



ЛЕКЦИЯ 5. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Лектор: В. Н. Гавриленко

1. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ЕЕ ПРОДУКЦИЯ



1.1. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

- производства, в которых получение и переработка сырья производится химическими методами;**
- химическая технология - наука о наиболее экономичных методах химической переработки природных материалов в продукты потребления и средства производства;**
- химическое машиностроение создает базу для технологического прогресса в ХП.**



1.2. ХИМИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВА В РБ

- минеральные удобрения, кислоты, лаки, краски (*Солигорск, Гродно, Лида, Гомель, Могилев, Минск*);
- химия химических волокон, нитей, резинотехнических изделий (*Гродно, Новополоцк, Могилев, Светлогорск, Новополоцк, Бобруйск, Кричев, Копыль, Гомель, Мозырь*);
- стиральные моющие средства (*Брест, Осиповичи*);
- переработка нефти, газа (*Мозырь, Новополоцк*).



1.3. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ

- **1. Неорганические вещества** (аммиак; неорганические кислоты, содовые продукты, щелочи, минеральные удобрения и ядохимикаты, силикаты);
- **2. Органические вещества** (продукция переработки твердых, и жидких и газообразных топлив);
- **3. Продукты органического синтеза** (пластмассы, химические волокна, каучук и резина, лакокрасочные материалы);
- **4. Химические реактивы и особо чистые вещества;**
- **5. Медикаменты и химико-фармацевтическая продукция.**



1.4. ОСОБЕННОСТИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

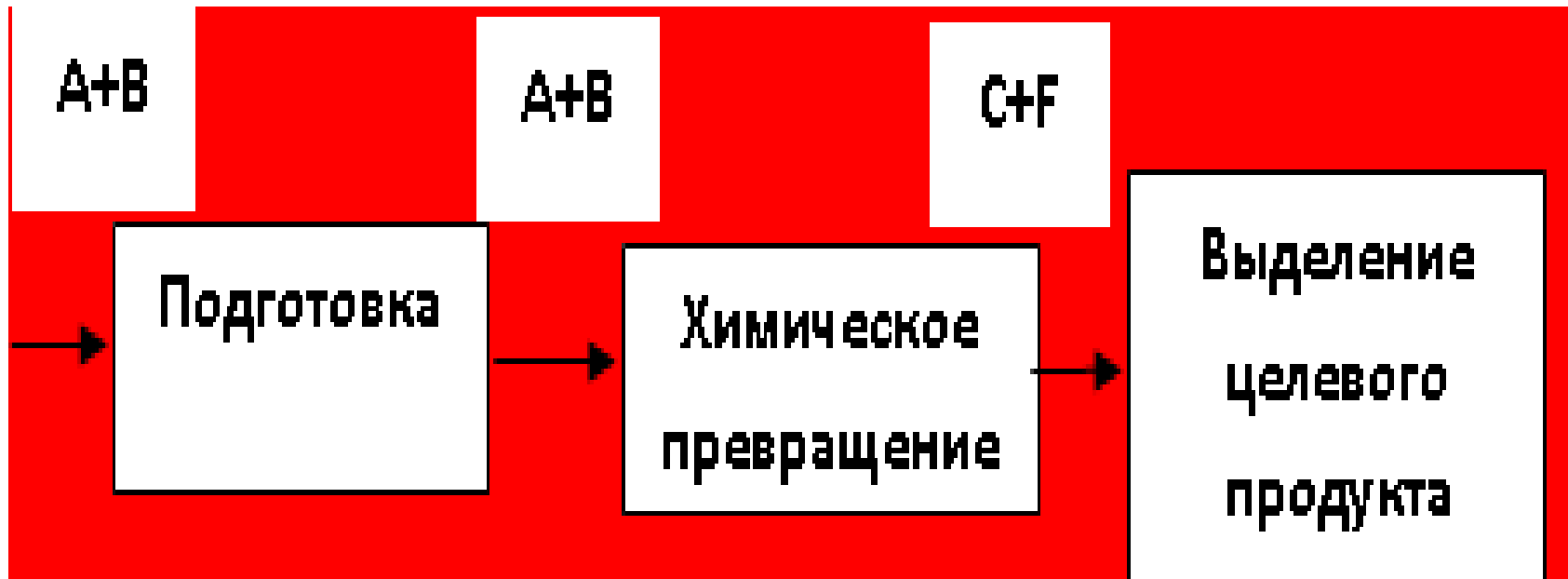
- основу ХТП составляют химические процессы, но наряду с ними обязательно происходят и физические процессы.
- ХТП рассматривается как разновидность производственного технологического процесса, включающего стадию химического превращения веществ.

Любой ХТП состоит из трех основных стадий:

- *подготовка сырья;*
- *химические превращения;*
- *выделение целевого продукта*



1.5. БЛОК-СХЕМА ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА



А, В – исходные продукты, С – целевой продукт, F – побочный продукт

1.6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

- различные стадии ХТП протекают в соответствующих аппаратах (*химические реакторы, ректификационные колонны, теплообменники, насосы, фильтры и др.*);
- для проведения ХТП оборудование соединяют в технологическую схему (*описание и/или графическое изображение процессов и соответствующих им аппаратов.*):
 1. от способа организации процесса;
 2. от кратности обработки сырья.
 3. от типа и условий протекания основной химической реакции.



1.7. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХТП

- **1. Производительность ХТП-** количество выработанного продукта или переработанного сырья в единицу времени (измеряется в кг/ч, т/сут., м³/сут.).
- **2. Мощность ХТП-** максимально возможная производительность.
- **3. Расходный коэффициент ХТП-** расход сырья, воды, энергии и различных реагентов, отнесенный к единице целевого продукта (единицы измерения тонна на тонну, кубические метры на тонну, киловатт-часах на тонну и т.п.).



1.8. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХТП

- **4. Степень превращения** - это отношение количества реагента, вступившего в реакцию, к его исходному количеству, введенному в технологический процесс (для необратимой реакции типа $A \rightarrow C$ степень превращения реагента A равна $X_A = (N_{A0} - N_A) / N_{A0}$).
- **5. Конверсия сырья** - степень превращения исходных веществ за один проход через реактор, выраженная в процентах.



1.9. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- 1. Увеличение масштабов аппаратов, повышение мощности.**
- 2. Интенсификация работы аппаратов, улучшения режимов работы аппаратов, беспечивает увеличение производительности труда.**
- 3. Механизация трудоемких процессов, рост производительности труда.**
- 4. Автоматизация и дистанционное управление процессами, увеличивает производительность труда и улучшает качество продукции и условия труда.**



