

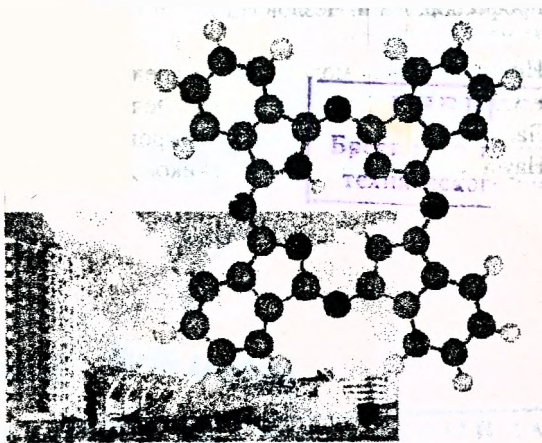
Министерство образования Республики Беларусь  
Брестский государственный технический университет  
Кафедра инженерной экологии и химии

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсу

## «Органическая химия»

для студентов специальности Т19.02 «Производство  
строительных изделий и конструкций»



Брест  
2001

Методические указания содержат описание лабораторных работ, предусмотренных программой курса «Органическая химия» для студентов дневного отделения специальности Т.19.02 «Производство строительных изделий и конструкций». В методические указания включены сведения по технике безопасности при работе в химической лаборатории, практические задачи по синтезу, очистке и определению свойств органических соединений, идентификации органических растворителей. Отдельные разделы посвящены использованию органических соединений в строительной технологии. В указания также включены индивидуальные контрольные задания для самостоятельного выполнения.

**Составители:** Строкач П.П., к.т.н., профессор,  
Басов С.В., к.т.н., доцент,  
Тур Э.А., к.т.н., доцент,  
Халецкий В.А., старший преподаватель,  
кафедра инженерной экологии и химии  
Брестский государственный технический университет

**Рецензенты:** Санкт-Петербургский государственный университет кино и  
телевидения (Российская Федерация),  
Кафедра общей, органической и физической химии,  
Заведующий кафедрой, академик МАНЭиБ,  
профессор, д.х.н. Чезлов И.Г.

Институт высокомолекулярных соединений РАН,  
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация),  
Лаборатория морфологии полимеров,  
Научный сотрудник, к.х.н. Новиков Д.В.

## ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные и практические работы являются важной составляющей учебного процесса, совершенствующей общетеоретическую подготовку будущего специалиста и выработку у него навыков работы в химической лаборатории.

Настоящее методическое издание составлено в соответствии с программой курса «Органическая химия» для студентов дневного отделения специальности Т.19.02 «Производство строительных изделий и конструкций» Брестского государственного технического университета. Оно предназначено для студентов III курса, прошедших подготовку по курсу «Общая химия», и ставит своей задачей научить студента выполнять несложные синтезы органических веществ, познакомиться с основными методами очистки, разделения и идентификации.

Указания состоят из девяти частей. В первой рассмотрены основные правила техники безопасности при проведении лабораторных работ по органической химии. Вторая часть включает практические задачи по очистке органических соединений. В третьей - приводятся описания работ по определению свойств, методов рафинирования и идентификации органических растворителей. В четвертой части рассматриваются основные типы органических реакций. Пятая и шестая - посвящены применению органических соединений в современной строительной технологии. В них включены задачи по получению растворов и дисперсий полимеров и исследованию их свойств, изучению органических пигментов, которые являются одной из основных составных частей (наряду с растворителями) многочисленных лакокрасочных материалов. В седьмой части указаний анализируется влияние органической химии на окружающую среду. Восьмая - содержит индивидуальные контрольные задания, которые студент самостоятельно выполняет в течение семестра и представляет на защиту в указанный срок. В заключительной девятой части приведен список цитируемой и рекомендуемой литературы для самостоятельной подготовки студентов.

Выполнению каждой работы должно предшествовать детальное повторение студентом соответствующего раздела теоретического курса, ознакомление с методикой предстоящей работы, свойствами применяемых в работе веществ и правилами техники безопасности.

## 1. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ

Работая в лаборатории органической химии, необходимо строго соблюдать основные правила техники безопасности. Нужно помнить, что практически все органические вещества в той или иной степени ядовиты, а многие из них - огнеопасны и взрывоопасны.

Приступать к выполнению лабораторных работ можно только с разрешения преподавателя, после проверки степени подготовленности студента к работе.

**Запрещается** приступать к выполнению работы, не ознакомившись со свойствами применяемых в синтезе веществ (огнеопасность, токсичность и т.п.), выливать в раковины остатки кислот и щелочей, огнеопасных, ядовитых, плохо смывающихся и сильно пахнущих жидкостей. Для этого в вытяжном шкафу или около раковины установлена специальная емкость.

При выполнении лабораторных работ студент должен уметь правильно обращаться с химической посудой, соблюдать особую осторожность при работе с токсичными и едкими веществами, знать меры оказания первой медицинской помощи.

### 1.1. Первая медицинская помощь при несчастных случаях

**Порезы.** Основным травмирующим фактором при работе со стеклянной химической посудой являются острые осколки стекла, способные вызвать порезы тела работающего. По этой причине следует соблюдать особую осторожность при использовании такой посуды. Если же во время работы стеклянная посуда все таки разбилась, то необходимо предпринять следующие меры.

При порезах рук или других частей тела стеклом следует удалить из раны мелкие осколки, после чего промыть ее 2%-ным раствором перманганата калия или этиловым спиртом (или другим антисептиком), смазать края раны йодной настойкой и забинтовать. Ни в коем случае не промывать порез водой! При попадании осколков стекла в глаза и в случаях тяжелых ранений (особенно при порезах артерий) после оказания первой помощи немедленно вызвать врача.

При уборке рабочего места осколки разбитой посуды во избежание порезов нельзя бирать голыми руками, нужно использовать щетку и совок.

**Ожоги.** При слабых термических ожогах и при ожогах на небольшом участке - охладить под струей водопроводной воды, затем протереть обожженное место этиловым спиртом. Не применять мазей и масел, не вскрывать пузыри!

При химических ожогах кожи необходимо промыть обожженный участок сильной струей воды, после этого при ожогах щелочами промыть 3%-ным раствором уксусной кислоты, а при ожогах кислотами - 3%-ным раствором гидрокарбоната натрия.

В случае получения сильных ожогов после оказания первой помощи немедленно вызвать врача.

При ожогах глаз - многократно промыть поврежденное место проточной водой. Для этого в случае необходимости открыть глаза силой! Затем завязать платком и немедленно вызвать врача.

**Отравления.** При отравлении ядами тотчас выпить насыщенный раствор поваренной соли. Вызвать сильную рвоту, чтобы быстро удалить яд из желудка. Немедленно вызвать врача!

При отравлениях газами и парами пострадавшего необходимо немедленно вывести на свежий воздух и вызвать врача. Не допускать вдыхания паров воды! Применять искусственное дыхание только в самых экстренных случаях, при этом проводящий искусственное дыхание должен стараться не вдыхать ядовитый газ.

## 1.2. Свойства соединений, используемых в лабораторных работах

**Анилин (аминобензол)** ( $C_6H_5NH_2$ ). Бесцветная маслянистая жидкость со слабым запахом, на воздухе, вследствие окисления, приобретает темно-коричневый цвет. Частично растворим в воде, смешивается с эфиром, спиртом, бензолом. Анилин ядовит - действует на кровь, вызывая превращение оксигемоглобина в метгемоглобин; может проникать в организм через кожные покровы. Предельно-допустимая концентрация (ПДК) в воздухе  $5 \text{ мг/м}^3$ .

**Ацетон (диметилкетон)** ( $CH_3COCH_3$ ). Бесцветная легколетучая жидкость с характерным запахом, легкогорюч. Образует с воздухом взрывоопасные смеси. По действию на организм ацетон относится к сильным наркотикам, поражающим нервную систему. ПДК в воздухе  $200 \text{ мг/м}^3$ .

**Бензол** ( $C_6H_6$ ). Бесцветная жидкость с характерным запахом. Хорошо растворим в спирте, эфире, хлороформе. Бензол является одним из самых опасных для здоровья человека растворителей (ПДК  $5 \text{ мг/м}^3$ ). Действует как сильный яд. Вызывает изменения кровяной системы, причем последствия отравления бензолом могут проявляться через несколько лет после отравления. Запрещается работать с бензолом беременным женщинам. Находится в помещении, где отчетливо чувствуется запах бензола, опасно!

**Бензойная кислота** ( $C_6H_5COOH$ ). Кристаллическое вещество белого цвета. Растворима в спирте, эфире, бензоле, частично в воде. Бензойная кислота и ее соли обладают значительной бактерицидной активностью, резко возрастающей с уменьшением рН среды. Соли бензойной кислоты (например, *бензоат натрия*) используются для консервации пищевых продуктов.

**Борная кислота** ( $H_3BO_3$ ). Слабая неорганическая кислота, бесцветные кристаллы в виде чешуек без запаха. Применяется в медицине как дезинфицирующее средство.

**Гидроксид натрия (едкий натр, каустическая сода)** ( $NaOH$ ). Кристаллическое вещество белого цвета. Водный раствор является сильной щелочью. При попадании на кожу, слизистые оболочки и, особенно, в глаза возникают сильные химические ожоги.

**Гидроксиэтилцеллюлоза (ГЭЦ)**. Белый или желтоватый порошок с малой насыпной плотностью. Легкогорюч. Пылит. Пыль опасна при вдыхании.

