

## **Задание 26.**

### **Химическая лаборатория. Понятие о металлургии.**

### **Химическое загрязнение окружающей среды.**

### **Полимеры**

#### **Правила безопасной работы в школьной лаборатории.**

#### **Лабораторная посуда и оборудование**

#### **Правила работы в лаборатории**

При проведении работ в химической лаборатории обязательно соблюдение правил техники безопасности.

Перечислим основные из них:

1. Во время работы в лаборатории необходимо соблюдать чистоту, тишину, порядок и правила техники безопасности, так как поспешность и небрежность часто приводят к несчастным случаям с тяжелыми последствиями.
2. В каждой лаборатории обязательно должны быть защитные маски, очки.
3. В каждом помещении лаборатории необходимо иметь средства противопожарной защиты: ящик с просеянным песком и совком для него, противопожарное одеяло (асбестовое или толстое войлочное), заряженные огнетушители.
4. Каждый работающий в лаборатории должен знать, где находятся средства противопожарной защиты и аптечка, содержащая все необходимое для оказания первой помощи.
5. На посуде, где хранятся реактивы, должны быть этикетки с указанием названий веществ.
6. Категорически запрещается в лаборатории принимать пищу или класть продукты на рабочий стол.
7. Опыты нужно проводить только в чистой химической посуде. После окончания эксперимента посуду сразу же следует помыть.
8. В процессе работы необходимо следить, чтобы вещества не попадали на лицо и руки, так как многие из них вызывают раздражение кожи и слизистых оболочек.
9. Вещества в лаборатории нельзя пробовать на вкус. Нюхать вещества можно, лишь осторожно направляя на себя пары или газы легким движением руки, а не наклоняясь к сосуду и не вдыхая полной грудью.
10. Сосуды с веществами или растворами необходимо брать одной рукой за горлышко, а другой — снизу поддерживать за дно.
11. Во время нагревания жидких и твердых веществ в пробирках и колбах нельзя направлять их отверстия на себя и окружающих. Нельзя заглядывать сверху в открытые нагреваемые сосуды во избежание возможного поражения при выбросе горячей массы.
12. Категорически запрещается выливать в раковины концентрированные растворы кислот и щелочей, а также различные органические растворители, сильно пахнущие и огнеопасные вещества. Все эти отходы нужно сливать в специальные бутылки.

#### **Правила безопасности при работе с едкими, горючими и токсичными веществами, средствами бытовой химии.**

1. Для ускорения растворения твердых веществ в пробирке нельзя закрывать ее отверстие пальцем при встряхивании.
2. Растворение щелочи следует производить в фарфоровой посуде путем прибавления к воде небольших порций вещества, при непрерывном перемешивании.
3. Пролитую кислоту или щелочь следует засыпать чистым сухим песком и перемешивать его до полного впитывания всей жидкости. Влажный песок убрать совком в широкий стеклянный сосуд для последующей промывки и нейтрализации.

4. Растворы из реактивных склянок необходимо наливать так, чтобы при наклоне этикетка оказывалась сверху (этикетка — в ладонь). При попадании на кожу растворов щелочей или кислот необходимо смыть их после стряхивания видимых капель сильной струей холодной воды, а затем обработать нейтрализующим раствором (2%-ным раствором уксусной кислоты или 2%-ным раствором гидрокарбоната натрия) и ополоснуть водой.

## Лабораторная посуда и оборудование

**Лабораторная посуда** — это специальные и специализированные емкости различного конструктивного исполнения, объема, изготавливаемые из разнообразных материалов (стекла, фарфора), устойчивых в агрессивных средах, обладающие термостойкостью.

При выполнении опытов используется такая лабораторная посуда: стеклянные пластинки и палочки, выпарительные фарфоровые чаши, пробирки, химические стаканы, плоскодонные и конические колбы, банки, склянки с пипеткой, воронки, мерные цилиндры и стаканы, капельницы и U-образные трубки.

*Стеклянные пробирки* предназначены для работы с малыми объемами веществ. При работе с пробирками следует соблюдать следующие правила:

1. Запрещается встряхивать пробирку, закрывая отверстие пальцем. Попадание любых химических веществ на незащищенные участки кожи может быть опасным, а в пробирку при этом могут попасть сторонние вещества, влияющие на ход эксперимента.
2. Перемешивать растворы в пробирке следует быстрыми энергичными постукиваниями по стенкам пробирки.

При работе с большими объемами веществ используются *химические колбы и стаканы*. При работе с ними следует также придерживаться определенных правил:

1. Содержимое колбы следует перемешивать круговыми движениями, а содержимое стакана — стеклянной палочкой, надев на ее конец отрезок резиновой трубки, чтобы не повредить стенку стакана.
2. При переливании жидкостей из сосудов с широким горлышком в сосуды с узким горлышком следует использовать химические воронки.

Для фильтрования веществ также используются *химические воронки и фильтровальная бумага*. Бумажный фильтр вкладывается в воронку и смачивается водой для плотного прилегания к стенкам воронки.

Жидкость следует выливать на фильтр тонкой струей по стеклянной палочке, направляя палочку на стенки воронки. При такой работе осадок останется на фильтре и не попадет в фильтрат.

Для выпаривания растворов используются фарфоровые *выпарительные чаши*, которые устанавливаются на кольце химического штатива и нагреваются над пламенем спиртовки.

При получении в ходе химических опытов газов используют *колбы или пробирки* с плотно подогнанными пробками и газоотводными трубками. Перед использованием посуду стоит проверить на герметичность: кончик газоотводной трубки опустить в стакан с водой, а пробирку плотно обхватить ладонью. Тепло ладони будет способствовать расширению воздуха в пробирке или колбе. При условии герметичности из газоотводной трубки в воду будут выходить пузырьки воздуха.

Для закрепления химической посуды используется *лабораторный штатив*.

Лабораторный штатив состоит из массивной металлической подставки, в которую ввинчен стержень. На стержне укреплены лапка и кольцо. С помощью муфты лапку и кольцо можно перемещать по стержню, регулируя высоту их закрепления на штативе. Закрепляется положение муфты и кольца винтами. Пробирки и колбы укрепляются в лапке в вертикальном положении отверстием вверх, закрепляются возле отверстия. Не следует слишком крепко зажимать в лапке химическую посуду, иначе она может лопнуть при нагревании.

Для нагревания веществ используются нагревательные приборы — *спиртовка и горелка*.

Спиртовка состоит из сосуда, в который налит спирт (не менее 2/3 объема резервуара), фитиля, укрепленного в металлической трубке с диском, и колпачка. Перед началом работы со спиртовки следует снять колпачок, затем проверить, плотно ли прилегает диск к отверстию сосуда (отверстие должно быть закрыто полностью, иначе спирт в сосуде может вспыхнуть). Поджигать спиртовку следует только горячей спичкой.