1.10. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

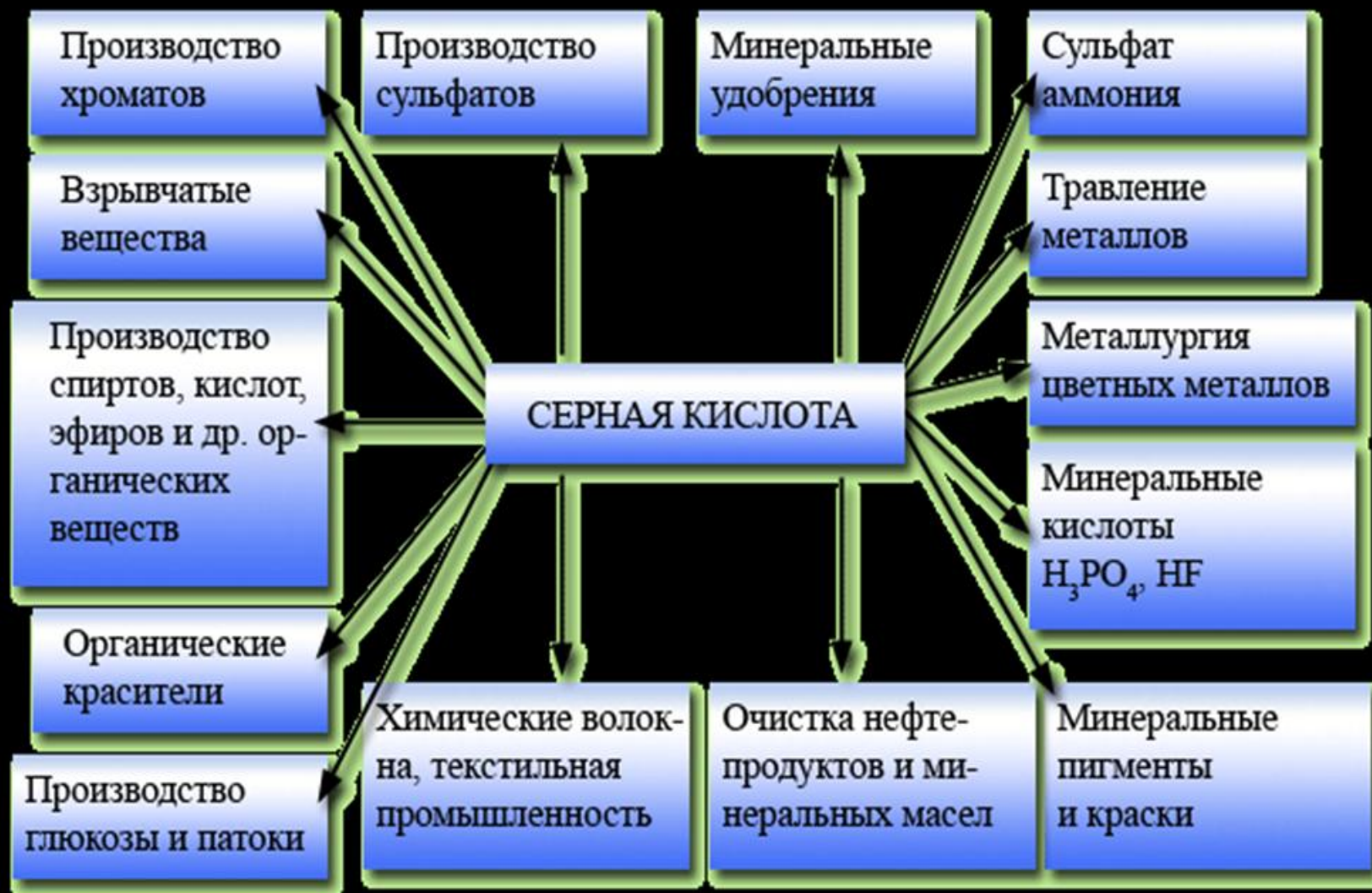
- 5. Замена периодических процессов непрерывными или комбинированными, повышение мощности установок.
- 6. Использование теплоты реакции, создание энергосберегающих ХТП, основанных на рекуперации энергии.
- 7. Создание безотходных производств, приводит к уменьшению затрат на сырье и материалы.
- 8. Применение прогрессивных ХТП (биотехнологии, плазмохимические процессы, фотохимические реакции, радиационно-химические процессы).



2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ



2.1. ПРИМЕНЕНИЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ



2.1. ПРИМЕНЕНИЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- *производство удобрений , получение красителей, пластмасс, химических волокон, при производстве нефтепродуктов (для их очистки) и др.;*
- *выделение металлов из руд;*
- *обработка поверхностей перед нанесением различных покрытий для повышения прочности сцепления(травление);*
- *получение крахмала, спирта, патоки;*
- *отбеливание тканей, дубление кож;*
- *изготовление взрывчатых веществ;*
- *сушка различных газов.*



2.2. СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- **1. Элементарная сера.** Лучшее, но дорогое сырье (48 – 49% производства серной кислоты). Себестоимость серной кислоты в два раза выше, чем при производстве из серного колчедана.
- **2. Серный колчедан FeS_2 (пирит).** Содержание серы в нем составляет от 40 до 50%. Около 30% серной кислоты получают из колчедана.
- **3. Сероводород** – значительное количество выделяется при переработке нефти.
- **4. Отходящие газы цветной металлургии,** образующиеся при переработке сернистых руд, самое дешевое сырье, но концентрация в них сернистого газа мала, поэтому переработка отходящих газов не всегда экономически оправдана.



2.3. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Сущность процесса сводится к окислению сернистого газа SO_2 до серного SO_3 и соединению трехокиси с водой. В обычных условиях сернистый газ кислородом воздуха не окисляется, поэтому процесс окисления реализуют либо:


- *при помощи азота (нитрозный способ);*
- *либо в присутствии твердого катализатора (контактный способ).*



2.4. НИТРОЗНОЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

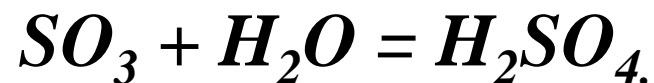
- нитрозный способ производства серной кислоты (башенный метод) является более старым;
- двуокись серы окисляют до SO_3 при помощи нитрозной смеси, состоящей из окиси и двуокиси азота, взятых в соотношении 1:1;
- процесс протекает в несколько стадий .

Недостатки:

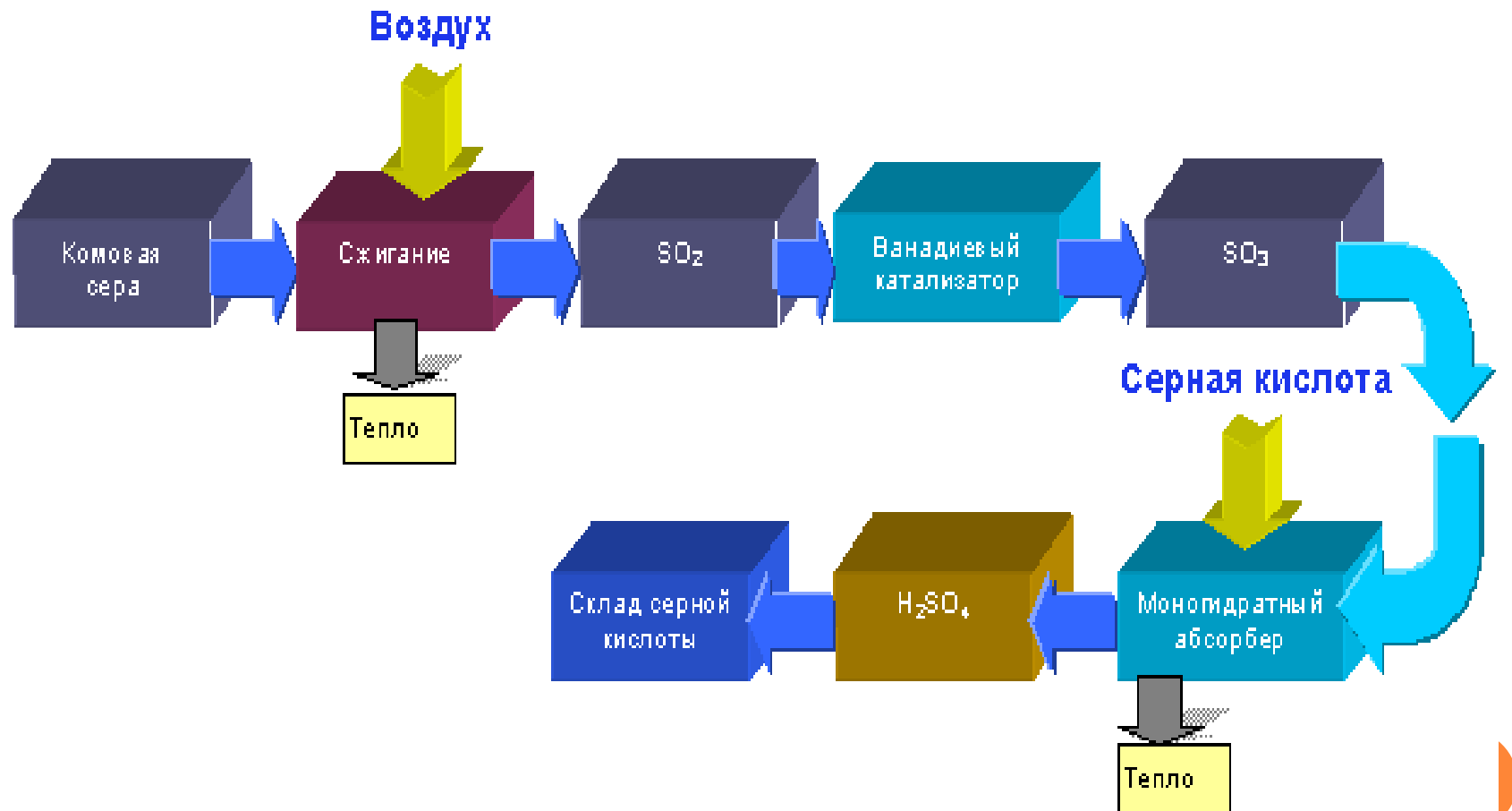
- *трудно поддается автоматизации,*
 - *получаемая кислота имеет концентрацию не более 75 – 77%,*
 - *получаемая кислота загрязнена примесями.*
- 