**Дихромат калия (двуххромовокислый калий)** ( $K_2Cr_2O_7$ ). Кристаллическое вещество оранжево-красного цвета. Сильный окислитель. Обладает канцерогенным действием, поражает центральную нервную систему, оказывает повреждающее действие на репродуктивные органы. При попадании концентрированных растворов на кожу, глаза, слизистые оболочки вызывает химические ожоги.

**Диэтиловый эфир (этиловый эфир, серный эфир)** ( $C_2H_5OC_2H_5$ ). Бесцветная, легкоподвижная жидкость со своеобразным запахом. Огне- и взрывоопасен! Ядовит! ПДК  $300 \text{ мг/м}^3$ .

**Изопропиловый спирт (изопропанол)** ( $CH_3-CH(OH)-CH_3$ ). Бесцветная жидкость с характерным спиртовым запахом. Обладает наркотическим действием. ПДК в воздухе  $200 \text{ мг/м}^3$ .

**Изоамиловый спирт (3-метилбутанол-1)** ( $(CH_3)_2CHCH_2CH_2OH$ ). Бесцветная жидкость с характерным «сивушным» запахом. Применяется для синтеза сложных эфиров, производства порохов и пищевых эссенций. Обладает наркотическим действием. ПДК в воздухе  $100 \text{ мг/м}^3$ .

**Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ)**. Белый или желтоватый порошок с малой насыпной плотностью. Легкогорюч. Пылит. Пыль опасна при вдыхании.

**Метан** ( $CH_4$ ). Газ без цвета и запаха, малорастворим в воде, легче воздуха, горит бледным синеватым пламенем. Смесь метана с воздухом чрезвычайно взрывоопасна. Широко используется как топливо в промышленности и в быту.

**Метанол (древесный спирт)** ( $CH_3OH$ ). Бесцветная, легкоподвижная жидкость с приятным яблочным запахом. Неограниченно смешивается с водой. По своему действию на орга-



низм человека является одним из наиболее опасных ядов среди всех органических растворителей (ПДК в воздухе  $5 \text{ мг/м}^3$  - ниже порога восприятия по запаху). Метанол обладает резко выраженным кумулятивным эффектом и в связи с особой опасностью к работе с ним допускаются только лица, прошедшие специальный инструктаж.

**Нафталин** ( $\text{C}_{10}\text{H}_8$ ). Твердое кристаллическое вещество с характерным запахом, в воде не растворяется, хорошо растворимо в бензоле, эфире. Обладает канцерогенным действием.

**$\beta$ -Нафтол (оксинафталин)** ( $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{OH}$ ). Бесцветное кристаллическое вещество, с характерным запахом, умеренно растворимое в воде, хорошо в органических растворителях. Используется для производства красителей, в парфюмерной промышленности, аналитической химии.

**Нитробензол** ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ ). Желтоватая маслянистая жидкость с характерным запахом горького миндаля. Мало растворимо в бензоле, эфире. Обладает канцерогенным действием. Ядовит. ПДК  $5 \text{ мг/м}^3$ .

**Нитрующая смесь**. Смесь концентрированной азотной и серной кислот. Представляет опасность (вызывает сильные химические ожоги) как при внешнем воздействии, так и при попадании вовнутрь.

**Резорцин (мета-диоксибензол, 1,3-диоксибензол)** ( $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$ ) Бесцветное кристаллическое вещество с характерным ароматическим запахом. Применяется в медицине как обеззараживающее средство при лечении кожных заболеваний, в промышленности - для получения полимеров, красителей и др.

**Салициловая кислота (орто-оксибензойная кислота)** ( $\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-COOH}$ ). Представляет собой белые кристаллы игольчатой формы, растворимые в горячей воде. Применяется для консервирования пищевых продуктов, фруктов, вин, в медицине как жаропонижающее при инфекционных заболеваниях.

**Серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )**. Бесцветная или слегка желтоватая маслянистая жидкость, очень гигроскопична, растворяется в воде с выделением большого количества теплоты. Является сильной кислотой и сильным окислителем (при нагревании). Представляет опасность (вызывает сильные химические ожоги) как при внешнем воздействии, так и при попадании вовнутрь.

**Соляная кислота (хлороводородная кислота) (HCl)**. Водный раствор хлороводорода. Сильная кислота со специфическим острым запахом хлористого водорода. В присутствие примесей Fe,  $\text{Cl}_2$  или других веществ имеет желтовато-зеленый цвет. Представляет опасность (вызывает сильные химические ожоги) как при внешнем воздействии, так и при попадании вовнутрь. При длительной работе с концентрированной соляной кислотой возможны поражения дыхательных путей, слизистой оболочки носа, желудочно-кишечные расстройства.

**Стиролакриловая сополимерная дисперсия**. Белая, сильно опалесцирующая вязкая жидкость с приятным цветочным запахом. Обладает токсичными свойствами за счет наличия в качестве примесей свободных стирола и метилметакрилата.

**Тетрахлорметан (четырёххлористый углерод) ( $\text{CCl}_4$ )**. Бесцветная тяжелая негорючая жидкость, по запаху напоминающая хлороформ. Обладает наркотическим действием. Сильный яд (ПДК в воздухе  $20 \text{ мг/м}^3$ ). Вызывает поражения печени, почек и других органов. Способен всасываться через кожу. Опасные для здоровья и даже смертельные концентрации паров  $\text{CCl}_4$  могут образовываться даже, если большое его количество разольется на поверхность рабочего стола. Широко применяется в качестве растворителя жиров, смол, каучука и др.

**Толуол (метилбензол) ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ )**. Бесцветная подвижная жидкость с характерным запахом. Действует на организм человека аналогично бензолу, но вследствие меньшей летуче-

сти, работа с ним менее опасна. ПДК 50 мг/м<sup>3</sup>. Применяется при производстве взрывчатых веществ, красителей и др. веществ, а также как растворитель.

**Фенол** (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH). Бесцветные розовеющие на воздухе кристаллы с характерным запахом. Ядовит (ПДК в воздухе 5 мг/м<sup>3</sup>). При попадании на кожу вызывает местные химические ожоги. Применяется в производстве фенолформальдегидных полимеров, красителей, лекарственных препаратов. Разбавленные водные растворы («карболка») применяют для дезинфекции белья, помещений.

**Формалин (водный раствор формальдегида)** (H<sub>2</sub>C=O). Раствор, содержащий 35-40% формальдегида, 6-15% метанола, 0,02-0,04% муравьиной кислоты. Бесцветная, обладающая резким запахом, ядовитая жидкость, мутнеющая при стоянии, вследствие выпадения белого осадка параформальдегида. Применяется как дезинфицирующее средство, для сохранения анатомических препаратов, дубления кожи и др.

**Хлорбензол** (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl). Бесцветная жидкость с характерным запахом. Плохо растворим в воде. Токсичен. ПДК 50 мг/м<sup>3</sup>. Применяется как растворитель, а также как исходный и промежуточный продукт в органических синтезах.

**Хромовая смесь.** Раствор дихромата калия или натрия в концентрированной серной кислоте. Является сильным окислителем. Представляет опасность (вызывает сильные химические ожоги) как при внешнем воздействии, так и при попадании вовнутрь.

**Хлороформ (трихлорметан)** (CHCl<sub>3</sub>). Тяжелая бесцветная жидкость с характерным сладковатым запахом; растворимая в большинстве органических растворителей, практически нерастворима в воде. Хлороформ негорюч и не образует взрывоопасных смесей с воздухом. Обладает сильным наркотическим и анестезирующим действием. Действует токсически на обмен веществ и на внутренние органы, особенно на печень. ПДК 10 мг/м<sup>3</sup>. Ранее применялся для наркоза при операциях, однако в настоящее время его заменяют менее токсичными веществами.

**Уксусная кислота** (CH<sub>3</sub>COOH). Бесцветная жидкость с характерным запахом, хорошо растворима в воде. Относится к легковоспламеняющимся жидкостям. Обладает сильным раздражающим действием. Растворы с концентрацией кислоты выше 30% вызывают ожоги кожи. ПДК 5 мг/м<sup>3</sup>. Широко применяется в химической, лакокрасочной, пищевой промышленности, в медицине и в быту (уксус).

**Уротроин (гексаметиленотрамин, гексамин)** (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>N<sub>4</sub>). Бесцветное кристаллическое вещество. Растворим в воде, плохо растворим в тетрахлометане, бензоле, эфире. Применяется в производстве фенолформальдегидных смол, в медицине как антисептик.

**Этиловый спирт (этанол, винный спирт)** (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH). Бесцветная легкоподвижная жидкость, с характерным запахом. Смешивается в любых соотношениях с водой, спиртами, эфиром, глицерином и другими растворителями. Горит бесцветным пламенем. Сильный наркотик, оказывающий возбуждающее действие на организм. Технический этиловый спирт всегда содержит примеси метанола, альдегидов, сложных эфиров и других токсичных веществ.

### 1.3. Пожарная безопасность при работе с органическими растворителями

При работе с органическими растворителями следует помнить, что многие из них являются горючими и легко воспламеняющимися веществами, а так же могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси. По этой причине они представляют повышенную пожарную опасность.