Газовая горелка состоит из металлической трубки с двумя круглыми отверстиями внизу, расположенными друг напротив друга. Трубка ввинчена в металлическую подставку, имеющую боковую трубку с надетым на нее шлангом, который соединяется с газовым краном. Газ, поступающий в горелку, смешивается с воздухом, поступающим через боковые отверстия. Горелку также следует зажигать только горячей спичкой.

Пламя имеет три зоны. Нижняя зона (темная) — самая холодная. Затем средняя — наиболее яркая и верхняя — зона самой высокой температуры. Нагревать посуду при проведении химических опытов следует в верхней зоне пламени.

### **Правила безопасности при работе с едкими, горючими и токсичными веществами, средствами бытовой химии.**

1. При разбавлении кислот водой помните: наливают кислоту медленно, при перемешивании, в воду, а не наоборот.
2. Кусочки щелочи можно брать только пинцетом или щипцами. Растворяют щелочь в фарфоровой посуде, прибавляя к воде небольшие порции вещества при помешивании.
3. Пролитые кислоту или щелочь следует засыпать чистым сухим песком и перемешать его до полного впитывания жидкости. Влажный песок убирают совком в широкий стеклянный сосуд для последующей промывки и нейтрализации.
4. При попадании на кожу раствора кислоты необходимо стряхнуть капли, обмыть кожу сильной струей холодной воды, обработать 3%-ным содовым раствором и смазать вазелином.
5. Работы, связанные с выделением вредных паров или газов, проводить только в вытяжном шкафу при включенной вентиляции.
6. При попадании на кожу раствора щелочи необходимо стряхнуть капли, смыть сильной струей холодной воды, обработать 1%-ным раствором уксусной кислоты.
7. Внимательно читайте инструкцию и неукоснительно соблюдайте правила обращения с любым средством бытовой химии.
8. Неукоснительно следуйте инструкции, касающейся срока годности любого препарата, особенно если это лекарства.

## **Научные методы исследования химических веществ и превращений**

Весь окружающий нас мир, все существующее — это материя, которая проявляется в двух формах: вещества и поля. Вещество состоит из частиц, имеющих собственную массу, например, атомов, молекул, ионов. Поле — это такая форма существования материи, которая, в первую очередь, характеризуется энергией, посредством поля осуществляется взаимодействие между частицами.

Неотъемлемым свойством материи является движение. Формы движения материи изучаются разными естественными науками: физикой, химией, биологией и др.

Химия имеет дело прежде всего с веществами, их свойствами, взаимными превращениями и процессами, сопровождающими эти превращения.

Химия — фундаментальная наука об одной из основных форм движения материи — химической.

При изучении химии, как и других естественных дисциплин, широко используют такой важнейший метод познания, как **наблюдение**.

Наблюдение — это целенаправленное восприятие химических объектов (веществ и их свойств) с целью их изучения.

Для того чтобы наблюдение было плодотворным, необходимо соблюдать ряд условий:

1. Нужно четко определить предмет наблюдения, т.е. то, на что будет обращено внимание наблюдателя, — конкретное вещество, его свойства, то или иное превращение вещества и т.д.
2. Необходимо знать, зачем проводится наблюдение, т.е. четко сформулировать его цель.
3. Нужно составить план наблюдения. А для этого следует выдвинуть гипотезу о том, как будет происходить наблюдаемое явление. Гипотеза может быть выдвинута и в результате наблюдения, когда получен какой-то результат, который нужно объяснить.

Научное наблюдение отличается от наблюдения в житейском смысле этого слова. Как правило, научное наблюдение проводится в строго контролируемых условиях, причем условия эти можно изменять по желанию наблюдателя. Чаще всего такое наблюдение проводится в специальном помещении — лаборатории.

Исследования, которые проводятся в строго контролируемых и управляемых условиях, называют **экспериментом**.

Эксперимент позволяет подтвердить или опровергнуть гипотезу. Так формулируется **вывод**.

Некоторые наблюдения неудобно или невозможно проводить непосредственно в природе, поэтому в изучении химии большую роль играет **моделирование**.

В лабораторных условиях используют особые приборы, установки и предметы — модели, в которых копируются только самые важные, существенные признаки и свойства объектов изучения.

**Моделирование** — это изучение объекта с помощью по строения и изучения моделей, т.е. его заменителей или аналогов.

Условно химические модели можно разделить на две группы: предметные (модели атомов, молекул, кристаллов, химических установок и т.д.) и знаковые, или символные (символы химических элементов, формулы веществ, уравнения реакций).

А что изучает химия? Химия — это наука о веществах, их свойствах и превращениях.

Вещество — это то, из чего состоят физические тела.

В жизни, как правило, мы встречаемся не с чистыми веществами, а со смесями веществ. Эти смеси могут быть *неоднородными* (например, мутная речная вода содержит в себе нерастворимые частицы песка и глины, которые видны невооруженным глазом) и *однородными* (растворы спирта, сахара), в которых нельзя заметить границу раздела между веществами.

Среди однородных смесей можно выделить *жидкие, твердые и газообразные*. Важнейшая *газообразная смесь* — воздух — представляет собой смесь азота, кислорода, углекислого газа, аргона и других веществ. К *твердым* смесям можно отнести стекло и различные сплавы — сталь, бронзу, латунь и др.

Состав смесей может быть самым разнообразным, и они, в отличие от чистых веществ, имеют другие свойства. Так, чистая вода замерзает при 0°C, а если растворить в ней поваренную соль, то можно добиться значительного понижения температуры замерзания.

Состав смесей устанавливают с помощью *химического анализа*. Химический анализ применяется очень широко, он необходим при решении важнейших хозяйственных и научно-технических задач. Проведение анализа стали по ходу ее выплавки (например, определение содержания углерода) — обязательное условие успешного проведения металлургического процесса.

Без определения концентрации примесей, загрязняющих воду и воздух, невозможен контроль за состоянием окружающей среды. Химический анализ горных пород и руд используется при разведке полезных ископаемых. С помощью особых методов с применением химического анализа получают *особо чистые вещества*, в которых содержание примесей, влияющих на их специфические свойства, не превышает одной стотысячной и даже одной миллионной процента. Эти вещества играют важную роль в атомной энергетике, полупроводниковой промышленности, волоконной оптике. Свойства особо чистых веществ используются для создания принципиально новых приборов или технологических процессов.

## Понятие о металлургии: общие способы получения металлов

Значительная химическая активность металлов (взаимодействие с кислородом воздуха, другими неметаллами, водой, растворами солей, кислотами) приводит к тому, что в земной коре они встречаются главным образом в виде соединений: оксидов, сульфидов, сульфатов, хлоридов, карбонатов.

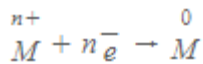
В свободном виде встречаются металлы, расположенные в ряду напряжений правее водорода (Ag, Hg, Pt, Au, Cu), хотя гораздо чаще медь и ртуть в природе можно встретить в виде соединений.

**Минералы и черные породы, содержащие металлы и их соединения, из которых выделение чистых металлов технически возможно и экономически целесообразно, называют рудами.**

Получение металлов из руд — задача металлургии.

