью теряются.

Мокрый

1. *Полисульфидная очистка (полусильфидом натрия) с получением двухводной соли роданистого натрия*. Степень очистки - 95%:

$$HCN + Na_2CO_3 = NaCN + NaHCO_3$$

$$NaCN + Na_2Sn = NaCNS + Na_2Sn\text{-}1;$$

2. *Полисульфидная очистка с получением роданистого аммония (поглотитель полисульфид* аммония). Степень очистки 80–85%:

$$(NH_4)_2Sn + NH_3 + HCN = NH_4CNS + (NH_4)_2Sn\text{-}1$$

$$(NH_4)_2Sn\text{-}1 + S = (NH_4)_2Sn.$$

Мышьяково - содовая серoочистка

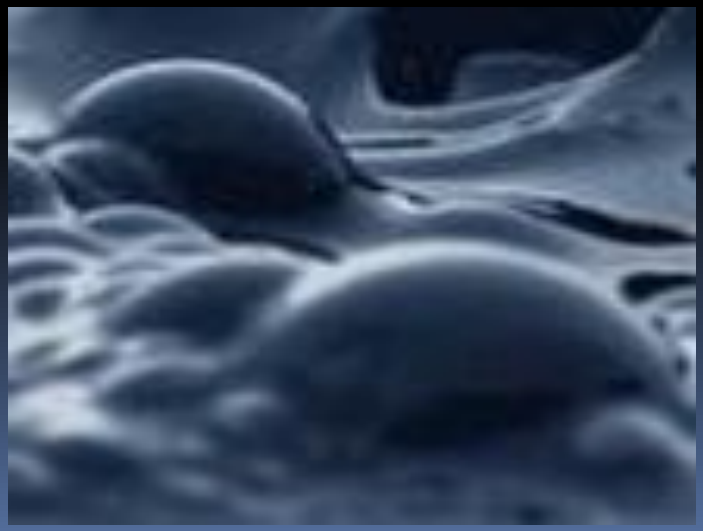
Цех мышьяково-содовой сероочистки состоит из следующих отделений:

1. Улавливания сероводорода и регенерации поглотительного раствора;
2. Плавки и кристаллизации серы;
3. Приготовления содового и мышьякового раствора;
4. Нейтрализации отработанного раствора.

Вакуум - карбонатная сероочистка

Цех очистки коксового газа от сероводорода вакуум-карбонатным методом включает:

1. Отделение улавливания и регенерации насыщенного поглотительного раствора
2. Отделение получения серной кислоты методом мокрого катализа.