В химических лабораториях и на производстве, в качестве одного из основных способов очистки и разделения веществ, широко применяется *перегонка* органических растворителей (п. 2.4.). Пожарная опасность процессов перегонки обусловлена использованием в качестве растворителей легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, применением элек-

трического обогрева, а также использованием хрупкой стеклянной посуды, заполненной органическими растворителями.

*Пожароопасные органические растворители* условно разделяются на три группы:

1. Растворители, кипящие при температуре ниже 50°C (*диэтиловый эфир, сероуглерод*). Это как правило, легковоспламеняющиеся жидкости, имеющие невысокую температуру вспышки, пары которых могут воспламениться даже при соприкосновении с горячей поверхностью электронагревательного прибора. Поэтому при работе с такими растворителями используют водяную баню, нагретую до 60-70°C.

2. Растворители, имеющие температуру кипения в пределах 50-100°C (*этиловый спирт, ацетон, бензол* и др.), перегоняют используя водяную баню с паровым или электрическим подогревом.

3. Растворители, имеющие температуру кипения выше 100°C (*толуол, ксилол* и др.) перегоняют, используя масляную или воздушную бани. В качестве источника нагрева применяют электронагревательные приборы с закрытой спиралью.

Категорически запрещается нагревать посуд с огнеопасным органическим растворителем на открытом огне!

Перед началом и в ходе перегонки органических растворителей необходимо соблюдать следующие меры пожарной безопасности:

1. Начиная работу с легковоспламеняющимися органическими растворителями работающие обязаны подготовить первичные средства пожаротушения и проверить их исправность.

2. Перед перегонкой органических растворителей необходимо подобрать обогревающую баню такого диаметра, который был бы больше размера используемого нагревательного прибора (например, электрической плитки с закрытой спиралью).

3. Для перегонки органических растворителей перегонную колбу выбирают с учетом того, чтобы объем жидкости в ней был не более 2/3 ее объема. Это делается для того, чтобы при интенсивном кипении исключить выброс нагреваемой жидкости из колбы в приемный сосуд и попадание ее паров в атмосферу.

4. Если перегоняемые жидкости кипят при температуре не выше 80°C, то нагревание следует проводить только на водяной бане. При заполнении бани водой следует учитывать, что свободный ее объем (т.е. не заполненный водой) должен в случае выхода из строя колбы вместить перегоняемую жидкость без перелива через край.

5. Перед началом перегонки в перегонную колбу следует опустить несколько кусочков битого кирпича или осколков фаянсовой посуды, так называемые *кителки*, для обеспечения равномерного кипения без местных перегревов и выбросов жидкости.

6. Нагрев обогревающей бани начинают только после окончания всех подготовительных операций, включающих и пуск воды в рубашку холодильника.

7. Необходимо постоянно контролировать температуру обогревающей бани - ее рабочая температура не должна превышать температуру кипения отгоняемого растворителя примерно на 20-30°C.

8. В зависимости от температуры кипения перегоняемой жидкости выбирают и тип холодильника. Так, если растворитель кипит при температуре не выше 120-130°C, то применяют водяные холодильники (проточное водяное охлаждение). При перегонке жидкостей, кипящих выше этой температуры используют в качестве охлаждающего компонента непроточную воду или воздушный холодильник, так как вследствие большого перепада температуры водяной холодильник может треснуть.

Запрещается нагревать на водяных банях вещества, которые могут вступать в реакцию с водой со взрывом или выделением газов!



## 2. МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

При синтезе органических соединений, как правило, полученные продукты содержат некоторое количество примесей (исходные вещества, не вступившие в реакцию, побочные продукты, растворители и др.). Чтобы избавиться от них, применяют различные методы очистки и разделения органических веществ. Эти методы довольно разнообразны и зависят от физических и химических свойств веществ, подвергаемых очистке или разделению. Рассмотрим некоторые основные методы, применяемые для этой цели.

### 2.1. Фильтрация

*Фильтрацией* называется процесс отделения мелких частиц твердого вещества от жидкости (или газа) посредством пропускания взвеси через пористые материалы - *фильтры*.

В качестве фильтра используют фильтровальную бумагу, различные ткани, пористое стекло, асбест, обычную и стеклянную вату и др.

☑ *На скорость фильтрации влияют следующие факторы:*

- размеры пор фильтра;
- площадь фильтрующей поверхности;
- вязкость фильтруемой жидкости;
- разность давлений;
- характер растворителя и отделяемого вещества (осадка).

С учетом этих факторов фильтрация может проводиться различными способами. Наибольшее распространение получили два основных способа фильтрации: при *нормальном* и *пониженном* давлении.

*Фильтрация при нормальном давлении* - наиболее простой и часто применяемый в лабораторной практике способ, не требующий сложных приспособлений. Для этого необходимы стеклянная воронка и фильтр (рис. 2.1).

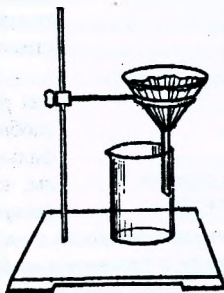


Рис. 2.1. Установка для фильтрации через стеклянную воронку.

*Фильтрация при пониженном давлении (вакуумное фильтрование)* применяют для ускорения процесса фильтрации. Основным прибором в этом методе служит *нутч-фильтр*, состоящий из фарфоровой *воронки Бюхнера*, в которую помещается бумажный фильтр, и *толстостенной колбы Бунзена*, соединенной через предохранительную склянку с водоструйным (или другим) насосом (рис. 2.2). При этом диаметр бумажного фильтра, который перед использованием смачивают дистиллированной водой (или другим растворителем), должен быть немного меньше внутреннего диаметра воронки, но таким, чтобы фильтр полностью закрывал все отверстия.

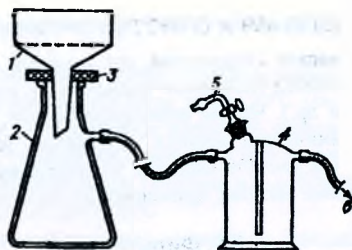


Рис. 2.2. Прибор для фильтрации при пониженном давлении (нутч-фильтр)

- 1 - воронка Бюхнера; 2 - колба Бунзена; 3 - кольцо вакуумной резины;  
4 - предохранительная стеклянная тарелка (стеклянная тарелка Тисченко для жидкостей); 5 - кран для выпуска воздуха; 6 - отвод к водоструйному насосу.

**Фильтрация горячих растворов.** Необходимость в фильтрации горячих растворов возникает при работе с вязкими растворами, а также в случаях, когда необходимо предотвратить охлаждение в процессе фильтрации и возможную в связи с этим кристаллизацию растворенного вещества на поверхности фильтра. Приспособление для горячего фильтрования водных растворов (рис. 2.3) состоит из термостойкого стакана, в который вливают немного воды, и укороченной воронки с фильтром.

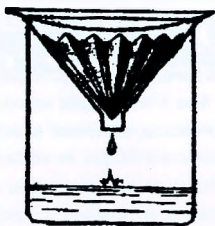


Рис. 2.3. Приспособление для горячего фильтрования водных растворов

**Декантацией** называется сливание жидкости с отстоявшегося осадка. К ней целесообразно прибегать в тех случаях, когда в сравнительно большом количестве жидкости находится немного твердого вещества, которое легко оседает на дно.

**Центрифугированием** называется разделение в поле центробежных сил систем с размером частиц более 100 нм. Оно бывает двух типов: фильтрующее, предназначенное для интенсификации процесса фильтрации, и стаканное (пробирочное), применяемое для ускорения оседания взвешенного в жидкой фазе вещества.

## 2.2. Перекристаллизация

**Перекристаллизация** - один из важнейших методов очистки твердых веществ, основанный на различной растворимости очищаемого вещества и сопутствующих ему примесей в горячем и холодном растворителе.

Загрязненное примесями вещество растворяют при нагревании в подходящем растворителе, а затем горячий раствор отфильтровывают от нерастворимых примесей и дают охладиться. Выпавший осадок промывают чистым растворителем, отфильтровывают и сушат.

Решающее значение для успешного проведения перекристаллизации имеет правильный выбор растворителя. В качестве растворителей в этом методе применяют этиловый спирт, ацетон, бензол, хлороформ, воду и др. Одно из основных требований к растворителю заключается в том, чтобы при нагревании он растворял перекристаллизуемое вещество значительно лучше, чем на холоде. Кроме того, он не должен растворять примеси (тогда их можно будет отфильтровать) или, наоборот, должен растворять их очень хорошо (тогда при охлаждении раствора они не выпадут вместе с основным продуктом, а останутся в маточном растворе). Естественно, необходимо использовать растворитель химически инертный по отношению к очищаемому веществу.

### 2.3. Возгонка

*Возгонка (сублимация)* основана на свойстве некоторых твердых веществ, нагретых ниже их температуры плавления, активно испаряться (т.е. переходить в парообразное состояние, минуя жидкую фазу), а затем при охлаждении - опять переходить в твердое состояние.

Для очистки органических соединений возгонка удобна в том случае, когда возгоняется лишь основной продукт, а примеси не испаряются.

Для сублимации небольших количеств легко возгоняющихся веществ при нормальном давлении широко применяется простейший прибор (рис. 2.4), состоящий из фарфоровой чашки, в которую помещают мелко раздробленное вещество, и стеклянной воронки, которой накрывают чашку. Отводную трубку воронки закрывают куском ваты, а между чашкой и воронкой помещают фильтровальную бумагу с многочисленными небольшими отверстиями для пропускания паров. Это делают для того, чтобы кристаллы вещества, образовавшиеся на холодной поверхности воронки, не падали опять на возгоняемое вещество.