**Металлургия** — это и наука о промышленных способах получения металлов из руд, и отрасль промышленности.

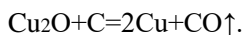
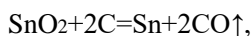
Любой металлургический процесс — это процесс восстановления ионов металла с помощью различных восстановителей. Суть его можно выразить так:



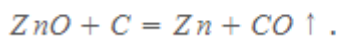
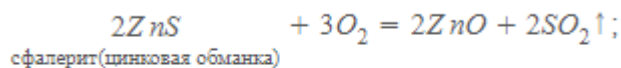
Чтобы реализовать этот процесс, надо учесть активность металла, подобрать восстановитель, рассмотреть технологическую целесообразность, экономические и экологические факторы. В соответствии с этим существуют следующие способы получения металлов: пирометаллургический, гидрометаллургический, электрометаллургический.

**Пирометаллургия** — восстановление металлов из руд при высоких температурах с помощью углерода, оксида углерода (II), водорода, металлов — алюминия, магния.

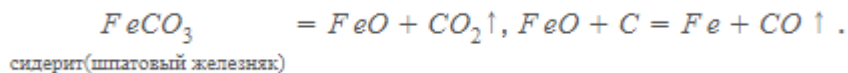
Например, олово восстанавливают из касситерита  $\text{SnO}_2$ , а медь — из куприта  $\text{Cu}_2\text{O}$  прокаливанием с углем (коксом):



Сульфидные руды предварительно подвергают обжигу при доступе воздуха, а затем полученный оксид восстанавливают углем:



Из карбонатных руд металлы выделяют также путем прокаливания с углем, т.к. карбонаты при нагревании разлагаются, превращаясь в оксиды, а последние восстанавливаются углем:

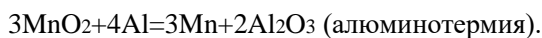


Восстановлением углем можно получить Fe, Cu, Zn, Cd, Ge, Sn, Pb и другие металлы, не образующие прочных карбидов (соединений с углеродом).

В качестве восстановителя можно применять водород (а) или активные металлы (б):



К достоинствам этого метода относится получение очень чистого металла.

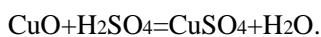


Чаще всего в металлотермии используют алюминий, теплота образования оксида которого очень велика ( $2\text{Al} + 1.5\text{O}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 1676$  кДж/моль). Электрохимический ряд напряжений металлов нельзя использовать для определения возможности протекания реакций восстановления металлов из их оксидов. Приблизительно установить возможность этого процесса можно на основании расчета теплового эффекта реакции (Q), зная значения теплот образования оксидов:

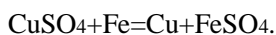
$$Q = \sum Q_1 - \sum Q_2,$$

где  $Q_1$  — теплота образования продукта,  $Q_2$  — теплота образования исходного вещества.

**Гидрометаллургия** — это восстановление металлов из их солей в растворе. Процесс проходит в два этапа: 1) природное соединение растворяют в подходящем реагенте для получения раствора соли этого металла; 2) из полученного раствора данный металл вытесняют более активным или восстанавливают электролизом. Например, чтобы получить медь из руды, содержащей оксид меди  $\text{CuO}$ , ее обрабатывают разбавленной серной кислотой:



Затем медь либо извлекают из раствора соли электролизом, либо вытесняют из сульфата железом:



**Электрометаллургия** — восстановление металлов в процессе электролиза растворов или расплавов их соединений.

## Производство аммиака и метанола

### Основные стадии химического производства

I. Подготовка сырья и подвод реагирующих веществ в зону реакции.

II. Химические процессы.

III. Отвод продуктов и непрореагировавших веществ из зоны реакции.

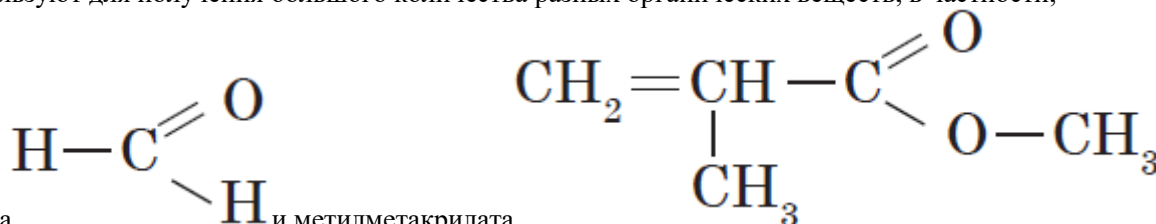
Сравним два химических производства: синтез аммиака и синтез метанола. Оба процесса очень похожи по условиям их проведения и источникам сырья. Их осуществляют на аналогичных установках, которые часто монтируют на одном предприятии.

Все аппараты этих производств максимально герметичны, используется только энергия экзотермических реакций. Благодаря циклической (замкнутой) схеме синтеза эти производства служат примерами малоотходных, почти не имеющих выбросов в окружающую среду. Затраты на производство существенно снижены за счет осуществления непрерывного процесса: исходные вещества постоянно поступают в реактор, а продукты постоянно из него выводятся. Непрерывность процесса позволяет его полностью автоматизировать.

Производства аммиака и метанола считаются наиболее передовыми с точки зрения химической технологии.

**Аммиак** в дальнейшем используют для получения азотной кислоты, которая идет на производство удобрений, лекарств, красителей, пластмасс, искусственных волокон, взрывчатых веществ. Большие количества аммиака расходуются на получение мочевины, являющейся прекрасным азотным удобрением, да и сам жидкий аммиак и его водный раствор — это жидкие удобрения. На легком сжижении и последующем испарении с поглощением теплоты основано его применение в холодильных установках.

Метанол используют для получения большого количества разных органических веществ, в частности,



формальдегида

и метилметакрилата

которые используют в производстве фенолформальдегидных смол и полиметилметакрилата (органическое стекло) соответственно. Помимо этого, метанол используют как растворитель, экстрагент, а в ряде стран — в качестве моторного топлива, т. к. его добавление к бензину повышает октановое число топлива и снижает количество вредных веществ в выхлопных газах.

## Общие научные принципы химического производства (на примере промышленного получения аммиака, серной кислоты, метанола). Промышленное получение веществ и охрана окружающей среды

### Химическая промышленность и химическая технология

Многие химические реакции, с которыми вы познакомились в лабораторных условиях, или аналогичные им осуществляют в промышленных условиях при производстве важнейшей для повседневной жизни химической продукции.

Пластмассы, синтетические волокна, фармацевтические препараты, удобрения, мыла и моющие средства, красители, пестициды, косметика и парфюмерные изделия и даже компоненты пищи — все это только некоторые виды продукции, выпуск которой полностью или частично зависит от химической промышленности. Одиннадцать первых мест по объему производства принадлежат следующим химическим веществам: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, CaO, O<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, NaOH, Cl<sub>2</sub>, HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>. Эти-то вещества и используются в больших количествах далее для получения столь необходимых видов продукции, названных выше.