2.6. ПРОИЗВОДСТВО H_2SO_4 КОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ

- 1 стадия – обжиг колчедана в печах, в результате которого получают диоксид серы;
- 2 стадия- SO_2 очищается в системе промывных башен, электрофильтров и сушильных башен;
- 3 стадия (основная) - сухой, очищенный SO_2 поступает на контактное окисление до SO_3 . В качестве катализатора используются ванадиевые контактные массы V_2O_5 .
- 4 стадия- SO_3 переводят в серную кислоту H_2SO_4 путем абсорбции серного газа в результате реакции



2.6.ХТП ПРОИЗВОДСТВА H_2SO_4 КОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ



2.5. ПРЕИМУЩЕСТВА КОНТАКТНОГО СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- *является основным за счет более высокого уровня технологии, возможностью автоматизации процесса, более низким содержанием SO_3 и SO_2 в выхлопных газах;*
- *в качестве катализатора для окисления сернистого газа применяют твердые катализаторы;*
- *получается серная кислота любой концентрации и высокой степени чистоты.*



2.7. ВИДЫ ПРОДУКЦИИ ТОВАРНОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- *башенная кислота с концентрацией 75%,*
- *контактная кислота с концентрацией 92,5,*
- *олеум - 20% раствор серного ангидрида в серной кислоте.*

Зависимость свойств H_2SO_4 от концентрации учитывают при установлении технологического режима ее переработки, при выборе условий транспортировки и хранения на складах.



3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

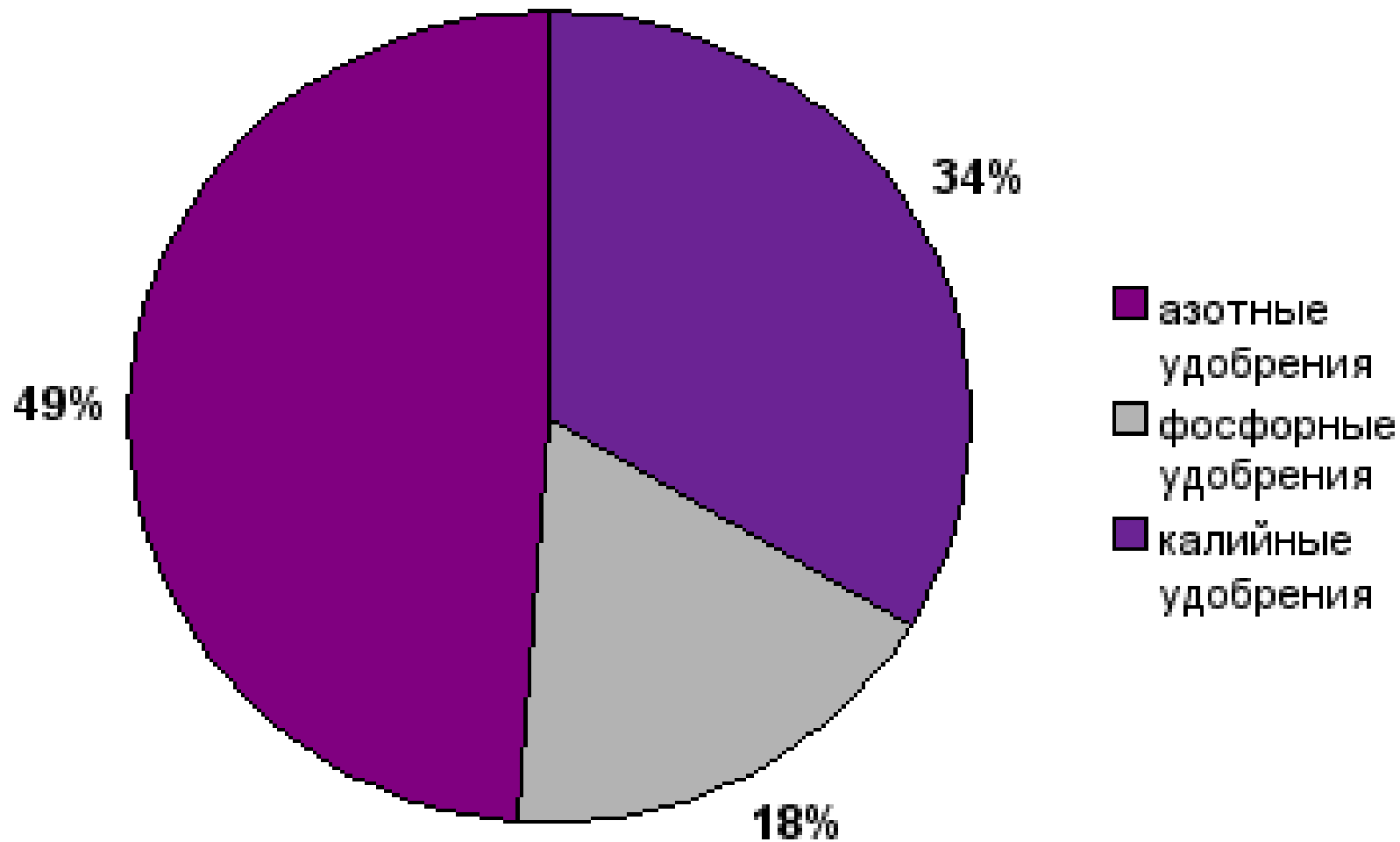


3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПО ПИТАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ

- **Азотные** (*безводный аммиак, мочевинокарбамид, аммиачная селитра – нитрат аммония, сульфат аммония*);
- **Калийные** (*сульфат калия, хлористый калий, сильвинит*);
- **Фосфорные** (*простой и двойной суперфосфат, фосфоритная мука*).



ПРОИЗВОДСТВО УДОБРЕНИЙ В МИРЕ



3.2. КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

По числу питательных элементов :

- *простые, содержащие один питательный элемент;*
- *комплексные, содержащие несколько питательных элементов*
- *минеральные удобрения, которые содержат микроэлементы (йод, бор, марганец, медь).*

По способу производства:

- а) смешанные ,получают механическим смешиванием нескольких простых удобрений.;*
- б) сложные, получают при химическом взаимодействии полуфабрикатов.*



3.3. КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПО АГРОХИМИЧЕСКОМУ ЗНАЧЕНИЮ

- ускоряющие рост растений;
- ускоряющие развитие корневой системы;
- ускоряющие созревание плодов;
- оказывающие комплексное воздействие на растения.



3.4. ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ

1. Сырье- минеральные ископаемые фосфаты (фосфориты и апатиты);

2. Простой суперфосфат получают при смешивании природного фосфата с серной кислотой, нерастворимая фосфорная соль переходит в растворимую, в качестве побочного продукта образуется гипс.

3. Двойной суперфосфат получают при разложении природных фосфатов фосфорной кислотой, содержит действующего вещества – 42–48%.

4. Суперфосфат выпускают в гранулированном виде, т.к. иначе его мелкие частицы быстро растворяются и уносятся в глубинные слои почвы, где нет корневой системы.



3.5. КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ

- **Сырье- природные калийные соли(сильвинит , корвалит) и продукты их переработки;**
- **переработка сильвинита заключается в разделении содержащихся в нем солей галургическим методом (или методом выщелачивания), который основан на различной растворимости солей в горячей и холодной воде;**
- **пустая порода: глина, песок, NaCl направляются в отвалы, а калийные соли после их сушки упаковываются в бумажные мешки и отправляются потребителям.**



3.6. АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

- получают искусственным путем с помощью реакций химического синтеза из аммиака, азотной или серной кислот и др соединений.;
- сульфат аммония получают в результате нейтрализации серной кислоты газообразным аммиаком: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NH}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
- нитрат аммония получают в результате нейтрализации азотной кислоты газообразным аммиаком: $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4 \text{NO}_3$.

Недостатком этих удобрений является их слеживаемость и гигроскопичность, при хранении необходимо избегать больших объемов удобрений и следить за влажностью воздуха, гранулирование удобрений уменьшает их слеживаемость.