Нагревание фарфоровой чашки с веществом следует вести медленно и осторожно, т.к. даже небольшой перегрев может привести к термическому разложению очищаемого вещества.

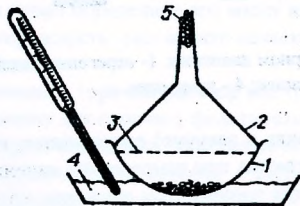


Рис. 2.4. Простейший прибор для возгонки:

- 1 — фарфоровая чашка с веществом; 2 — стеклянная воронка; 3 — кружок фильтровальной бумаги с отверстиями; 4 — песчаная баня; 5 — вата.

Преимущество возгонки по сравнению с перекристаллизацией заключается в том, что в результате сублимации, как правило, сразу же получается чистый продукт (98-99%), а сам процесс возгонки легко провести даже с очень небольшими количествами вещества. С другой стороны, возгонка - весьма длительный процесс и, кроме того, область ее применения ограничена тем, что способность многих твердых соединений сублимироваться ничтожно мала.

Понижение давления в процессе сублимации позволяет снизить температуру, при которой вещества начинают возгоняться, поэтому под вакуумом удается сублимировать многие труднолетучие органические соединения. Такой процесс проводят в специальных приборах - *вакуум-сублиматорах*.

## 2.4. Перегонка

*Перегонка* - способ разделения или очистки веществ, основанный на различных температурах кипения составляющих жидкость компонентов.

Перегонка представляет собой процесс, при котором вещества, входящие в состав смеси, путем нагревания последовательно переводятся в парообразное состояние, пары отводятся в холодильник, где они конденсируются в жидкость, поступающую затем в приемник.

За ходом перегонки наблюдают по показаниям термометра, входящего в состав перегонных установок. Определение температуры кипения каждого из перегоняющихся веществ служит основным способом идентификации вещества при его выделении и очистке перегонкой.

На практике широко применяются три основных способа перегонки:

- перегонка при нормальном давлении (простая и фракционная);
- перегонка при пониженном давлении (перегонка в вакууме);
- перегонка с водяным паром.

*Простая перегонка* применяется только в тех случаях, когда требуется отделение целевого продукта от практически нелетучих примесей (например, при очистке жидкостей от механических примесей, нелетучих солей и т.п.). Схема установки для простой перегонки представлена на рис. 2.5.

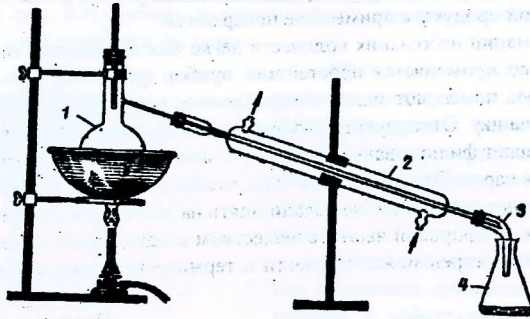


Рис. 2.5. Установка для перегонки при атмосферном давлении: 1 - перегонная колба (колба Вюрца); 2 - холодильник; 3 - алонж; 4 - приемник.

*Перегонка при пониженном давлении* (перегонка в вакууме) применяется, когда перегоняемые вещества полностью или частично разлагаются при температуре кипения (при атмосферном давлении). Если перегонку проводить при пониженном давлении, то температура кипения веществ понижается, а значит, уменьшается или вовсе устраняется возможность их разложения.

*Перегонка с водяным паром.* Этим способом пользуются для выделения из смесей веществ, которые кипят при довольно высокой температуре, а поэтому не исключена возможность их разложения. Перегонять с водяным паром можно только такие органические вещества, которые нерастворимы или труднорастворимы в воде, а также не взаимодействующие с ней. Кроме этого, этот метод применяется для разделения таких смесей веществ, из которых только одно улетучивается с паром.

Преимущество этого метода перед обычной перегонкой или перекристаллизацией особенно ярко проявляется в тех случаях, когда очищаемый продукт загрязнен большим количеством смолястых примесей или разлагается при температуре кипения даже под вакуумом.



## 2.5. Экстракция

*Экстракция* - широко применяемый метод очистки веществ от примесей и разделения смесей, основанный на различной растворимости веществ в подходящем растворителе или в двух несмешивающихся растворителях.

Растворитель для экстракции должен отвечать определенным требованиям:

- не растворяться в другом растворителе, который содержит извлекаемое вещество;
- существенно лучше растворять экстрагируемое вещество, чем растворитель, из которого это вещество извлекается;
- не должен химически взаимодействовать ни с извлекаемым веществом, ни с растворителем его содержащим;
- легко удаляться при выделении из него извлекаемого вещества;
- быть сравнительно безопасным в обращении.

Чаще всего экстрагированию подвергаются водные растворы. Один из методов состоит в проведении экстрагирования в делительной воронке, в которую наливают раствор, подлежащий экстракции, и экстрагирующую жидкость (не более 2/3 объема воронки). Делительную воронку закрывают пробкой и осторожно встряхивают, после чего закрепляют на штативе и оставляют в покое до полного разделения слоев жидкостей. Затем открывают пробку и кран и медленно сливают нижний слой в стакан. Оставшийся верхний слой (*экстракт*) выливают через верхнее отверстие воронки в другую посуду. После этого растворитель отгоняют и получают извлекаемое вещество.

Для извлечения нужного продукта из смеси твердых веществ иногда достаточно размешать эту смесь с подходящим растворителем, отфильтровать полученный раствор и выделить из него искомое вещество. Такой вид экстракции, проводимый при комнатной температуре, называется *мацерацией*, а при нагревании - *дегерированием*.

## 2.6. Лабораторная работа

### Опыт №1

#### **Очистка органического вещества методами фильтрования и перекристаллизации**

Возьмите небольшое количество (около 1г) загрязненного примесями органического вещества и точно определите его массу взвешиванием на техномических весах. Затем, соблюдая осторожность, растворите навеску в 30-50 мл кипящей воды в термостойком химическом стакане.

Полученный горячий раствор быстро отфильтруйте от нерастворимых примесей, изменяя установку для горячего фильтрования (рис. 2.3).

Для предотвращения кристаллизации вещества на фильтре не забудьте во время фильтрования подогреть воронку с фильтром. Это делается следующим образом: в термостойкий стакан наливают  $\approx 20$  мл воды, на него устанавливают воронку с фильтром, смоченным водой, закрывают часовым стеклом и нагревают на сетке или песчаной бане. Если вещество все-таки частично выкристаллизовалось, то можно промыть фильтр небольшим количеством горячей воды.

Полученный фильтрат охладите до комнатной температуры. При этом выпадет осадок, который отфильтруйте на нугч-фильтре. В соответствии с правилами техники безопасности колбу Буизена при работе водоструйного насоса необходимо закрывать полотенцем.

Полученный осадок высушите в сушильном шкафу при  $60^{\circ}\text{C}$  и взвесьте.

Определите выход вещества (x) при перекристаллизации в % по формуле:

$$X = \frac{b}{a} \cdot 100\%,$$

где b - масса очищенного вещества, г, a - масса полученного для очистки вещества, г.

### Опыт №2

#### Очистка нафталина сублимацией

☑ *Соблюдайте особую осторожность при работе с нафталином. Опыт проводите под тягой!*

Поместите в маленькую фарфоровую чашку около 1 г технического нафталина и накройте стеклянной воронкой, как описано в п. 2.3. Чашку осторожно нагрейте, не допуская плавления вещества. Внимательно следите за происходящим процессом. Какую форму принимает оседающий на стенках воронки нафталин? Все ли твердые вещества можно очищать подобным методом?

### Опыт №3

#### Извлечение диэтиловым эфиром анилина из смеси анилин-вода

☑ *Соблюдайте особую осторожность при выполнении опыта. Вблизи не должно быть источника открытого огня!*

Около 10 мл 3%-ной суспензии анилина в воде поместите в делительную воронку, прилейте 5-7 мл эфира и несколько раз встряхните. Эфирный экстракт анилина после отстаивания будет находиться в верхнем слое, а вода - в нижнем. Далее опыт проводится так, как описано в п. 2.5.

Почему для извлечения анилина в этом опыте используется диэтиловый эфир?

## 3. ОРГАНИЧЕСКИЕ РАСТВОРИТЕЛИ, ИХ СВОЙСТВА, КЛАССИФИКАЦИЯ, МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ

### 3.1. Свойства и классификация растворителей

*Растворители* - химические соединения или смеси, способные растворять различные вещества, т.е. образовывать с ними однородные (однофазные) тела переменного состава - *растворы*, состоящие из двух или большего числа компонентов.

☑ *Основные области применения растворителей:*

- приготовление растворов различных веществ;
- в качестве среды для проведения различных реакций;
- промывка продуктов реакции;
- перекристаллизация и экстрагирование;
- проведение химического анализа (жидкостная хроматография, спектроскопия, титрование).

Все растворители характеризуются физическими константами (температурой кипения, интервалом температур, в котором перегоняется растворитель, плотность, показатель преломления и т.д.). Знание этих констант необходимо для оценки пригодности растворителя в том или ином случае.

Существует несколько подходов к классификации растворителей.

1. *По температуре кипения.* Растворители с температурой кипения ниже 100°C при 760 мм.рт.ст. относятся к низкокипящим, с температурой кипения выше 150°C - к высококипящим.