Даже если речь идет о 100%-ном природном продукте, это означает лишь то, что в нем нет синтетических добавок, и совсем не означает, что при его получении не использовали какие-либо химические технологии.

*Химическая промышленность* — это отрасль народного хозяйства, производящая продукцию на основе химической переработки сырья.

Основой ее является *химическая технология* — наука о наиболее экономичных методах и средствах массовой химической переработки природных материалов (сырья) в продукты потребления и промежуточные продукты, применяемые в различных отраслях народного хозяйства. Главная задача химии и химической технологии — производство разнообразных веществ и материалов с определенным комплексом механических, физических, химических и биологических свойств.

Любое химическое производство создается на основе общих научных принципов.

#### **Научные принципы организации химических производств.**

<b>Общие принципы</b>	<b>Частные принципы</b>
Создание оптимальных условий проведения химических реакций	Противоток веществ, прямоток веществ, увеличение площади поверхности соприкосновения реагирующих веществ, использование катализатора, повышение давления, повышение концентрации реагирующих веществ
Полное и комплексное использование сырья	Циркуляция, создание смежных производств (по переработке отходов)
Использование теплоты химических реакций	Теплообмен, утилизация теплоты реакции
Принцип непрерывности	Механизация и автоматизация производства
Защита окружающей среды и человека	Автоматизация вредных производств, герметизация аппаратов, утилизация отходов, нейтрализация выбросов в атмосферу

**Важнейшими составляющими химического производства являются:**

- аппаратура;
- сырье;
- энергия;
- вода и другие вспомогательные материалы.

## **Сырье**

**Сырьем** называют природные материалы (природные ресурсы), используемые в промышленности для получения различных продуктов и еще не прошедшие промышленную переработку.

Иногда используют *вторичное сырье* — это изделия, отслужившие свой срок, или отходы каких-либо производств, которые экономически выгодно снова переработать в химические продукты. Сырье химической промышленности классифицируют по различным признакам.

По составу сырье делят на минеральное и органическое (растительное и животное).

По агрегатному состоянию различают твердое (руды, горные породы, твердое топливо), жидкое (нефть, рассолы) и газообразное (природный и попутный газы, воздух) сырье.

К минеральному сырью относятся все виды руд (из них получают металлы), а также нерудные ископаемые: сера, фосфориты, калийные соли, поваренная соль, песок, глины, слюда (из них получают неметаллы, удобрения, соду, щелочи, кислоты, керамику, цемент, стекло и другие продукты).

К органическому сырью относится ископаемое горючее: торф, уголь, нефть, природный и попутный нефтяной газы — это ценное энергетическое сырье и сырье для химических синтезов. К органическому сырью также относится сырье растительного и животного происхождения, его дают сельское, лесное и рыбное хозяйства. В основном оно используется для производства продуктов питания, но частично, к сожалению, является и техническим сырьем. Кроме природных веществ, на химических заводах применяют полупродукты и отходы предприятий, а также вспомогательные материалы: воду, топливо, окислители, растворители, катализаторы.

В связи с бурным развитием промышленности растет и объем потребления полезных ресурсов. Это приводит к тому, что многие сырьевые источники быстро истощаются, поэтому необходимо решать проблему бережного и рационального использования сырья.

## Вода

Особое место среди природных ресурсов занимает **вода**. Она играет важную роль в химической промышленности.

В ряде производств это сырье и реагент, непосредственно участвующий в основных химических реакциях, например, при получении водорода, серной, азотной и фосфорной кислот, щелочей; в реакциях гидратации и гидролиза.

Будучи универсальным растворителем и одним из наиболее распространенных катализаторов, вода дает возможность осуществлять многие химические реакции с большой скоростью в растворах или в присутствии ее следов. В химической, металлургической, пищевой и легкой промышленности воду используют как растворитель твердых, жидких, газообразных веществ. Часто ее применяют для перекристаллизации, очистки различных продуктов производства от примесей.

Вода используется как теплоноситель из-за ее большой теплоемкости, доступности и безопасности в применении. Ею охлаждают реагирующие массы, нагретые в результате экзотермических реакций. Водяным паром или горячей водой подогревают взаимодействующие вещества для ускорения реакций или проведения эндотермических процессов.

Современные химические комбинаты расходуют миллионы кубических метров воды в сутки. Например, для получения 1 т аммиака требуется 1500 м<sup>3</sup> воды. Поэтому химические предприятия, нефтехимические заводы строят рядом с водными источниками.

Задачу сокращения расхода воды химическими предприятиями решают в трех основных направлениях: широкое применение оборотного водоснабжения (вода, используемая в теплообменных аппаратах, охлаждается и снова поступает в теплообменные аппараты, и так повторяется многократно), замена водяного охлаждения воздушным, очистка сточных вод и их повторное использование.

## Энергия

Вы знаете, что большинство химических процессов требует затраты энергии. В химическом производстве энергию также расходуют на проведение вспомогательных операций: транспортировку сырья и готовой продукции, сжатие газов, дробление твердых веществ, контрольно-измерительное обслуживание и др. Химическая промышленность относится к одной из самых энергоемких. Средний расход только электрической энергии на производство 1 т аммиачной селитры NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> равен 11000 кВт·ч; 1 т синтетического аммиака — 3200; 1 т фосфора — 16500; 1 т алюминия — 19000.

В химической промышленности используют различные виды энергии: электрическую, тепловую, ядерную, химическую и световую.

**Электрическую энергию** используют для проведения электролиза расплавов и растворов веществ, нагревания, в операциях, связанных с электростатическими явлениями (например, в электрофильтрах при производстве серной кислоты для очистки оксида серы(IV)). Электроэнергию вырабатывают тепловые (ТЭС), атомные (АЭС) электростанции и гидроэлектростанции (ГЭС).



**Тепловая энергия** в химической промышленности необходима для нагревания реагирующих веществ при проведении химических реакций, а также для сушки, плавления, дистилляции, выпаривания и других операций. Ее источником в производстве цемента, стекла, керамики служат различные виды топлива (твердого, жидкого, газообразного). Большинство же химических предприятий используют тепловую энергию в виде пара, горячей воды, получаемых из котельных установок или ТЭЦ.

**Ядерную энергию** главным образом используют для получения электроэнергии. Но такие реакции, как полимеризация, синтеза фенола и анимина, отвердевание полимеров, проводят с помощью радиоактивного излучения.

**Химическая энергия** выделяется в виде теплоты в результате экзотермических реакций. Ее используют для предварительного подогрева исходных веществ, получения горячей воды, водяного пара. Химическая энергия может превращаться в электрическую, например, в аккумуляторах. А есть такие производства, в которых за счет энергии химических реакций покрывают собственные потребности, а излишки отпускают другим потребителям.

При получении 1 т серной кислоты из серы выделяется 5 МДж теплоты, а общие затраты на ее производство составляют всего 0.36 МДж. Излишки поступают к другим потребителям в виде пара и электроэнергии.