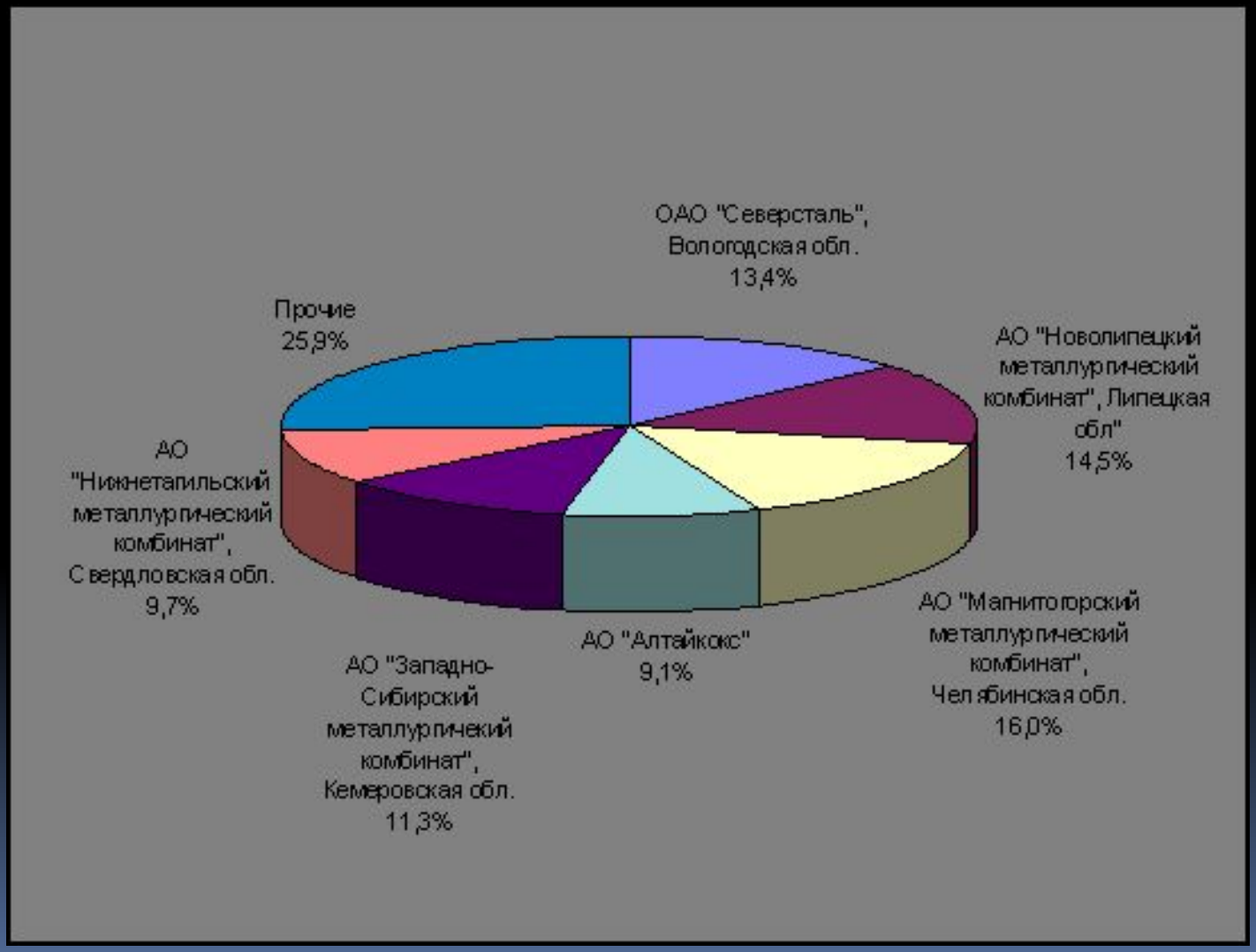


Для улавливания сероводорода из коксового газа используются водные растворы соды (Na_2CO_3) или поташа (K_2CO_3).

Из 1 т шихты с влажностью 6% в процессе коксования получают в среднем следующие продукты:

Продукты	кг	%
Кокс	730	73
Коксовый газ	140	14
Каменноугольная смола	30	3
Бензольные углеводороды (сырой бензол)	10	1
Аммиак	3	0,3
Надсмольная вода	80	8
Потери	7	0,7

Региональная структура производства кокса



ПОЛУКОКСОВАНИЕ

Процесс переработки твердых горючих ископаемых нагреванием без доступа воздуха при 500-600°С (при температуре, примерно вдвое более низкой, чем температура коксования) с целью получения гл. обр. твердого остатка (полукокса), а также летучих продуктов. Сырье - обычно бурые угли и горючие сланцы, реже - каменные угли и торф.

Методы полукоксования

Осуществляются в специальных печах и определяются способом передачи теплоты топливу:

- через стенку печи от горячих дымовых газов, движущихся по каналам, обогревающих систему (П. с внешним обогревом);
- путем непосредственного соприкосновения газообразного или твердого теплоносителя со слоем топлива (П. с внутр. обогревом).

ГИДРОГЕНИЗАЦИЯ

Процесс превращения высокомолекулярных веществ органической массы угля (ОМУ) под давлением водорода в жидкие и газообразные продукты при 400-500 °С в присутствии различных веществ - орг. растворителей, катализаторов и т. д.

Научные основы этого процесса были разработаны в начале 20 в. В. Н. Ипатьевым, Н. Д. Зелинским, Ф. Бергиусом, Ф. Фишером и др.