3.7. ВНЕСЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВУ

- *предотвращает ее истощение и способствует повышению урожайности.*
- *улучшает качество продукции – повышает содержание сахара в свекле и винограде, крахмала в картофеле, белка в зерне, увеличивает прочность волокон хлопка и льна,*
- *повышает устойчивость растений к болезням, холоду и засухе,*
- *снижает общие затраты труда на выращивание урожая на 35–40%,*
- *снижает себестоимость зерна на 20%*



4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТОПЛИВА



4.1.ВИДЫ ТОПЛИВА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- **Топливо-** твердые, жидкие и газообразные горючие вещества, являющиеся источником тепловой энергии и сырьем для химической промышленности.

В результате химической переработки различных топлив получают:

- *углеводородное сырье для производства пластмасс, химич. волокон, лаков, красителей, растворителей и т.п.;*
- *в качестве сырья используют газы, выделяемые при добыче нефти и ее переработке (метан, этан, пропан, бутан, этилен, пропилен и др.).*



4.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ТОПЛИВА

| Агрегатное состояние топлива | Топливо | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---|
| | естественное | искусственное |
| Твердое | Древесина, торф, уголь, сланцы | Кокс, полукокс, древесный уголь |
| Жидкое | Нефть | Бензин, керосин, мазут, лигроин и др. |
| Газообразное | Природный газ, попутные газы | Коксовый газ, генераторные газы, газы нефтепереработки |

4.3. МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

- **Пиролиз или *сухая перегонка* или коксование (для угля) ;**
- **Газификация;**
- **Гидрирование;**
- ***Термическое растворение* или сжижение**



4.4. ПИРОЛИЗ

- термического разложения **твердого топлива, чаще всего каменного угля, при температуре 1000 С без доступа воздуха;**
- в результате протекают **физические процессы (испарение влаги) и химические процессы – превращение компонентов топлива с получением ряда химических продуктов;**
- процессы и реакции **эндотермические (подвод тепла);**
- цель – **получение металлургического кокса**



4.5. СОСТАВ, СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ

- делятся на *бурые* с содержанием С 55-78%; *каменные* (75-92%) и *антрациты* (92-97% С);
- кроме углерода в состав углей входят Н₂ (1-6%), О₂ (2-20%), N₂ (1-2%) и S(0.5-6%), связанные с ним в различные органические соединения в виде смолистых веществ;
- содержание смолистых веществ оценивается выходом летучих веществ, выделяющихся при нагревании угля без доступа воздуха.




4.6. ПРОДУКТЫ КОКСОВАНИЯ

- Кокс – продукт темно-серого цвета, содержит 97 – 98% углерода:
 - *Доменный кокс (диаметр более 40 мм).*
 - *Литейный кокс (диаметр от 25 мм).*
 - *Коксовый орешек (диаметр 10 - 25 мм) применяется для производства ферросплавов.*
 - *Коксовая мелочь (диаметр менее 40 мм) применяется для агломерации.*
 - *Кокс, не пригодный для технических нужд из-за содержания серы, золы и низких механических свойств, используется в качестве топлива.*



4.6. ПРОДУКТЫ КОКСОВАНИЯ

- ***Обратный коксовый газ*** - для производства водорода и аммиака, применяется для подогрева воздушного дутья в доменных печах и для обогрева сталеплавильных и коксовых печей.
 - ***Сырой бензол*** - в производстве полимеров, красителей, лекарственных препаратов, взрывчатых веществ, ядохимикатов и др.);
 - ***Каменноугольная смола*** - для производства красителей, химических волокон, пластмасс, в фармацевтической промышленности, различных технических масел).
- 

4.7. ГАЗИФИКАЦИЯ И СЖИЖЕНИЕ ТОПЛИВА

- ***Газификация*** - превращения твердого топлива в горючие газы под действием газифицирующих агентов (воздух, кислород, водород, водяной пар).
- ***Термическое растворение (сжижение)*** – воздействие на измельченное топливо (уголь) органических растворителей при t 340–380 °С, давлении 2,0–15 Мпа., раствор (сжиженный уголь) обладает большей реакционной способностью, используется для получения специальных видов кокса, углеродистых материалов, пластмасс и т. д.



4.8. ГИДРИРОВАНИЕ УГЛЯ

- **термическое разложение угля с образованием соединений, более богатых водородом, чем сырьё;**
- **химические реакции протекают под высоким давлением (20–70 МПа) и в присутствии катализаторов;**
- ***цель – получение максимального количества жидких продуктов или природного газа с высокой теплотой сгорания.***



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЛЛЕТ



5. ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ



4.9. ДОБЫЧА И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ НЕФТИ

- **Нефть – – маслянистая темно-коричневая жидкость со специфическим запахом является одним из важнейших полезных ископаемых и топливно-энергетических ресурсов.**
- **По химическому составу нефть является сложной смесью углеводородов , содержит также S, N₂, O₂.**
- **Сырая нефть, содержит попутные газы, воду, водные растворы минеральных солей, механические примеси – песок, глину.**
- ***Другим источником нефти* являются горючие сланцы, их имеющиеся объемы на порядок больше, чем открытые нефтяные запасы.**



4.10. СЛАНЦЕВАЯ НЕФТЬ

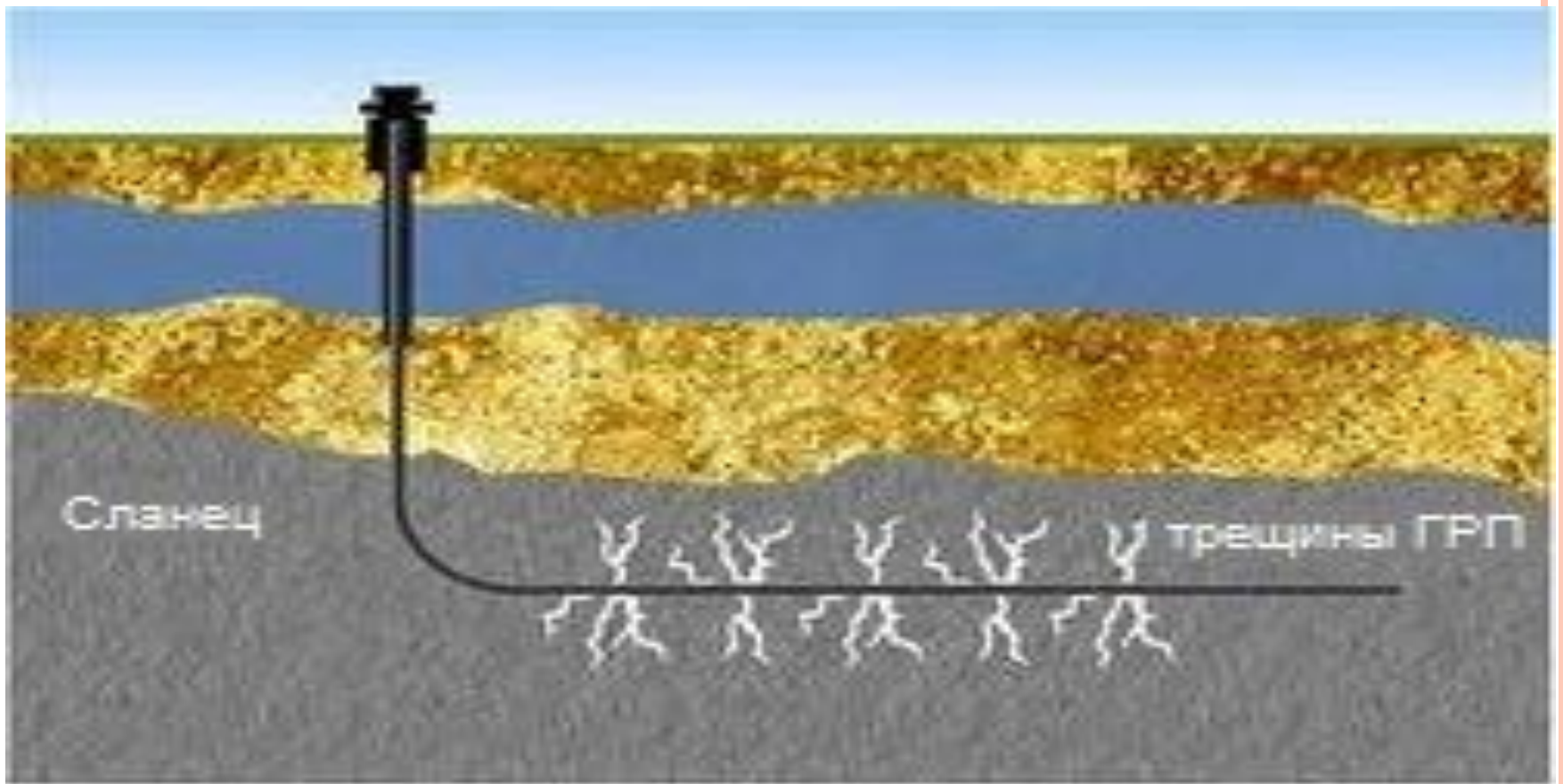
- нефть, которая добывается из сланцевых залежей, которые образовались много лет из растительных и животных остатков и находятся в твердом или в жидком состоянии. или из других пород с очень низкой проницаемостью;