**Световую энергию** (ультрафиолетовое, инфракрасное, лазерное излучение) используют при синтезе хлороводорода, галогенировании органических веществ, реакциях изомеризации.

Ученые разрабатывают способы использования солнечной энергии, например фотохимическое разложение воды.

## **Химия и проблемы охраны окружающей среды**

В наши дни проблема охраны окружающей среды чрезвычайно остра в связи со значительным, а часто и катастрофическим воздействием хозяйственной деятельности человека на природу.

Производственная деятельность человека нанесла биосфере — живой оболочке Земли — серьезный урон, нарушив сложившееся за время существования планеты экологическое равновесие. Загрязнение окружающей среды в нашем сознании связывается, в первую очередь, с отравлением воды, воздуха, почвы, которое может непосредственно влиять на здоровье и самочувствие человека. Однако химическое загрязнение чревато косвенными эффектами. Например, большие выбросы углекислого газа сказываются на климате, что в свою очередь отражается на производстве продуктов питания; изменение концентраций биогенных элементов (азота, серы, фосфора, калия) приводит к гибели одних популяций и бурному размножению других.

Химическое загрязнение окружающей среды обусловлено следующими факторами:

1. повышением концентрации биогенных элементов из-за канализационных сбросов и стока с полей удобрений, вызывающих бурное развитие водорослей и нарушение баланса в существующих экосистемах;
2. отравлением воды, почвы и воздуха отходами химических производств;
3. воздействием на воду и почву продуктов сжигания топлива, снижающих качество воздуха и вызывающих кислотные дожди;
4. потенциальным заражением воды, воздуха и почвы радиоактивными отходами, образующимися при производстве ядерного оружия и атомной энергии;
5. выбросами углекислого газа и химических веществ, снижающих содержание озона, что может привести к изменению климата и образованию озоновых дыр.

## **Природные источники углеводородов. Их переработка**

Углеводороды являются важнейшим видом сырья для химической промышленности. В свою очередь, углеводороды достаточно широко распространены в природе и могут быть выделены из различных природных источников: нефти, попутного нефтяного и природного газа, каменного угля. Рассмотрим их подробнее.

### **Нефть**

Это природная сложная смесь углеводородов, в основном алканов линейного и разветвленного строения, содержащих в молекулах от 5 до 50 атомов углерода, с другими органическими веществами. Состав ее существенно зависит от места ее добычи (месторождения), она может, помимо алканов, содержать циклоалканы и ароматические углеводороды.

Газообразные и твердые компоненты нефти растворены в ее жидких составляющих, что и определяет ее агрегатное состояние.

Нефть — маслянистая жидкость темного (от бурого до черного) цвета с характерным запахом, нерастворимая в воде. Ее плотность меньше, чем у воды, поэтому, попадая в нее, нефть растекается по поверхности, препятствуя растворению кислорода и других газов воздуха в воде. Очевидно, что, попадая в природные водоемы, нефть вызывает гибель микроорганизмов и животных, приводя к экологическим бедствиям и даже катастрофам.

Существуют бактерии, способные использовать компоненты нефти в качестве пищи, преобразуя ее в безвредные продукты своей жизнедеятельности. Понятно, что именно использование культур этих бактерий — наиболее экологически безопасный и перспективный путь борьбы с загрязнением окружающей среды нефтью в процессе ее добычи, транспортировки и переработки.

В природе нефть и попутный нефтяной газ заполняют полости земных недр. Представляя собой смесь различных веществ, нефть не имеет постоянной температуры кипения. Понятно, что каждый ее компонент сохраняет в смеси свои индивидуальные физические свойства, что и позволяет разделить нефть на ее составляющие. Для этого ее очищают от механических примесей, серосодержащих соединений и подвергают так называемой фракционной перегонке, или ректификации.

**Фракционная перегонка** — физический способ разделения смеси компонентов с различными температурами кипения.

Перегонка осуществляется в специальных установках — ректификационных колоннах, в которых повторяют циклы конденсации и испарения жидких веществ, содержащихся в нефти. Пары, образующиеся при кипении смеси веществ, обогащены более легкокипящим (т.е. имеющим более низкую температуру) компонентом. Это пары собирают, конденсируют (охлаждают до температуры ниже температуры кипения) и снова доводят до кипения. В этом случае образуются пары, еще более обогащенные легкокипящим веществом. Многократным повторением этих циклов можно добиться практически полного разделения веществ, содержащихся в смеси.

В ректификационную колонну поступает нефть, нагретая до температуры 320–350°C. Ректификационная колонна имеет горизонтальные перегородки с отверстиями — так называемые тарелки, на которых происходит конденсация фракций нефти. На более высоких скапливаются легкокипящие фракции, на нижних — высококипящие.

В процессе ректификации нефть разделяют на следующие фракции:

- *ректификационные газы* — смесь низкомолекулярных углеводородов, преимущественно бутана и пропана с температурой кипения до 40°C;
- *газолиновую фракцию (бензин)* — углеводороды состава от  $C_5H_{12}$  до  $C_{11}H_{24}$  (температура кипения 40–200°C); при более тонком разделении этой фракции получают *газолин* (петролейный эфир, 40–70°C) и бензин (70–120°C);
- *лигроиновую фракцию* — углеводороды состава от  $C_8H_{18}$  до  $C_{14}H_{30}$  (температура кипения 150–250°C);
- *керосиновую фракцию* — углеводороды состава от  $C_{12}H_{26}$  до  $C_{18}H_{38}$  (температура кипения 180–300°C);
- *дизельное топливо* — углеводороды состава от  $C_{13}H_{28}$  до  $C_{19}H_{36}$  (температура кипения 200–350°C).

Остаток перегонки нефти — мазут — содержит углеводороды с числом атомов углерода от 18 до 50. Перегонкой при пониженном давлении из мазута получают соляровое масло ( $C_{18}H_{28}$ — $C_{25}H_{52}$ ), смазочные масла ( $C_{28}H_{58}$ — $C_{38}H_{78}$ ), вазелин и парафин — легкоплавкие смеси твердых углеводородов. Твердый остаток перегонки мазута — гудрон — и продукты его переработки — битум и асфальт — используют для изготовления дорожных покрытий.

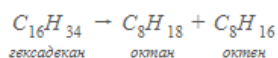
## Крекинг

Полученные в результате ректификации нефти продукты подвергают химической переработке, включающей ряд сложных процессов. Один из них — *крекинг* нефтепродуктов. Вы уже знаете, что мазут разделяют на компоненты при пониженном давлении. Это объясняется тем, что при атмосферном давлении его составляющие начинают разлагаться, не достигнув температуры кипения. Именно это и лежит в основе крекинга.

**Крекинг** — термическое разложение нефтепродуктов, приводящее к образованию углеводородов с меньшим числом атомов углерода в молекуле.

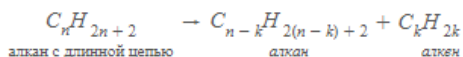
Различают несколько видов крекинга: термический, каталитический, крекинг высокого давления, восстановительный крекинг.