2. По степени летучести. Растворители подразделяют на легколетучие, среднелетучие и труднелетучие. Летучесть зависит от теплоты испарения, а не от температуры кипения.

3. По наличию дипольного момента. Растворители подразделяются на полярные (вода, амиды кислот) и неполярные (бензол, бензин).

Также растворители подразделяются на органические и неорганические.

К важнейшим неорганическим растворителям относятся вода, жидкий аммиак ( $\text{NH}_3$ ), жидкий оксид серы (IV) ( $\text{SO}_2$ ); фтороводород (HF), легкоплавкие галогениды, например ( $\text{BrF}_3$ ), расплавы металлов (Sn, Ga) и другие соединения.

Большее практическое значение представляют органические растворители, подавляющее большинство из которых - летучие, токсичные и горючие вещества, образующие с воздухом взрывчатые смеси. Они широко применяются для растворения растительных и минеральных масел, жиров, битумов, каучуков, многих природных и синтетических смол, восков и парафинов, а также в качестве разбавителей лакокрасочных материалов.

Органические растворители представляют собой жидкие продукты, относящиеся к различным классам органических соединений, и могут быть подразделены на следующие группы:

*алифатические углеводороды* (пентан, гексан, изооктан и др.);

*алициклические углеводороды* (циклогексан, декалин и др.);

*ароматические углеводороды* (бензол, толуол, ксилолы и др.);

*смеси углеводородов* (бензины и т.п.);

*хлорпроизводные углеводородов* (метилхлорид, хлороформ, четыреххлористый углерод, хлорбензол, дихлорэтан и др.);

*спирты* (метанол, этанол, изопропанол, бутанол и др.);

*сложные и простые эфиры* (диэтиловый эфир и др.);

*кетоны* (ацетон, метилэтилкетон и т.д.)

*карбоновые кислоты* (например, уксусная кислота);

*соединения, содержащие азот и серу* (N,N-алкиламиды кислот, нитрометан, нитропропан, нитробензол, сероуглерод и др.).

При практическом использовании растворителей очень важно, чтобы они были достаточно чистыми. Однако очевидно, что при проведении различных работ требования к чистоте растворителей могут весьма существенно различаться. Поэтому универсальных методов очистки растворителей не существует.

Более того, при высоких требованиях к чистоте растворителя, как правило, нецелесообразно прибегать к очистке технических продуктов, которая очень трудоемка и не всегда достаточно эффективна. В настоящее время вполне доступными являются растворители квалификации ч.д.а. (чистые для анализа) и х.ч. (химически чистые). Но даже эти растворители, которые для большинства целей можно использовать без дополнительной очистки, нередко содержат заметное количество влаги.

Органические растворители без примеси воды называются абсолютными (абсолютный спирт, абсолютный эфир).

Рассмотрим некоторые из наиболее часто используемых органических растворителей различных классов и основные способы их очистки.


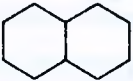
### 3.2. Алифатические и алициклические углеводороды

*Алифатические углеводороды* представляют собой бесцветные, легкоподвижные жидкости, широко применяющиеся в качестве химически инертных растворителей и разбавителей, а также для перекристаллизации многих органических соединений.

Алифатические углеводороды не смешиваются с водой, при 20°C они содержат не более 0.01% (масс.) влаги. Если необходимо получить совершенно сухой растворитель, его пе-

регионют над металлическим натрием без доступа воздуха и хранят в герметически закрытой склянке над натриевой проволокой.

Таблица 3.1. Свойства алифатических и алициклических углеводородов.

Вещество	Формула	Температура кипения, $t_{\text{кип}}$ , °С	Относительная плотность, $d_{4}^{20}$ , г/см <sup>3</sup>	Показатель преломления $n_D^{20}$
Пентан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	36	0,626	1,358
Гексан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	68,7	0,659	1,375
Гептан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	98,4	0,684	1,387
Изооктан	$(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	99,2	0,692	1,392
Октан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	125,7	0,703	1,397
Петролейный эфир				
легкий	смесь углеводородов	35-60	0,59-0,62	-
тяжелый	смесь углеводородов	60-80	0,64-0,66	-
Циклогексан	$\text{C}_6\text{H}_{12}$ 	81,4	0,779	1,426
Декалин	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}$ 	192	0,886	1,48

Практически все алифатические углеводороды относятся к легковоспламеняемым жидкостям, обладают низкой температурой вспышки и образуют с воздухом взрывоопасные смеси.

Пары алифатических углеводородов обладают легким наркотическим действием и в высокой концентрации опасны для здоровья.

*Алициклические углеводороды* по свойствам и применению близки к алифатическим.

Некоторые свойства *алифатических* и *алициклических углеводородов* представлены в табл. 3.1.

### 3.3. Ароматические углеводороды

Ароматические углеводороды, представляющие собой бесцветные жидкости с характерным запахом, обладают более высокой (по сравнению с алифатическими углеводородами) растворяющей способностью по отношению ко многим классам органических соединений. Они широко применяются в качестве растворителей для перекристаллизации и извлечения (экстракции), а также в качестве среды при проведении многих реакций.

Ароматические углеводороды не смешиваются с водой, при 20°C они содержат не более 0.06% (масс.) влаги. Сушить их рекомендуется с помощью любых достаточно эффективных твердых осушителей, например, металлическим натрием или азеотропной перегонкой: при медленной перегонке с хорошим дефлегматором вода в виде азеотропа уходит в первую фракцию, составляющую 5-10% от объема жидкости.

При работе с ароматическими углеводородами следует учитывать, что *бензол* является одним из наиболее опасных для здоровья растворителей (ПДК в воздухе 5 мг/м<sup>3</sup>), *толуол* и


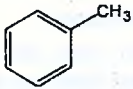
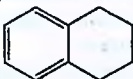


ксилол - действуют аналогично бензолу, но вследствие их меньшей летучести, работа с ними менее опасна. *Тетралин* не относится к сильным ядам, но действует на организм человека как слабый наркотик.

Ввиду высокой токсичности ароматических углеводородов при их использовании необходимо строго соблюдать меры предосторожности - работать только при хорошей вентиляции, не допускать попадания паров в атмосферу, а по возможности, вообще заменять их другими растворителями - *гептаном*, *циклогексаном*, смесью *циклогексана* и *толуола*.

Некоторые свойства *ароматических углеводородов* представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Свойства ароматических углеводородов.

Вещество	Формула	Температура кипения, $t_{\text{кип}}$ , °C	Относительная плотность, $d_{4, 20}^{20}$ , г/см <sup>3</sup>	Показатель преломления $n_D^{20}$
Бензол	$C_6H_6$ 	80	0,879	1,501
Толуол	$C_6H_5CH_3$ 	110,6	0,867	1,497
Ксилол ( <i>о</i> -; <i>п</i> -; <i>м</i> - изомеры)	$C_6H_4(CH_3)_2$	138 -144	0,862 -0,875	≈1,50
Тетралин	$C_{10}H_{12}$ 	207,6	0,969	1,546

### 3.4. Хлорпроизводные углеводородов

Хлорпроизводные углеводородов применяются главным образом для растворения масел, жиров, химической чистки одежды, для извлечения органических соединений, реже - для перекристаллизации. Во многих случаях они обладают более высокой растворяющей способностью по сравнению с углеводородами, однако обычно содержат больше примесей и сами по себе являются реакционноспособными, что необходимо учитывать при работе с ними.

Некоторые свойства *хлорпроизводных углеводородов* представлены в табл. 3.3.

Из представленных в табл. 3.3 растворителей лишь *дихлорэтан* относится к легковоспламеняющимся, остальные - негорючи.

Для грубой сушки хлорпроизводных углеводородов применяют хлорид кальция, а для более полной - фосфорный ангидрид с последующей перегонкой. Металлический натрий нельзя применять для обезвреживания хлорпроизводных углеводородов так как происходит взрыв.

Таблица 3.3. Свойства хлорпроизводных углеводородов.

Вещество	Формула	Температура кипения, $t_{\text{кип}}$ , °С	Относительная плотность, $d_{4, 20}^{20}$ , г/см <sup>3</sup>	Показатель преломления $n_D^{20}$
Метиленхлорид	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	40	1,325	1,424
Хлороформ	CHCl <sub>3</sub>	61,2	1,489	1,448
Четыреххлористый углерод	CCl <sub>4</sub>	76,8	1,595	1,466
Дихлорэтан	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	83,5	1,256	-

Поступающий в продажу чистый хлороформ, с целью защиты от окисления и связывания образующегося при фотохимическом разложении фосгена, всегда содержит до 1% (масс.) этилового спирта. Для очистки хлороформ встряхивают с серной кислотой (на 100 мл хлороформа 5 мл H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), промывают водой, сушат хлористым кальцием и перегоняют.

Пары галогенпроизводных углеводородов действуют наркотически, вызывают поражения печени, почек и других органов. ПДК в воздухе рабочей зоны для CCl<sub>4</sub> - 20 мг/м<sup>3</sup>, для дихлорэтана - 10 мг/м<sup>3</sup>.

### 3.5. Простые и сложные эфиры

Представитель простых эфиров - *диэтиловый эфир* (эфир, серный эфир) - является одним из наиболее широко применяющихся в лабораторной практике растворителей. Он отличается хорошей растворяющей способностью и в то же время низкой температурой кипения, поэтому особенно удобен для экстракции - его легко испарить из вытяжек.