Способы добычи сланцевой нефти:

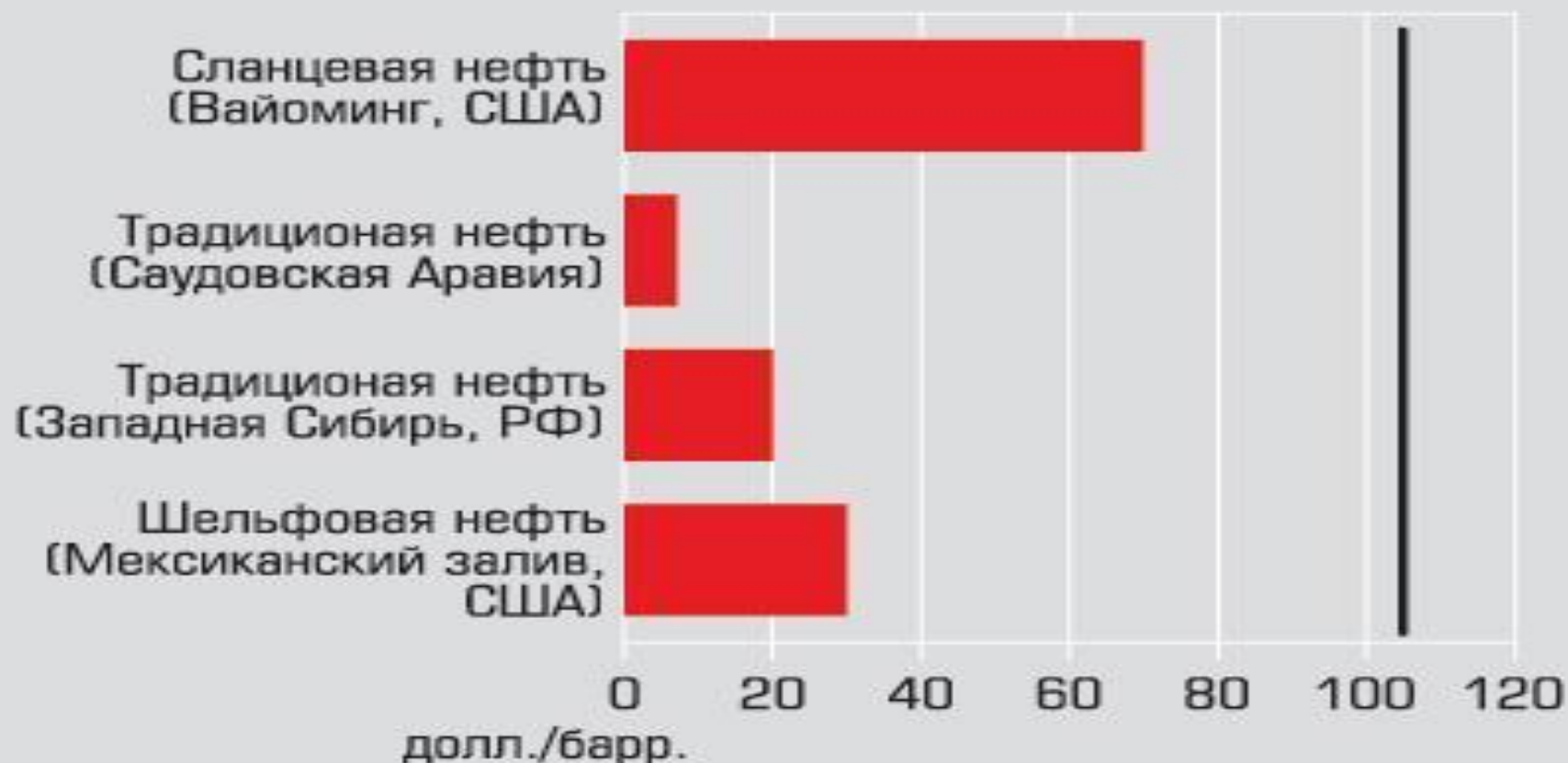
- добыча сланцев шахтным способом с последующей его переработкой на специальных установках- ретортах;
- непосредственно из пласта путем бурения горизонтальных скважин с последующими множественными гидроразрывами данного пласта;
- Как и добыча традиционной нефти, так и сланцевой нефти приносит непоправимый вред экологии окружающей среды.



4.10. ДОБЫЧА СЛАНЦЕВОЙ НЕФТИ



Себестоимость добычи сланцевой нефти вполне приемлема...