**Термический крекинг** заключается в расщеплении молекул углеводородов с длинной углеродной цепью на более короткие под действием высокой температуры (470 — 550°C). В процессе этого расщепления наряду с алканами образуются алкены:



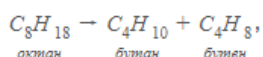
гексадекан      октан      октен

В общем виде эту реакцию можно записать следующим образом:

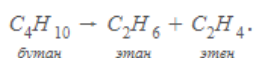


алкан с длинной цепью      алкен      алкан

Образовавшиеся углеводороды могут снова подвергаться крекингу с образованием алканов и алкенов с еще более короткой цепью атомов углерода в молекуле:



октан      бутан      бутен



бутан      этан      этен

При обычном термическом крекинге образуется много низкомолекулярных газообразных углеводородов, которые можно использовать как сырье для получения спиртов, карбоновых кислот, высокомолекулярных соединений (например, полиэтилена).

**Каталитический крекинг** происходит в присутствии катализаторов, в качестве которых используют природные алюмосиликаты состава  $nAl_2O_3 \cdot mSiO_2$ .

Осуществление крекинга с применением катализаторов приводит к образованию углеводородов, имеющих разветвленную или замкнутую цепь атомов углерода в молекуле. Содержание углеводородов такого строения в моторном топливе значительно повышает его качество, в первую очередь, детонационную стойкость — октановое число бензина.

Крекинг нефтепродуктов протекает при высоких температурах, поэтому часто образуется нагар (сажа), загрязняющий поверхность катализатора, что резко снижает его активность.

Очистка поверхности катализатора от нагара — его регенерация — основное условие практического осуществления каталитического крекинга. Наиболее простым и дешевым способом регенерации катализатора является его обжиг, при котором происходит окисление нагара кислородом воздуха. Газообразные продукты окисления (в основном углекислый и сернистый газы) удаляются с поверхности катализатора.

Каталитический крекинг — гетерогенный процесс, в котором участвуют твердое (катализатор) и газообразные (пары углеводородов) вещества. Очевидно, что регенерация катализатора — взаимодействие твердого нагара с кислородом воздуха — также гетерогенный процесс.

Гетерогенные реакции (газ — твердое вещество) протекают быстрее при увеличении площади поверхности твердого вещества. Поэтому катализатор измельчают, а его регенерацию и крекинг углеводородов ведут в кипящем слое, знакомом вам по производству серной кислоты.

Сырье для крекинга, например, газойль, поступает в реактор конической формы. Нижняя часть реактора имеет меньший диаметр, поэтому скорость потока паров сырья очень высока. Движущийся с большой скоростью газ захватывает частицы катализатора и уносит их в верхнюю часть реактора, где из-за увеличения его диаметра скорость потока понижается. Под действием силы тяжести частицы катализатора падают в нижнюю, более узкую часть реактора, откуда вновь выносятся вверх. Таким образом, каждая крупинка катализатора находится в постоянном движении и со всех сторон омывается газообразным реагентом.

Некоторые зерна катализатора попадают во внешнюю, более широкую часть реактора и, не встречая сопротивления потока газа, опускаются в нижнюю часть, где подхватываются потоком газа и уносятся в регенератор. Там также в режиме кипящего слоя происходит обжиг катализатора и возвращение его в реактор.

Таким образом, катализатор циркулирует между реактором и регенератором, а газообразные продукты крекинга и обжига удаляются из них.

Использование катализаторов крекинга позволяет несколько увеличить скорость реакции, уменьшить ее температуру, повысить качество продуктов крекинга.

Полученные углеводороды бензиновой фракции в основном имеют линейное строение, что приводит к невысокой *детонационной устойчивости* полученного бензина.

Отметим, что значительно большей детонационной стойкостью обладают углеводороды с молекулами разветвленного строения. Увеличить долю изомерных углеводородов разветвленного строения в смеси, образующейся при крекинге, можно, добавляя в систему катализаторы изомеризации.

## Попутный нефтяной газ

Месторождения нефти содержат, как правило, большие скопления так называемого попутного нефтяного газа, который собирается над нефтью в земной коре и частично растворяется в ней под давлением вышележащих пород. Как и нефть, попутный нефтяной газ является ценным природным источником углеводородов. Он содержит в основном алканы, в молекулах которых от 1 до 6 атомов углерода. Очевидно, что по составу попутный нефтяной газ значительно беднее нефти. Однако, несмотря на это, он также широко используется и в качестве топлива, и в качестве сырья для химической промышленности. Еще несколько десятилетий назад попутный нефтяной газ сжигали как бесполезное приложение нефти. В настоящее время, например, в Сургуте — богатейшей нефтяной кладовой России, вырабатывают самую дешевую в мире электроэнергию, используя как топливо попутный нефтяной газ.

Как уже отмечалось, попутный нефтяной газ по сравнению с природным более богат по составу различными углеводородами. Разделяя их на фракции, получают:

- *газовый бензин* — легколетучую смесь, состоящую в основном из пентана и гексана;
- *пропано-бутановую смесь*, состоящую, как ясно из названия, из пропана и бутана и легко переходящую в жидкое состояние при повышенном давлении;
- *сухой газ* — смесь, содержащую в основном метан и этан.

Газовый бензин, являясь смесью летучих компонентов с небольшой молекулярной массой, испаряется даже при низких температурах. Это позволяет использовать газовый бензин в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания на Крайнем Севере и как добавку к моторному топливу, облегчающую запуск двигателя в зимних условиях.

Пропано-бутановая смесь в виде сжиженного газа применяется как бытовое топливо (знакомые вам газовые баллоны на даче) и для заполнения зажигалок. Постепенный перевод автомобильного транспорта на сжиженный газ — один из основных путей преодоления глобального топливного кризиса и решения экологических проблем.

Сухой газ, близкий по составу к природному, также широко используется в качестве топлива.

Однако применение попутного газа и его составляющих в качестве топлива — далеко не самый перспективный путь его использования.

Значительно более эффективно использовать компоненты попутного газа в качестве сырья для химических производств. Из алканов, входящих в состав попутного нефтяного газа, получают водород, ацетилен, непредельные и ароматические углеводороды и их производные.

Газообразные углеводороды могут не только сопровождать нефть в земной коре, но и образовывать самостоятельные скопления — месторождения природного газа.

## Природный газ

Это смесь газообразных предельных углеводородов с небольшой молекулярной массой. Основным компонентом природного газа является метан, доля которого в зависимости от месторождения составляет от 75 до 99% по объему. Кроме метана, в состав природного газа входят этан, пропан, бутан и изобутан, а также азот и углекислый газ.

Как и попутный нефтяной, природный газ используется и как топливо, и в качестве сырья для получения разнообразных органических и неорганических веществ. Вы уже знаете, что из метана, основного компонента природного газа, получают водород, ацетилен и метиловый спирт, формальдегид и муравьиную кислоту, многие другие органические вещества. В качестве топлива природный газ используют на электростанциях, в котельных системах водяного отопления жилых домов и производственных зданий, в доменном и мартеновском производствах. Чиркая спичкой и зажигая газ в кухонной газовой плите городского дома, вы запускаете цепную реакцию окисления алканов, входящих в состав природного газа.