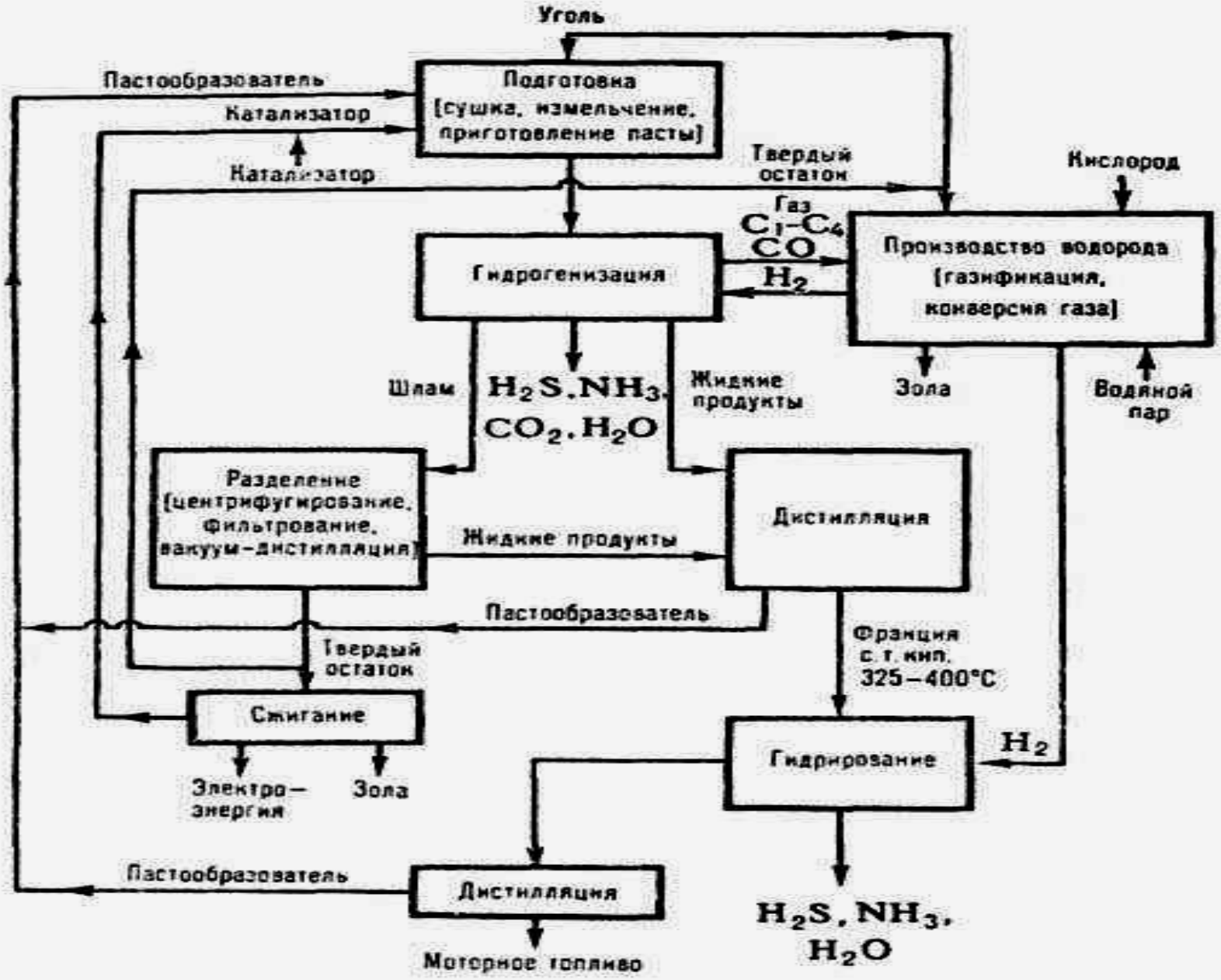
Прямая **гидрогенизация** угля является перспективным методом получения углеводородов. В настоящее время известно несколько освоенных промышленностью способов:

- *Процесс Бергиуса — некаталитическая прямая гидрогенизация;*
- *Процесс Шрёдера — гидрогенизация угля в смеси с 1 % масс. молибденового катализатора, в состав реакционной смеси входят: смесь жидких углеводородов — «нафта», ограниченные количества углеводородных газов C_3-C_4, лёгкого жидкого топлива C_5-C_{10}, NH_3, значительные количества CO_2.*

Стадии гидрогенизации угля

1. ***Подготовка угля;***
2. ***Сушка (влага ~ 1,5%);***
3. ***Нанесение катализатора (из растворов солей в количестве 1-5% от массы угля);***
4. ***Углемасляную пасту в смеси с циркулирующим водородсодержащим газом нагревают в системе теплообмена и трубчатой печи и затем направляют на гидрогенизацию в реактор;***
5. ***Гидрогенизацию осуществляют в трех или четырех последовательно расположенных цилиндрических пустотелых реакторах;***
6. ***Продукты реакции разделяют в сепараторе на парогазовую смесь и тяжелый остаток – шлам.***

Схема гидрогенизации угля



Продукты гидрогенизации

<u>Из первого потока выделяют:</u>

- жидкие продукты (масло, воду);
- газ (к-рый после отделения предельных углеводородов (C_1-C_4), NH_3, H_2S, CO_2 и CO, H_2O обогащают 95-97%-ным H_2 и возвращают в процесс).

<u>Шлам разделяют на:</u>

- жидкие продукты (после отделения воды подвергают дистилляции на фракцию с т. кип. до 325-400 °С и остаток, который возвращают в процесс для приготовления пасты) ;
- твердый остаток.

ГАЗОФИКАЦИЯ

Процесс превращения твердых топлив **(углей, торфа, сланцев)** ***в горючий газ, состоящий гл. обр. из CO и H_2, при высокой т-ре в присутствии окислителя*** ***(газифицирующего агента). Проводится в газогенераторах (поэтому <u>получаемые газы называются генераторными</u>).***

Газификацию твердых топлив можно рассматривать как неполное окисление углерода.