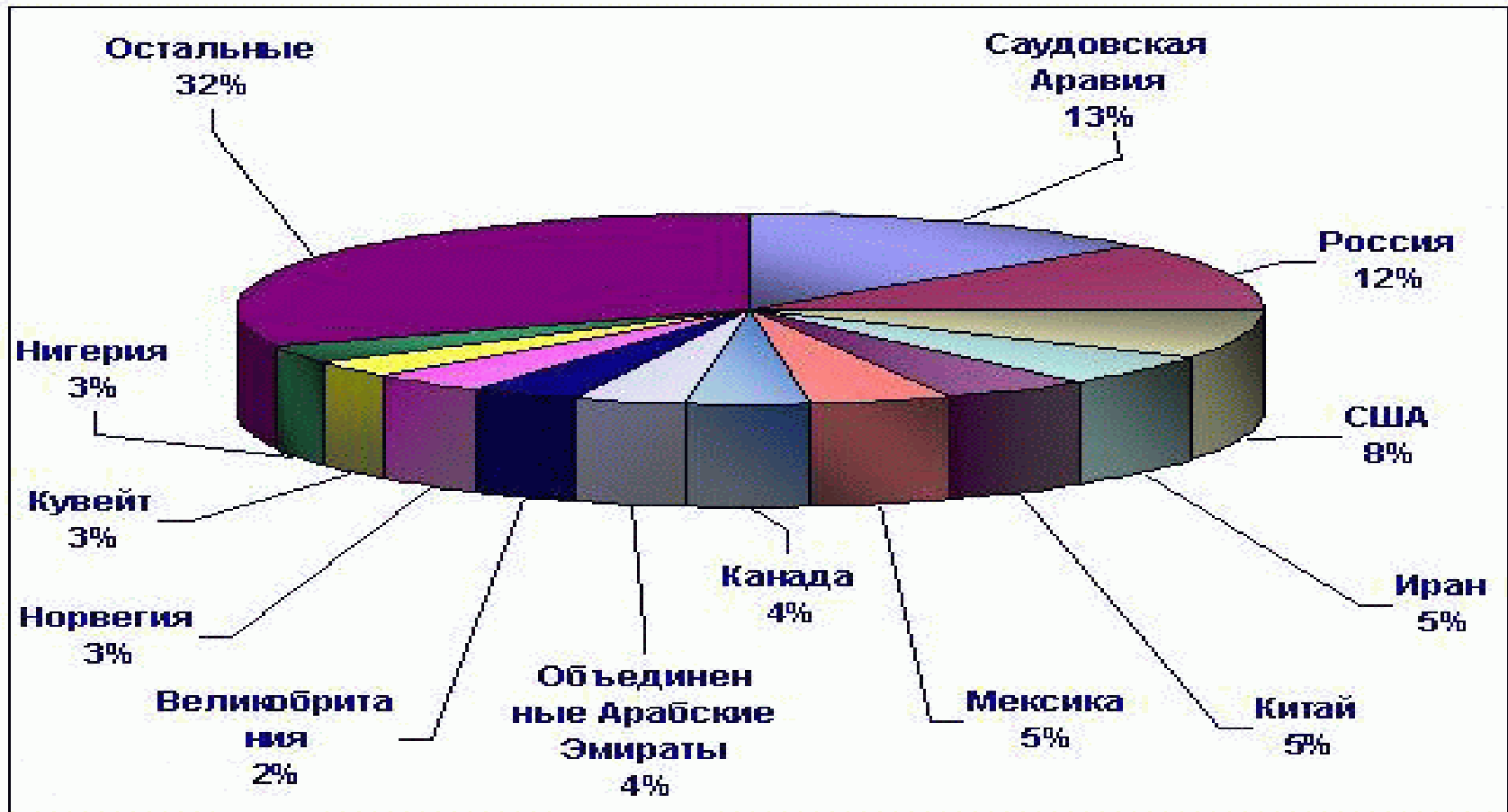
■ Себестоимость добычи

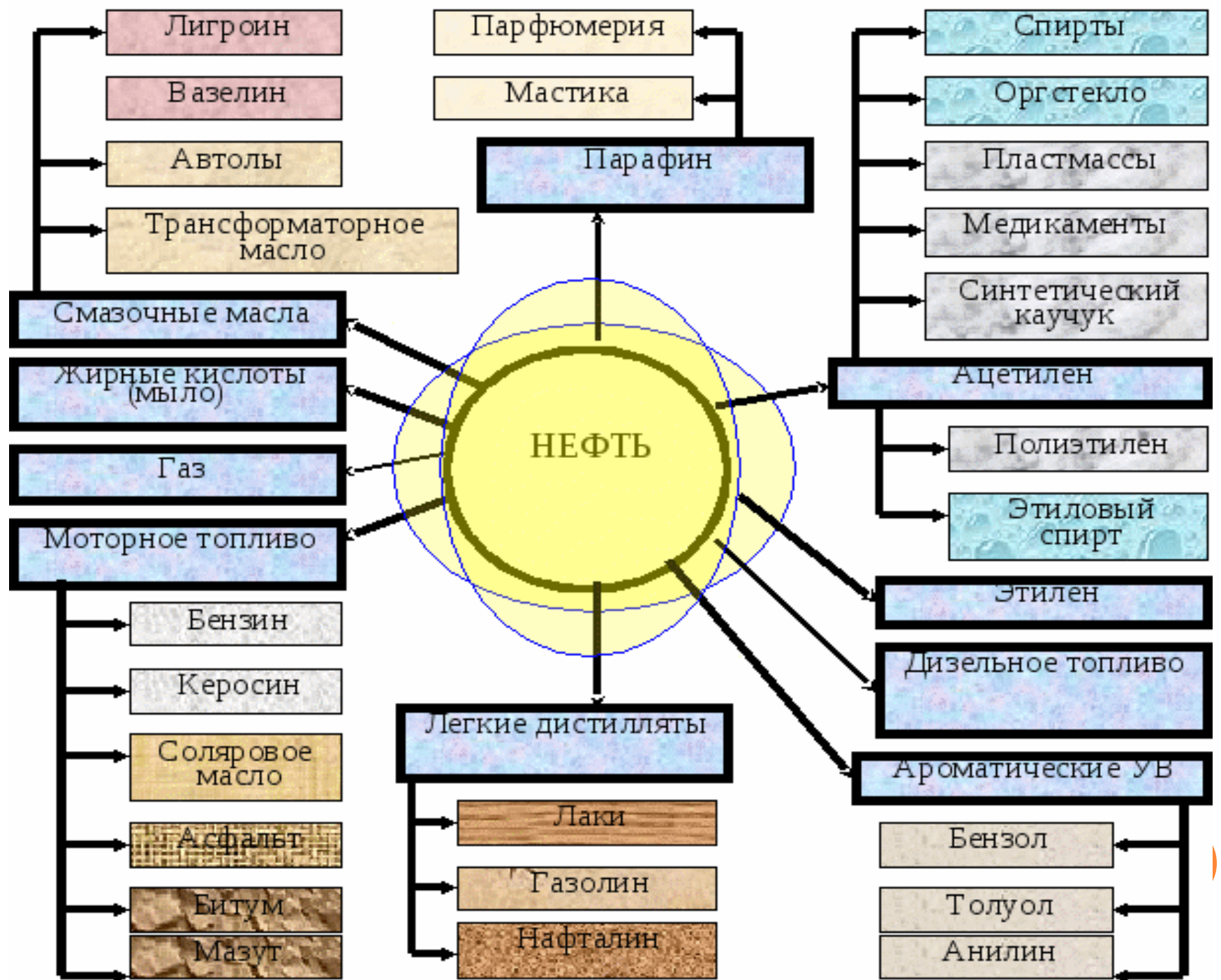
■ Цена (Brent)