## Каменный уголь

Кроме нефти, природного и попутного нефтяного газов, природным источником углеводородов является **каменный уголь**. Он образует мощные пласты в земных недрах, его разведанные запасы значительно превышают запасы нефти. Как и нефть, каменный уголь содержит большое количество различных органических веществ. Кроме органических, в его состав входят и неорганические вещества, такие, например, как вода, аммиак, сероводород и, конечно же, сам углерод — уголь. Одним из основных способов переработки каменного угля является коксование — прокаливание без доступа воздуха. В результате коксования, которое проводят при температуре около 1000°C, образуются:

- *коксовый газ*, в состав которого входят водород, метан, угарный и углекислый газы, примеси аммиака, азота и других газов;
- *каменноугольная смола*, содержащая несколько сотен различных органических веществ, в том числе бензол и его гомологи, фенол и ароматические спирты, нафталин и различные гетероциклические соединения;
- *надсмольная*, или аммиачная вода, содержащая, как ясно из названия, растворенный аммиак, а также фенол, сероводород и другие вещества;
- *кокс* — твердый остаток коксования, практически чистый углерод.

Кокс используется в производстве чугуна и стали, аммиак — в производстве азотных и комбинированных удобрений, а значение органических продуктов коксования трудно переоценить.

Таким образом, попутный нефтяной и природный газы, каменный уголь — не только ценнейшие источники углеводородов, но и часть уникальной кладовой невозобновимых природных ресурсов, бережное и разумное использование которых — необходимое условие прогрессивного развития человеческого общества.

## Высокомолекулярные соединения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки

Если относительная молекулярная масса соединения больше 10000, то такое соединение принято называть высокомолекулярным. Большинство высокомолекулярных соединений — полимеры.

**Полимерами называют вещества, молекулы которых состоят из множества повторяющихся структурных звеньев, соединенных между собой химическими связями.**

Вы уже знаете два основных способа получения полимеров — реакции полимеризации и реакции поликонденсации.

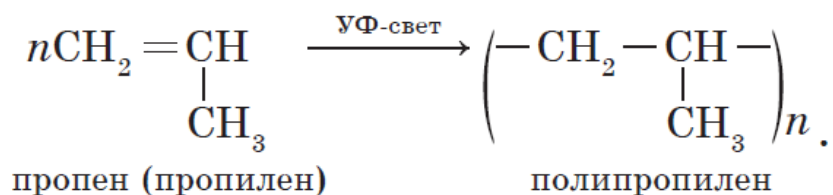
### Реакции полимеризации

**Реакция полимеризации — это химический процесс соединения множества исходных молекул низкомолекулярного вещества (мономера) в крупные молекулы (макромолекулы) полимера.**

В реакции полимеризации могут вступать соединения, содержащие кратные связи, т.е. непредельные соединения. Это могут быть молекулы одного мономера или разных мономеров.

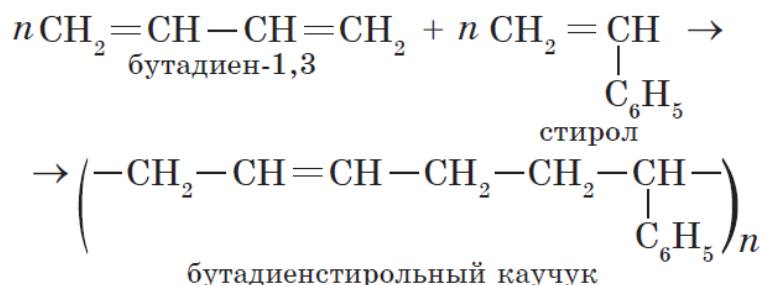
В первом случае происходит *реакция гомополимеризации* — соединение молекул одного мономера, во втором — *реакция сополимеризации* — соединение молекул двух и более исходных веществ.

К реакциям гомополимеризации относятся реакции получения полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида и т.д., например:



Выражение в скобках называют *структурным звеном*, а число  $n$  в формуле полимера — *степенью полимеризации*.

К реакциям сополимеризации относится, например, реакция получения бутадиенстирольного каучука:



## Реакции поликонденсации

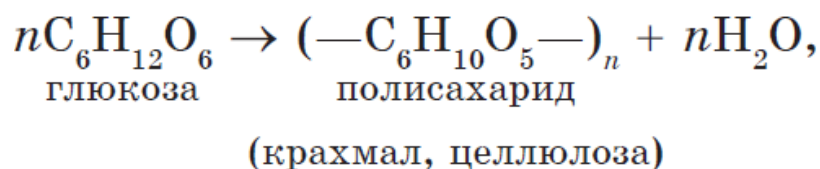
**Реакция поликонденсации** — это химический процесс соединения исходных молекул мономера в макромолекулы полимера, идущий с образованием побочного низкомолекулярного продукта (чаще всего воды).

В реакции поликонденсации вступают молекулы мономера с функциональными группами.

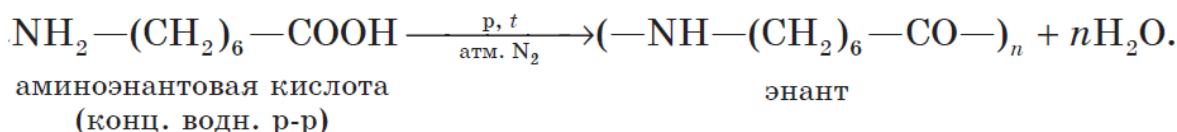
Как и в случае полимеризации, процессы поликонденсации делятся на:

- *реакции гомополиконденсации*, если полимер образуется из молекул одного мономера.

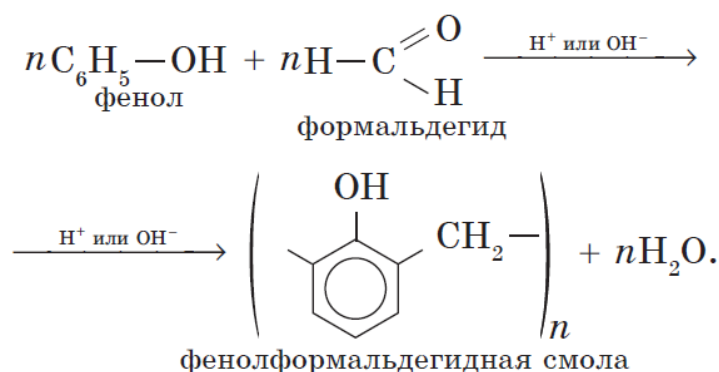
Например, из молекул моносахаридов (глюкозы) в клетках растений образуются полисахариды:



а в промышленности получают синтетическое волокно энант:



- *реакции сополиконденсации* — если полимер образуется из молекул двух и более исходных веществ. Например, к ним относятся синтезы белковых молекул из разных аминокислот или реакция получения фенолформальдегидных смол:



С помощью реакции поликонденсации получают полиэфиры, полиамины, полиуретаны, полиакрил и т. д.