При работе с диэтиловым эфиром следует учитывать его растворимость в воде (примерно 7% (масс.) при 20°C), а также его способность легко воспламеняться и образовывать с воздухом взрывоопасные смеси. Кроме воды, поступающий в продажу эфир может содержать спирт, ацетальдегид и некоторое количество перекисей.

*Тетрагидрофуран* и *диоксан* по растворяющей способности сходны с диэтиловым эфиром, но обладают более высокими температурами кипения и неограниченно смешиваются с водой.

Простые эфиры при хранении, особенно на свету, способны окисляться кислородом воздуха с образованием чрезвычайно взрывоопасных пероксидов. По этой причине перед работой с эфирами их обязательно проверяют на присутствие пероксидов, а при наличии последних простые эфиры и их аналоги фильтруют через колонку с прокаленным оксидом алюминия; при этом удаляется большинство примесей и вода.

Основное количество воды удаляют из эфиров обычными осушителями, например, хлоридом кальция, а при необходимости более тщательной осушки - перегоняют над металлическим натрием.


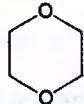
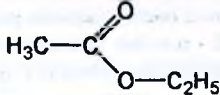
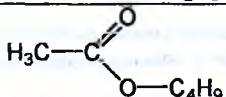
Простые эфиры обладают сильным наркотическим действием, а диоксан, являясь сильным ядом, избирательно влияет на печень и почки, вызывая в них необратимые изменения.

*Сложные эфиры* представляют собой бесцветные, легко воспламеняющиеся жидкости с приятным фруктовым запахом. Применяются как растворители для экстрагирования, перекристаллизации и хроматографии. Растворяют многие соединения, нерастворимые в простых эфирах. Концентрированные пары сложных эфиров обладают наркотическим действием.

Для удаления основного количества воды сложные эфиры выдерживают последовательно над хлоридом кальция и углекислым калием (поташом), а с целью окончательной сушки - перегоняют над оксидом фосфора (V).

В табл. 3.4 приведены основные свойства некоторых простых и сложных эфиров.

Таблица 3.4. Свойства некоторых простых и сложных эфиров.

Вещество	Формула	Температура кипения, $t_{\text{кип}}$ , °C	Относительная плотность, $d_{4}^{20}$ , г/см <sup>3</sup>	Показатель преломления $n_{\text{D}}^{20}$
Диэтиловый эфир	$\text{C}_2\text{H}_5\text{-O-C}_2\text{H}_5$	35,6	0,714	1,353
Тetraгидрофуран	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ 	65,4	0,887	1,407
Диоксан	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ 	101,2	1,034	1,422
Этилацетат		77,15	0,90	1,372
Бутилацетат		126	0,882	1,394

### 3.6. Спирты

Спирты - наиболее употребительные растворители в лабораторной практике. Они обладают очень высокой растворяющей способностью по отношению ко многим органическим и неорганическим соединениям. Спирты используются в качестве среды для проведения многих реакций, для приготовления растворов реактивов, индикаторов и т.п.

Свойства некоторых спиртов приведены в табл. 3.5.

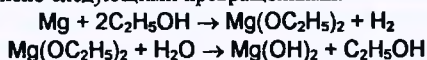
Все представленные в таблице спирты - легковоспламеняющиеся жидкости, неограниченно растворимые в воде и являются сильными наркотиками. *Метанол (древесный спирт)* - поступает в продажу и значится в каталогах химических реактивов под названием «*Метанол-Яд*») по своему действию на организм человека является одним из наиболее опасных ядов среди всех органических растворителей (ПДК в воздухе 5мг/м<sup>3</sup> - ниже порога восприятия по запаху). Он обладает резко выраженным кумулятивным эффектом, и в связи с особой опасностью к работе с ним допускаются только лица, прошедшие специальный инструктаж.

Для понижения содержания воды до 0.5 % (масс.) спирты пропускают через колонку со свежепрокаленным оксидом алюминия.

Таблица 3.5. Свойства некоторых спиртов.

Вещество	Формула	Температура кипения, $t_{\text{кип}}$ , °C	Относительная плотность, $d_{4}^{20}$ , г/см <sup>3</sup>	Показатель преломления $n_{\text{D}}^{20}$
Метанол	CH <sub>3</sub> OH	64,7	0,783	1,329
Этанол	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	78,4	0,789	1,361
Изопропанол	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	82,5	0,785	1,378
Пропанол	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	97,8	0,804	1,385

Абсолютные спирты получают несколькими методами, например, с помощью магния, действие которого обусловлено следующими превращениями:



Абсолютные спирты чрезвычайно гигроскопичны, поэтому все операции с ними производят без доступа воздуха.

### 3.7. Кетоны

Представитель кетонов - *диметилкетон* CH<sub>3</sub>-CO-CH<sub>3</sub> или *ацетон* ( $t_{\text{кип}}=56,2^\circ\text{C}$ ;  $d_{4}^{20} = 0,791$  г/мл;  $n_{\text{D}}^{20} = 0,791$ ) - легколетучий растворитель с очень высокой растворяющей способностью, неограниченно смешивающийся с водой - широко применяется для различных технических целей - обезжиривания и очистки различных поверхностей, приготовления охлаждающих смесей и т.п.

Пары ацетона образуют с воздухом взрывоопасные смеси, вследствие его высокой летучести. По действию на организм ацетон относится к сильным наркотикам, поражающим нервную систему (ПДК в воздухе 200 мг/м<sup>3</sup>).

При необходимости осушки ацетона используют хлорид кальция или карбонат калия с последующей перегонкой, однако длительный контакт с этими осушителями приводит к накоплению в ацетоне продуктов его конденсации.

### 3.8. Карбоновые кислоты

*Уксусная кислота* CH<sub>3</sub>COOH ( $t_{\text{кип}}=118,1^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{пл}}=16,6^\circ\text{C}$ ;  $d_{4}^{20} = 1,049$ ;  $n_{\text{D}}^{20} = 1,372$ ) является очень хорошим, неограниченно смешивающимся с водой, легковоспламеняющимся растворителем, обладающим кислотными свойствами. Она обладает сильным раздражающим действием - растворы с концентрацией кислоты выше 30% вызывают ожоги кожи. Безводную уксусную кислоту называют «ледяной», так как при 16°C она замерзает и образует кристаллы, подобные льду. Обычная уксусная кислота, содержащая 2-3% воды, замерзает при температуре ниже 13°C.

С целью осушки уксусную кислоту подвергают вымораживанию, охлаждая льдом, до тех пор, пока кислота почти полностью не замерзнет. Затем остаток жидкости сливают, а кристаллам, представляющим собой безводную кислоту, дают медленно оттаять.

### 3.9. N,N - Алкилзамещенные амиды кислот

Представляют собой бесцветные, смешивающиеся с водой во всех соотношениях, горючие жидкости с очень высокой растворяющей способностью. Они растворяют многие высокомолекулярные вещества, в том числе некоторые полимеры и по этой причине находят

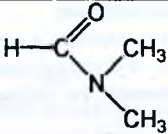
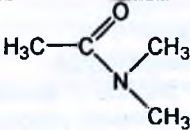


все более широкое применение в органическом синтезе и синтезе высокомолекулярных соединений.

Вдыхание паров амидных растворителей вредно для здоровья, однако вследствие их невысокой летучести опасные концентрации достигаются только при испарении с больших поверхностей или при нагревании.

Свойства некоторых амидов кислот приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6. Свойства некоторых амидов кислот.

Вещество	Формула	Температура кипения, $t_{\text{кип}}$ , °C	Относительная плотность, $d_4^{20}$ , г/см <sup>3</sup>	Показатель преломления $n_D^{20}$
<i>N,N</i> -диметил-форма́мид		153	0,950	1,430
<i>N,N</i> -диметил-ацета́мид		165,5	0,943	—

Для осушки амидные растворители подвергают фракционной перегонке, отбрасывая первую фракцию.

### 3.10. Лабораторная работа

#### Опыт №1

#### Идентификация этилового спирта

☒ Соблюдайте особую осторожность при работе с неизвестными органическими растворителями. Помните, что они часто обладают токсичными свойствами и легковозгораемы!

1. Соблюдая правила техники безопасности, внимательно изучите предназначенный для идентификации спирт (цвет, степень прозрачность, растворимость в воде, запах). Запишите результаты в отчет.

2. В фарфоровую чашку поместите 2-3 микрошпателя борной кислоты ( $H_3BO_3$ ), добавьте несколько капель исследуемого спирта, перемешайте смесь стеклянной палочкой и осторожно подожгите. В какой цвет окрашивается пламя? Равномерно ли распределено окрашивание по всему пламени или выделяются области различной цветовой насыщенности? Запишите результаты наблюдений, уравнения реакций и выводы, учитывая, что летучие метилбораты равномерно окрашивают пламя в насыщенный зеленый цвет, а этилбораты - в слабозеленый цвет, и в основном лишь кайму пламени.

3. Если по результатам п.1 и п.2 возникло предположение, что исследуемый спирт - этанол, то его можно идентифицировать способом, принятым международной фармакопеей.

В пробирку внесите 2-3 мл спирта и добавьте 1-2 мл раствора дихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) в среде серной кислоты. Отметьте появление характерного запаха и наблюдаемые изменения окраски раствора. (При этом учтите, что зеленую окраску раствор приобретает

вследствие образования соли  $\text{Cr}^{+3}$ , а запах «тёртых яблок» имеет *ацетальдегид*). Запишите уравнение данной химической реакции.