Основные реакции

Наиболее часто окислителями служат O_2 (реакция 1), CO_2 (2) и водяной пар (3):

$C + 0{,}5O_2 \rightarrow CO$	$\Delta H - 109{,}4$ кДж/моль	(1)
$C + CO_2 \rightarrow 2CO$	$\Delta H + 172{,}5$ кДж/моль	(2)
$C + H_2O \rightarrow CO + H_2$	$\Delta H + 131{,}4$ кДж/моль	(3)

Наряду с основными реакциями осуществляются следующие:

$C + O_2 \rightarrow CO_2$	$\Delta H - 284{,}3$ кДж/моль	(4)
$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$	$\Delta H - 41{,}1$ кДж/моль	(5)
$C + 2H_2 \rightarrow CH_4$	$\Delta H + 74{,}8$ кДж/моль	(6)
$CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$	$\Delta H - 206{,}2$ кДж/моль	(7)
$CO + H_2 \rightarrow 0{,}5CH_4 + 1/2CO_2$	$\Delta H - 123{,}8$ кДж/моль	(8)

Д. И. Менделеев :

"... настанет, вероятно, со временем даже такая эпоха, что угля из земли вынимать не будут, а там в земле его сумеют превращать в горючие газы..." (1888)

Позднее в 1912 году эту же идею высказал У. Рамзай. В. И. Ленин в статье "Одна из великих побед техники" высоко оценил идею ***Подземной газификации углей*** и ее преимущества перед шахтным методом добычи угля. СССР принадлежит приоритет в разработке (с 1930) и внедрении технических решений П. г. у.

Подземная газификация угля

Осуществляется под действием высокой температуры (1000-2000 °С) и подаваемого под давлением дутья - различных окислителей (как правило, воздуха, O_2 и водяного пара, реже- CO_2).

Для подвода дутья и отвода газа газификацию проводят в скважинах, расположенных в определенном порядке и образующих так называемый подземный генератор.

В нем идут те же хим. реакции, что и в обычных газогенераторах.

Газ, производимый путем П. г. у., применяют для энергетических нужд (в осн. как котельное топливо). Себестоимость газа (в пересчете на условное топливо) ниже себестоимости угля, добываемого шахтным способом, и выше себестоимости угля открытой добычи

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА, ПОЛУЧЕННОГО ГАЗИФИКАЦИЕЙ УГЛЯ НА ВОЗДУШНОМ ДУТЬЕ

Станция	Состав сухого газа, % по объему								Теплота сгорания (низшая), МДж/м³
	CO_2	CO	H_2	O_2	CH_4	C_nH_m	N_2	H_2S	
Подмосковная и Шатская (Подмосковный бассейн)	17–18	5–7	15–17	0,3–0,5	1,0–1,5	0,2	56–59	1,0–2,0	3,0–3,3
Ангренская (Узбекистан)	19,5	5,4	17	0,4	2,0	0,3	55	0,4	3,5
Южно-Абинская (Кузбасс)	8,0–14,5	10–20	10–15	0,2	1,6–3,9	0,1–0,5	53–63	0,01–0,02	2,85–4,85

Источники информации:

- http://www.chem.asu.ru/org/cpk/spk06.pdf;
- http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F;
- http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1029.html;
- Калея и ц И. В., Химия гидрогенпзационных процессов в переработке топлив, М., 1973; Кричко А. А., Лебедев В. В, Фарберов И. Л., Нетопливное использование углей, М, 1978. А. А. Кричко.;
- http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1029.html;
- http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3625.html;
- Федосеев С. Д., Чернышев А. Б., Полукоксование и газификация твердого топлива, М., 1960; Кузнецов Д. Т , Эпергохимическое использование горючих сланцев, М., 1978; Наумов Л. С , Соболев Л Д , На орбите кокса, М., 1984, с. 16-17; ГлущенкоИМ, Химическая технология горючих ископаемых, К., 1985;
- Лавров Н. В., Шурыгин А. П., Введение в теорию горения и газификации топлива, М., 1962; Альтшулер В. С, К ли ри ко в Г. В., Медведев В. А., Термодинамика процессов получения газов заданного состава из горючих ископаемых, М., 1969; Эпик И., "Известия АН ЭССР. Сер. Геология", 1982, т. 31, № 2, с. 42-55; его же, "Известия АН ЭССР. Сер. Химия", 1983, т. 32, № 2, с. 81-97; Химические вещества из угля, пер. с нем., под ред. И. В. Калечица, М., 1980. Э.Э. Шпильрайн.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

!!!