## Пластмассы

**Пластмассами** называют материалы, изготавливаемые на основе полимеров, способные приобретать при нагревании заданную форму и сохранять ее после охлаждения.

Как правило, пластмасса — это смесь нескольких веществ; полимер — это лишь одно из них, но самое важное. Именно он связывает все компоненты пластмассы в единое, более или менее однородное, целое. Поэтому полимер называют связующим.

Первые пластмассы получали на основе природных полимеров — производных целлюлозы, каучука и т.п. Потом в качестве связующих стали применять и синтетические полимеры — фенолформальдегидные смолы, полиэфиры.

Понятно, что превращать в готовые изделия удобнее те пластмассы, которые обратимо твердеют и размягчаются. Это так называемые *термопласты*, или *термопластичные полимеры*. Их можно рационально обрабатывать и перерабатывать методом литья под давлением, вакуумной формовки, профильным прессованием. К таким пластмассам относятся полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид, полиамиды.

Если же в процессе формования изделия происходит сшивка макромолекул и полимер, твердея, приобретает сетчатое строение, то это вещество уже нельзя возвратит в вязко-текучее состояние нагреванием или растворением. Такие пластмассы называют *реактопластами*, или *термореактивными полимерами*. К ним относятся фенолформальдегидные, карбамидные и полиэфирные смолы.

Кроме связующего полимера, в пластмассы часто вводят добавки разного назначения, наполнители, красители, вещества, повышающие механические свойства, термостойкость и износостойкость.

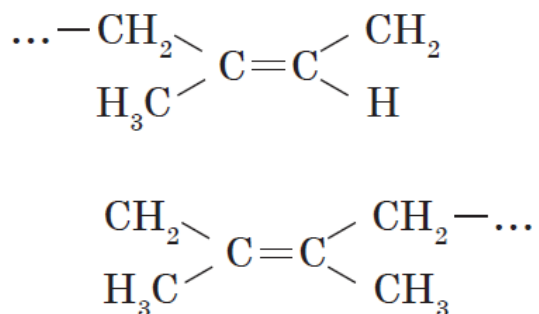
Наполнители в виде порошка или волокна, которые входят в пласт массы, значительно удешевляют их. Вместе с тем они могут придавать пластмассам и многие специфические свойства. Например, пластмассы с наполнителем в виде алмазной и карборундовой пыли — это абразивы, т.е. отличный шлифовальный материал.

Основные потребители пластмасс — это прежде всего строительная индустрия, машиностроение, электротехника, транспорт, производство упаковочных материалов, товаров народного потребления.

Широкому применению пластмасс способствуют низкая стоимость, легкость переработки и свойства, которые часто не уступают свойствам металлов и сплавов или даже превосходят их. Так, изделия из пластмасс очень легки, устойчивы к коррозии и агрессивным средам, прочны, обладают отличными оптическими и изоляционными свойствами.

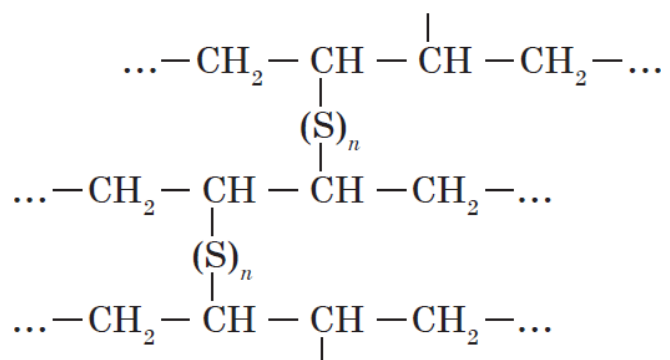
## Каучук

До конца 1930-х гг. в промышленности использовали натуральный каучук, выделяемый из млечного сока (латекса) некоторых растений — каучуконосов. Наиболее ценным каучуконосом является гевея, растущая в Латинской Америке. Исследования показали, что натуральный каучук представляет собой *цис*-полиизопрен, т.е. полимер, элементарные звенья которого соответствуют изопрену (2-метилбутадиен-1,3) и находятся в *цис*конфигурации.



Каучук, в котором все элементарные звенья находятся или в *цис*-, или в *трансконфигурации*, называется **стереорегулярным**.

В середине XIX в. (Гудьир, 1839 г.) было обнаружено, что при нагревании каучука с серой (до 8%) образуется резина — эластичный материал, технические свойства которого гораздо лучше, чем у каучука. При нагревании с серой (вулканизации) происходит сшивание полимерных цепей за счет сульфидных мостиков, что приводит к увеличению прочности, устойчивости к истиранию, действию органических растворителей и других веществ.



В связи с бурным ростом промышленного производства в начале XX в. возросла потребность в каучуке, и это заставило химиков искать пути получения синтетического каучука. Первые попытки были неудачными, так как при

полимеризации диенов образовывались нестереорегулярные цепи (т.е. цепи, в которых элементарные звенья находились как в *цис*-, так и в *транс*конфигурации). Получаемый каучук был похож на смолу, вулканизация его давала резину очень плохого качества.

Впервые технологически удобный способ синтеза полибутадиенового каучука был разработан русским химиком С. В. Лебедевым. В его основе лежала полимеризация бутадиена-1,3 с использованием катализатора — металлического натрия.

Это позволило получить полибутадиен с хорошими технологическими свойствами. Однако этот полимер был нестереорегулярным, и поэтому резина, полученная на его основе, была не эластичной. Стереорегулярные полимеры (в том числе и изопреновые) научились получать лишь в 50-е гг. XX в.

Современная химическая промышленность вырабатывает несколько видов синтетического каучука. В качестве мономеров используют изопрен, бутадиен, хлоропрен (2-хлорбутадиен-1,3), стирол (винилбензол) и т. д. Большое распространение получили резины, произведенные на основе сополимеров алкадиенов с сопряженными двойными связями и производных алкенов.

Такие резины характеризуются высокой морозоустойчивостью, прочностью и эластичностью (бутадиенстирольный каучук), масло-, бензостойкостью (бутадиеннитрильный (нитрил  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$ ), пониженной газопроницаемостью, устойчивостью к действию ультрафиолетового излучения, окислителей (бутил-каучук — сополимер изопрена и изобутилена).

## Волокна

**Волокна** — это полимеры линейного строения, которые пригодны для изготовления нитей, жгутов, текстильных материалов.

*Природные волокна* по происхождению делят на:

- растительные (хлопок, лен, пенька и т.д.);
- животные (шерсть, шелк);
- минеральные (асбест).

*Химические волокна* получают из растворов или расплавов волокнообразующих полимеров. Их подразделяют на:

- искусственные, которые получают из природных полимеров или продуктов их переработки, главным образом, из целлюлозы и ее эфиров (вискозные, ацетатные и др.);
- синтетические, которые получают из синтетических полимеров (капрон, лавсан, энант, нейлон и др.).