### Опыт № 2

#### Качественная реакция на ацетон

Поместите в пробирку 4-5 мл водно-ацетоновой смеси (1:1) и добавьте 1 мл раствора *иода* в *иодиде калия* и 1 мл 0.1н раствора гидроксида натрия ( $\text{NaOH}$ ). Отметьте наблюдаемые изменения, обращая внимание на цвет и запах образующегося осадка. Запишите уравнение произошедшей химической реакции.

### Опыт № 3

#### Качественная реакция на ароматические углеводороды и их галогенпроизводные

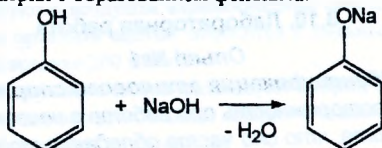
В три пробирки налейте по 2 мл *хлороформа* и добавьте в первую пробирку 1-2 капли *бензола*, во вторую - 1-2 капли *толуола*, а в третью - 1-2 капли *хлорбензола*. Затем в каждую пробирку внесите по 0.5 г безводного *хлорида алюминия*. Что наблюдается и какие происходят изменения?

### Опыт № 4

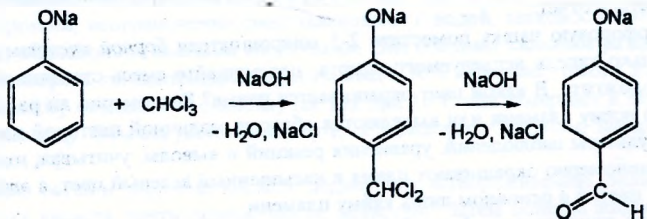
#### Идентификация хлороформа

Соблюдайте особую осторожность при работе с фенолом, хлороформом и раствором гидроксида натрия. Соблюдайте правила работы с газовыми горелками!

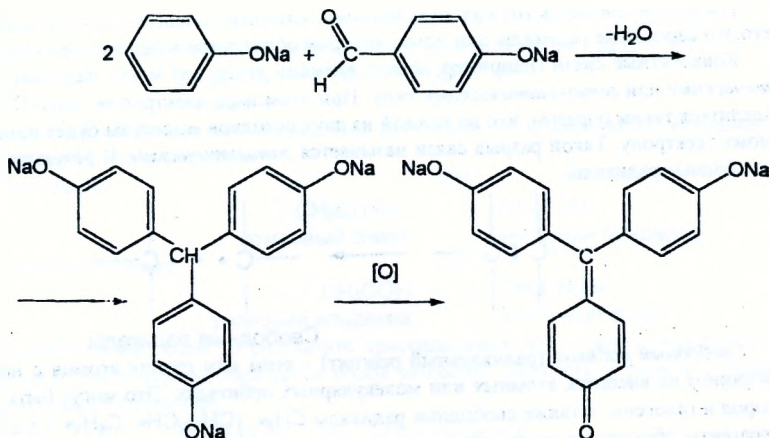
Химическая реакция, положенная в основу метода определения *хлороформа* (трихлорметана) имеет сложный характер. Первоначально происходит химическая реакция между фенолом и гидроксидом натрия с образованием фенолята:



Основная реакция протекает в две стадии. Первоначально фенолят реагирует с *хлороформом* и превращается в *дихлорметилфенолят*, который гидролизует с образованием *альдегида*:



Последний конденсируется с избытком фенолята и далее превращается в *ауриловый краситель*:



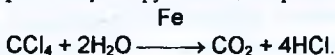
В фарфоровую ложечку поместите несколько кристалликов *фенола*, затем прибавьте 2-3 капли *хлороформа* и 2-3 капли 0.5н раствора *NaOH*. После этого содержимое ложечки перемешайте и осторожно нагрейте в пламени горелки. Какие происходят изменения?

Если повторить опыт, взяв вместо *фенола* *резорцин*, *салициловую кислоту*, или *β-нафтол*, то образующиеся ауриловые красители имеют соответственно красную, желтую и синюю окраску.

#### Опыт № 5

##### Изучение свойств тетрахлорметана

*Тетрахлорметан* ( $\text{CCl}_4$ , *четырёххлористый углерод*) в обычных условиях химически инертен. Кроме того, являясь негорючим растворителем, он рекомендован как огнетушительное средство, особенно в тех случаях, когда для этой цели непригодна или недопустима вода (например, при тушении несмешивающихся с водой жидкостей). Однако в присутствии железа и алюминия *тетрахлорметан* реагирует с водой при обычной температуре:



В три пробирки поместите 2-3 мл *тетрахлорметана* и добавьте в первую 2-3 мл концентрированной серной кислоты, во вторую 2-3 мл концентрированного раствора едкого натра, а в третью 3-5 мл дистиллированной воды и 3-4 микрошпателя порошка железа. Отметьте происходящие изменения.

#### 4. КЛАССИФИКАЦИЯ РЕАКЦИЙ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Существует несколько основных подходов к классификации органических химических реакций. Чаще всего принято классифицировать органические реакции по механизму их протекания и по конечному результату.

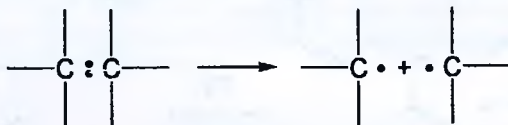
##### 4.1. Классификация органических реакций по механизму протекания

По механизму протекания в зависимости от характера реагента органические реакции делятся на два типа:

1. *ионные*;
2. *радикальные* (гомолитические).

Реагентом считается тот участник реакции, который обладает большей энергией. Чаще всего это свободные радикалы или ионы, которые образуются в результате разрыва связей.

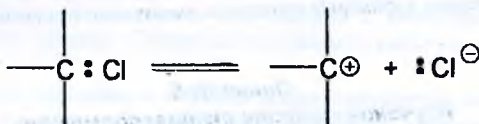
Ковалентные связи (например, между атомами углерода) могут разрываться по *гомолитическому* или *гетеролитическому* типу. При этом пара электронов связи C—C может разделиться таким образом, что на каждой из двух осколков молекулы будет приходиться по одному электрону. Такой разрыв связи называется *гомолитическим*. В результате образуются свободные радикалы:



Свободные радикалы.

*Свободный радикал* (радикальный реагент) - атом или группа атомов с неспаренным электроном на внешних атомных или молекулярных орбиталях. Это могут быть атомарные водород и галогены, а также свободные радикалы  $\text{CH}_3\cdot$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{C}\cdot\text{N}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\cdot$  и т.д. Такого типа реагенты образуются из молекул при нагревании, под действием электромагнитного излучения, катализаторов, в ходе некоторых окислительно-восстановительных реакций.

Если же в процессе разрыва связи пара электронов целиком переходит к одному «осколку», то происходит *гетеролитический* разрыв связи. При этом образуются два иона, например:



карбокатион      хлорид-анион

электрофильная частица      нуклеофильная частица.

Гетеролитическому разрыву связей благоприятствуют высокополярные растворители.

Ионные реакции по типу реагента делятся на электрофильные и нуклеофильные.

*Электрофильный реагент* (*электрофил*) - группировка, имеющая у некоторых атомов свободные орбитали или центры с пониженной электронной плотностью. Это могут быть  $\text{H}^+$ ,  $\text{NO}_2^+$ , карбокатионы, нейтральные молекулы  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{ZnCl}_2$  и др.

*Нуклеофильный реагент* (*нуклеофил*) - отрицательно заряженный ион или молекула с неподеленной электронной парой (не участвующей в настоящий момент в образовании связи). Примеры таких реагентов:  $\text{OH}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{RO}^-$ , карбанионы, нейтральные молекулы  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{ROH}$  и др.

## 4.2. Классификация органических реакций по конечному результату

По конечному результату реакции подразделяются на следующие типы:

1. *Реакции присоединения*. В этом случае из двух (или нескольких) молекул образуется одно новое вещество:



2. *Реакции замещения*. В молекуле один атом (или группа атомов) замещается другим атомом (или группой атомов), в результате образуются новые соединения:



3. *Реакции отщепления* (*элиминирования*). В результате такой реакции образуется новое вещество, содержащее кратную связь:





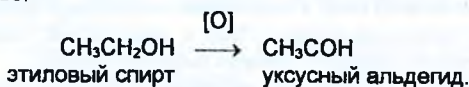
4. *Реакции разложения.* Эти реакции приводят к образованию новых веществ более простого строения в результате разложения исходного соединения на два или более:



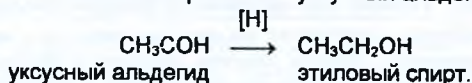
гексоген

5. *Реакции окисления-восстановления.* При окислении (восстановлении) исходного соединения образуется новое вещество:

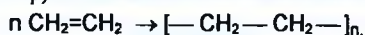
окисление:



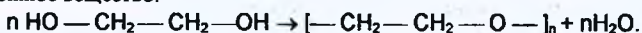
восстановление:



4. *Реакции полимеризации.* В результате присоединения друг к другу большого числа простых веществ (мономеров) образуется новое вещество сложного строения с большой молекулярной массой (полимер):



5. *Реакции конденсации и поликонденсации.* В результате соединения двух и более молекул, протекающего с отщеплением более простых веществ (воды, аммиака и др.) образуется более сложное вещество:



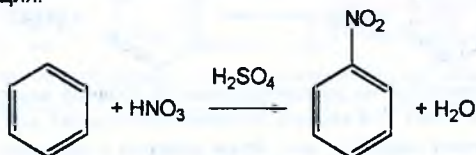
### 3.3. Лабораторная работа

#### Опыт №1

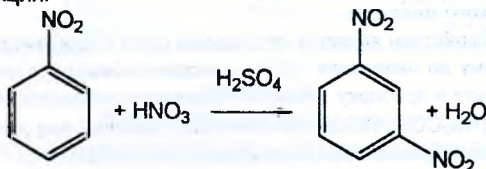
#### Получение нитробензола

☑ *Соблюдайте особую осторожность при работе с бензолом и нитрующей смесью. Опыт проводите под руководством преподавателя под тягой!*

Основная реакция:



Побочная реакция:



В качестве нитрующего агента при получении нитробензола используется *нитрующая смесь*, которая готовится смешением 2 объемных частей концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3$  ( $d=1,42\text{г/мл}$ ) и 3 объемных частей концентрированной серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $d=1,84\text{г/мл}$ ). Серную кислоту необходимо приливать к азотной небольшими порциями при постоянном перемешивании стеклянной палочкой и охлаждении.