Источник: «Эксперт» на основе IEA и данных компаний

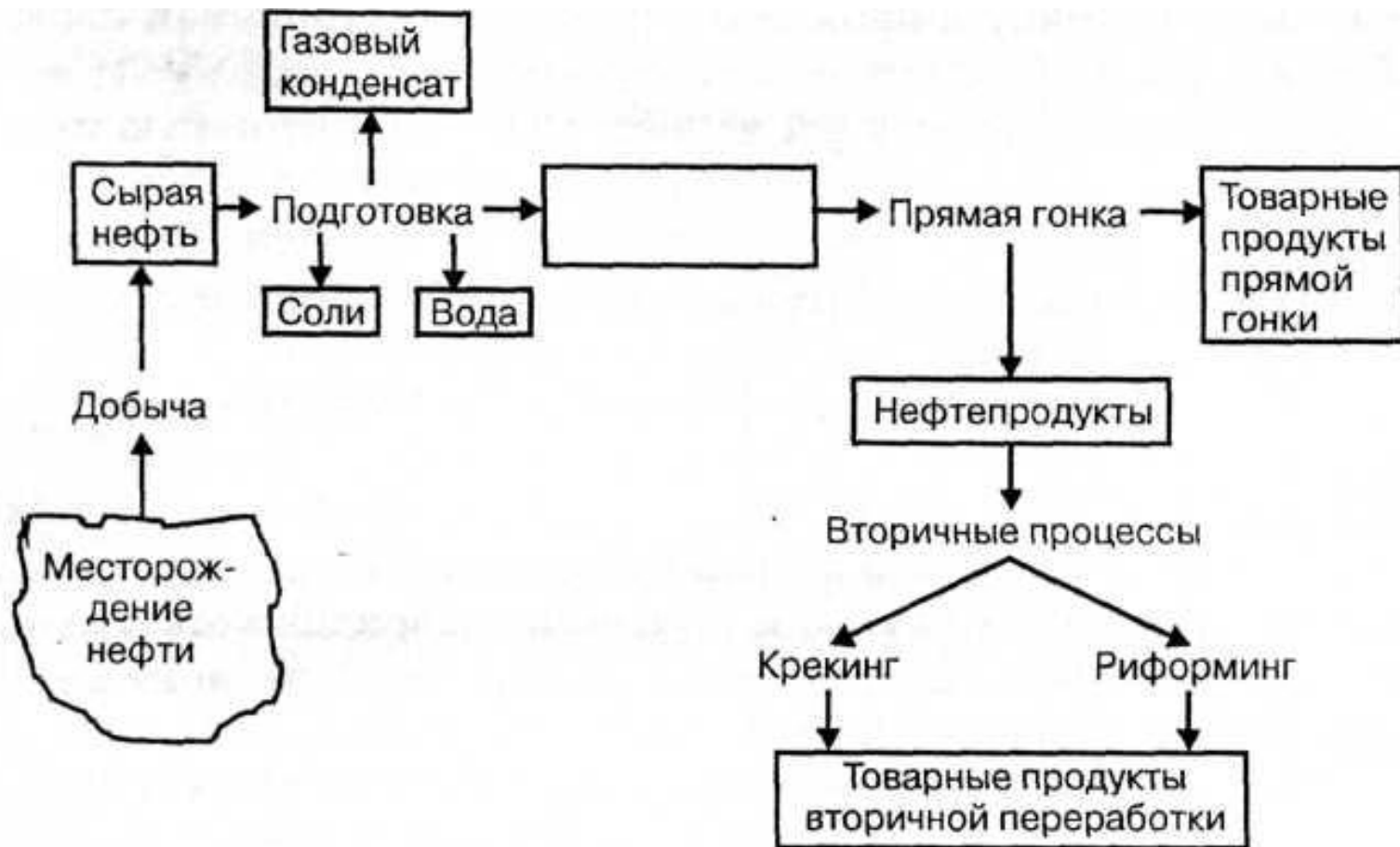
ForexAW.com

4.12 . НЕФТЕДОБЫВАЮЩИЕ СТРАНЫ





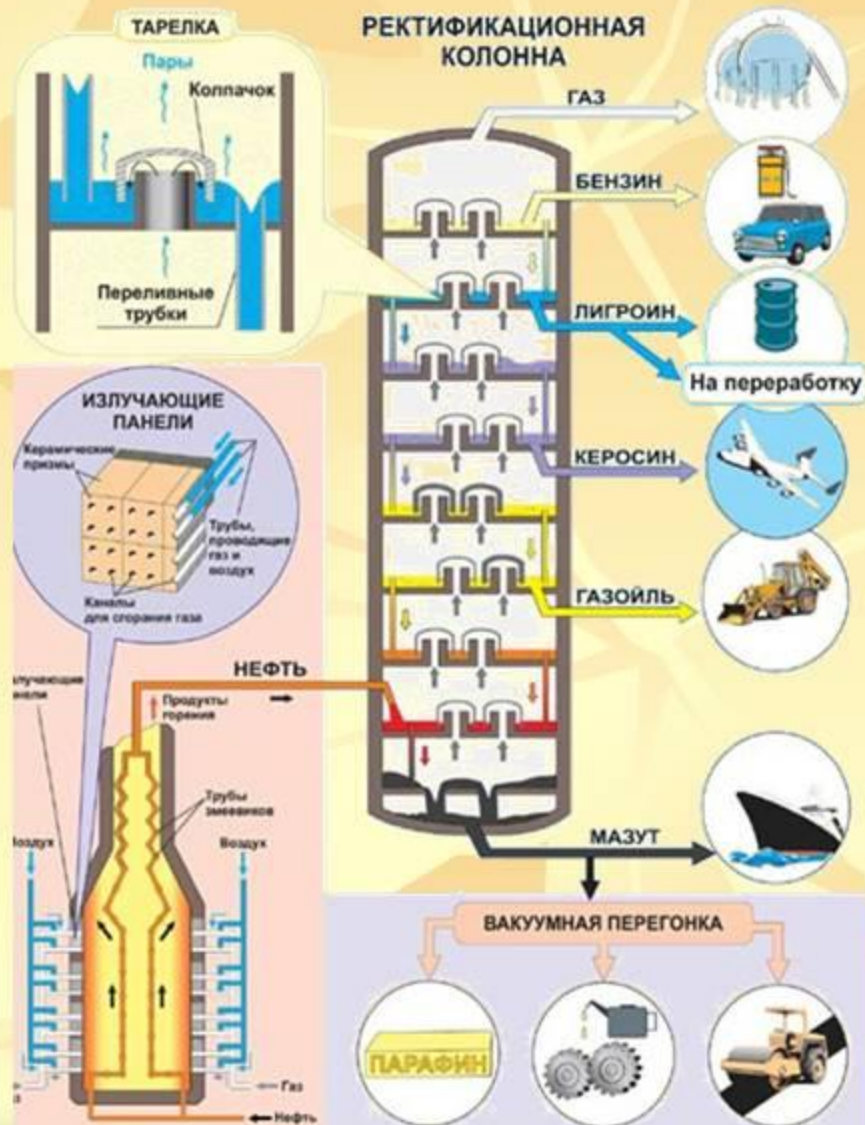
4.13 ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ



Переработка нефти.

Способы переработки нефти:

- Подготовка нефти к переработке
- Перегонка нефти
- Крекинг
- Пиролиз



4.10. ПРЯМАЯ (ПЕРВИЧНАЯ) ПЕРЕГОНКА НЕФТИ

- **Физические методы - *разделение нефти на фракции, основанное на различной температуре кипения фракций, входящих в состав нефти.***
- **Технологический процесс перегонки состоит из четырех операций: *нагрев смеси, испарение, конденсация, охлаждение полученных фракций.***



Первичная переработка нефти



4.11. ПРОДУКТЫ ПРЯМОЙ ПЕРЕГОНКИ НЕФТИ

- топливные фракции - *имеют температуру кипения от 150 до 400 °С (бензины, лигроины, керосины, газойль и мазут);*
- масляные дистиллянты- *фракции с температурой кипения от 350 до 550 °С., применяются для получения смазочных и специальных масел;*
- гудрон – *полупродукт для получения битумов и кокса.*



4.12. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

- ***Термический крекинг*** – расщепление длинных молекул тяжелых углеводородов, входящих в высококипящие фракции, на более короткие молекулы легких, низкокипящих продуктов, протекает при высоких температурах (450–500 °С) и повышенном давлении.
- ***Каталитический крекинг*** - применение катализатора, который позволяет снизить температуру крекинга, увеличить количество получаемых продуктов, улучшить их качество. Процесс идет при повышенном давлении.
- ***получают крекинг-бензины, крекинг-газы и крекинг-остаток (смолистые и асфальтовые вещества).***

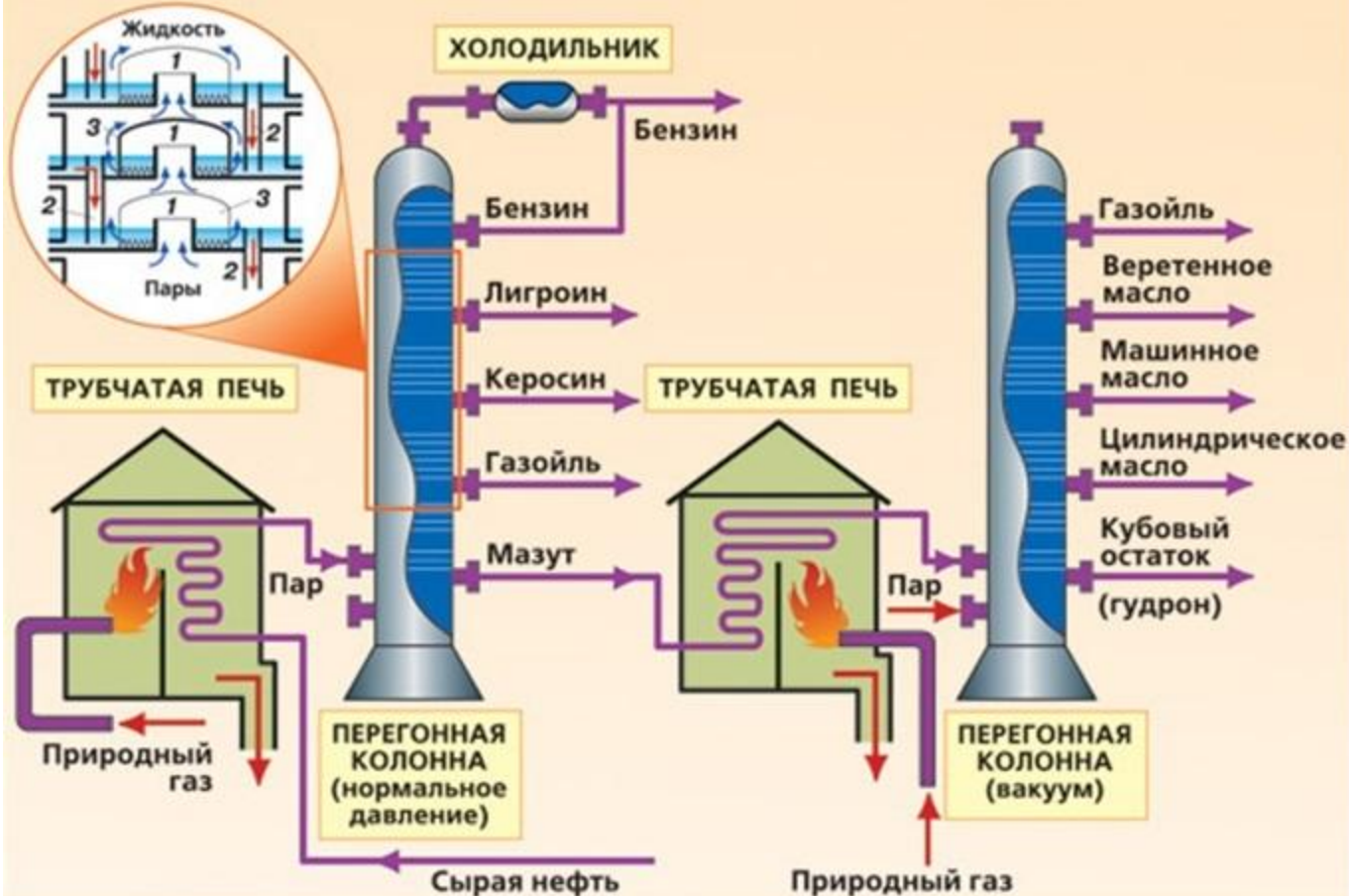


ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ

СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ МЕТОДОМ РЕКТИФИКАЦИИ

Тарелки ректификационной колонны:

1 – патрубки; 2 – переливные трубы; 3 – барботажные колпаки



Установка для каталитического крекинга в «кипящем слое»

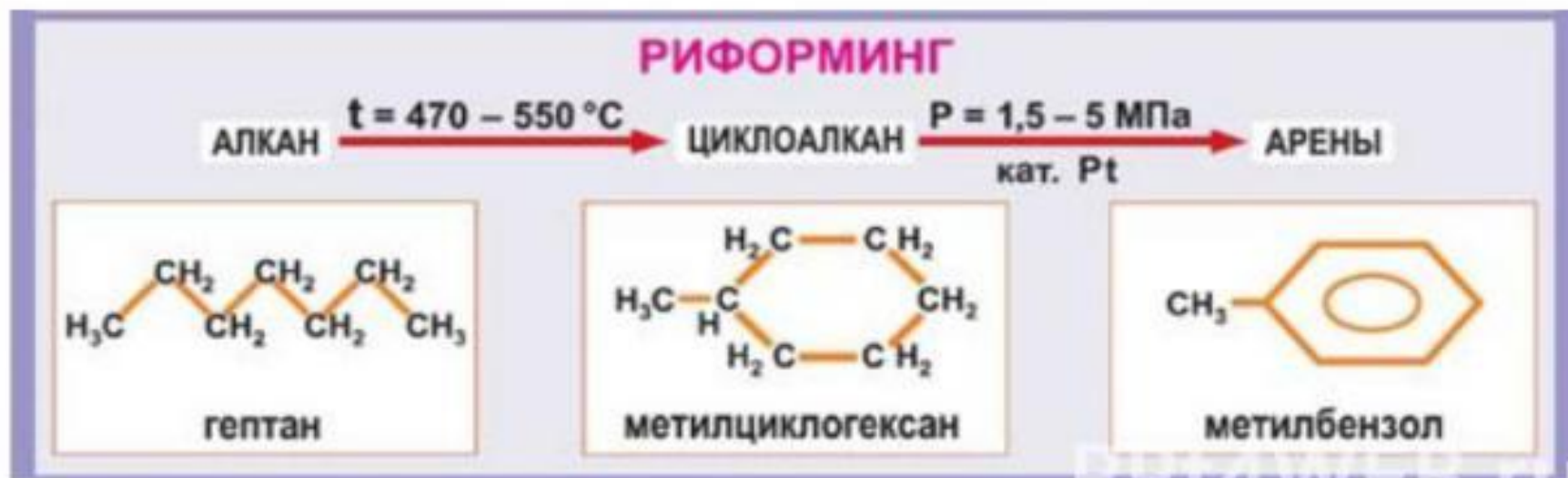


Вторичная переработка нефти



Риформинг

- Риформинг – промышленный процесс переработки бензиновой и лигроиновой фракций нефти для получения высокооктановых бензинов (изменённой структуры, более крупные), аренов, водорода.



Пути повышения глубины переработки нефти

Мазут ($>350^{\circ}\text{C}$)

Вакуумная перегонка

Вакуумный газойль
(Фракция $350-550^{\circ}\text{C}$)

Каткрекинг

Гидрокрекинг

Масляное
производство

Гудрон
($>550^{\circ}\text{C}$)

Коксование

Гидрокрекинг

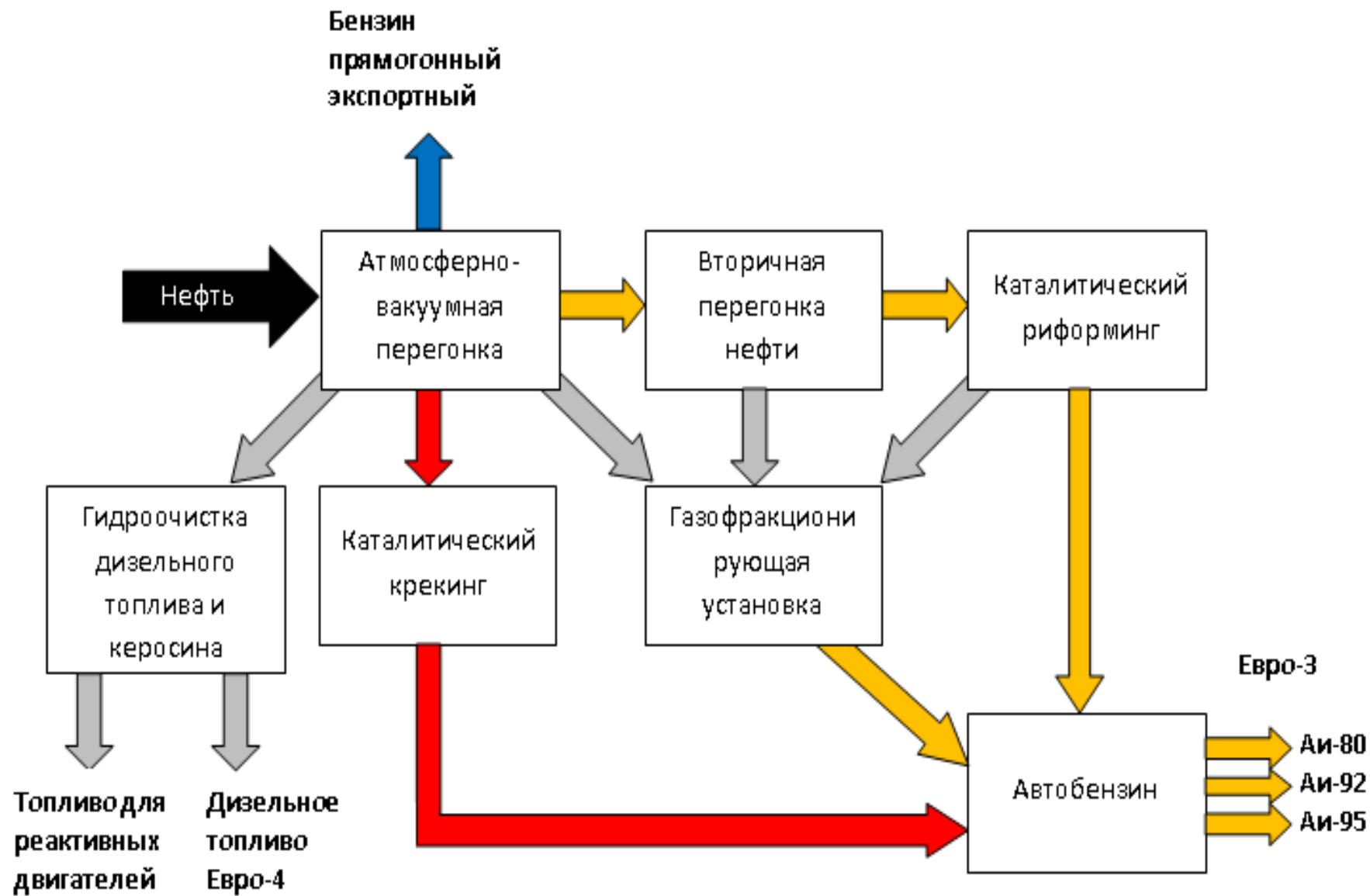
Битумное
производство

Висбрекинг

Очистка гудрона

Глубина переработки
нефти до 75-85% масс.

Глубина переработки
нефти до 85-95% масс. ²



ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

vseonefti.ru