В пробирку налейте 5 мл *нитрующей смеси* и добавьте по каплям при постоянном взбалтывании 2 мл *бензола*. Закройте пробирку пробкой и осторожно встряхивайте смесь 1-2 минуты.

Следите за температурой реакционной смеси - для предупреждения образования *динитробензола* она не должна подниматься выше 50-55°C. При необходимости охладите пробирку, погружая ее в стакан с холодной водой.

Затем содержимое пробирки осторожно перелейте в химический стакан с холодной водой (~30мл) и перенесите содержимое в делительную воронку. После отстаивания слейте нижний (кислотный) слой, а полученный нитробензол последовательно промойте водой, 5% раствором гидроксида натрия (10мл) и снова водой. После этого поместите полученный продукт в чистую пробирку, которую закройте пробкой.

Определите, к какому типу органических реакций относится выполненный опыт.

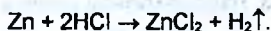
*Нитробензол* - желтоватая маслянистая жидкость с характерным запахом горького миндаля - смешивается с эфиром, спиртом, ацетоном и мало растворим в воде. Применяется как полупродукт во многих органических синтезах, в частности, для получения анилина; в качестве растворителя *полиэтилентерефталата* (ПЭТФ) и растворителя в *реактиве Уайта*, который используется для обнаружения свободного оксида кальция в цементе.

### Опыт № 2

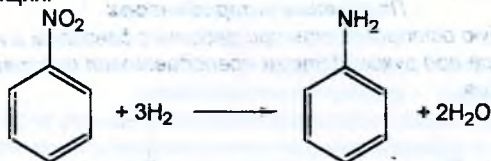
#### Получение анилина

**Соблюдайте особую осторожность при работе с соляной кислотой. Помните, что водород даже в малых концентрациях взрывоопасен!**

В лабораторных условиях *анилин* можно получить восстановлением нитробензола водородом в момент выделения.



Основная реакция:



В пробирку поместите 0,5 мл концентрированной соляной кислоты, 1 каплю *нитробензола* (полученного в опыте 1) и кусочек металлического олова или цинка. Бурно протекающая реакция ослабевает через 2-3 мин. Затем добавьте в пробирку 2-3 мл дистиллированной воды и нагревайте реакционную массу на водяной бане до исчезновения запаха нитробензола (запаха горького миндаля).

*Анилин* по своим свойствам является основанием (хотя и слабым) и поэтому образует с кислотами соли. Поэтому по окончании реакции восстановления эти соли необходимо разрушить, для чего добавьте в пробирку 1-2 мл 0.1н раствора *гидроксида натрия* (NaOH) или 1 г *карбоната натрия* (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). После этого *анилин*, имеющий вид маслянистой жидкости коричневого цвета со своеобразным запахом всплывет на поверхность.

Опишите все происходившие в ходе синтеза изменения и определите, к какому типу органических реакций относится выполненный опыт.

*Анилин* применяется для синтеза красителей, некоторых полимеров, взрывчатых веществ, ускорителей вулканизации, пластификаторов, а также в качестве ингибитора коррозии и для определения ароматических углеводородов в нефти и нефтепродуктах.

### Опыт № 3

#### Окисление органических соединений

☑ *Соблюдайте особую осторожность при работе с хромовой смесью. Перед работой повторите правила пользования природным газом.*

1. **Окисление анилина.** При окислении анилина образуется осадок черного цвета, так называемый *черный анилин (анилиновый черный)* - стойкий черный краситель *хиноидного* строения, имеющий брутто-формулу  $C_{16}H_{14}N_2$ .

Для выполнения этого опыта добавьте к полученному в опыте 2 *анилину* несколько капель хромовой смеси. Отметьте происходящие изменения - цвет и характер образующегося осадка.

2. **Окисление толуола.** В пробирку поместите смесь 0,5 мл *толуола* и 0,5 мл 0,1%-ного раствора  $KMnO_4$  с карбонатом натрия  $Na_2CO_3$ . Смесь при взбалтывании нагрейте на водяной бане. Розовая окраска раствора постепенно исчезает, превращаясь в бурую. Какие продукты образуются в результате этой реакции?

3. **Окисление изопропилового спирта.** В пробирку налейте 1 мл *изопропилового спирта* и 2 мл *хромовой смеси*. Осторожно нагрейте пробирку до изменения цвета раствора. Какие изменения происходят в ходе реакции?

4. **Горение метана.** Окисление кислородом воздуха - *реакция горения* характерна для всех органических соединений. В избытке кислорода все углеводороды, а также кислород-содержащие органические соединения окисляются до *оксида углерода (IV)* (*углекислого газа*) и *воды*.

Низшие *алканы* горят на воздухе некоптящим пламенем:



С увеличением *n* и при недостатке кислорода среди продуктов сгорания появляются *оксид углерода (II)* (*угарный газ*), *сажа* (*углерод*) и другие продукты.

Напишите реакцию горения метана и рассчитайте ее тепловой эффект, применяя следствие из закона Гесса:

$$\Delta H_{\text{х.р.}}^{\circ} = \sum (\nu \cdot \Delta_f H_{298}^{\circ})_{\text{продуктов}} - \sum (\nu \cdot \Delta_f H_{298}^{\circ})_{\text{исходн.в-в.}}$$

где  $\nu$  - стехиометрические коэффициенты, с которыми исходные вещества и продукты реакции входят в термохимическое уравнение реакции;  $\Delta_f H_{298}^{\circ}$  - стандартные энтальпии образования веществ.

При термодинамических расчетах используйте следующие данные:

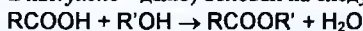
Вещество	$CH_4$ (г)	$O_2$ (г)	$CO_2$ (г)	$H_2O$ (г)
$\Delta_f H_{298}^{\circ}$ , кДж/моль	-74.9	0	-393.59	-241.8

### Опыт № 4

#### Получение сложного эфира

☑ *Соблюдайте особую осторожность при работе с концентрированными серной и уксусной кислотами.*

Метод получения сложных эфиров из спиртов и кислот получивший название *этерификация* (от греч. *aither* - эфир и лат. *factio* - делю) основан на следующей реакции:



Реакция этерификации носит обратимый характер (обратная реакция - гидролиз сложных эфиров получила название *омыление*) и обычно проводится в присутствии катализаторов, например сильных минеральных кислот ( $H_2SO_4$  и др.).

В пробирку налейте 1мл концентрированной *уксусной кислоты* ( $CH_3COOH$ ) и 1 мл *изоамилового спирта* (*3-метилбутанол-1*) ( $(CH_3)_2CHCH_2CH_2OH$ ), затем добавьте 2 капли

концентрированной серной кислоты ( $H_2SO_4$ ). Смесь осторожно нагрейте на водяной бане 2-3 мин. Затем содержимое пробирки осторожно перелите в химический стакан с водой ( $\approx 30$  мл). Образовавшийся сложный эфир всплывает на поверхность. Отметьте характерный «фруктовый» запах образовавшегося вещества.

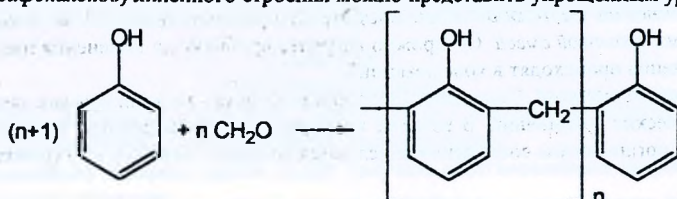
Напишите уравнение данной реакции, учитывая, что образовавшийся сложный эфир имеет формулу  $CH_3COOCH_2CH_2CH(CH_3)_2$ . Предложите способ очистки полученного продукта.

### Опыт № 5

#### Получение фенолформальдегидного полимера

☑ **Соблюдайте особую осторожность при работе с фенолом и формалином. Опыт проводите под руководством преподавателя под тягой!**

Процесс получения растворимых и плавких фенолформальдегидных полимеров (полиметиленоксифениленов) линейного строения можно представить упрощенным уравнением:



В пробирку поместите 1 г фенола и добавьте 1 мл формалина (35-40% раствор формальдегида в воде) и взболтайте содержимое до полного растворения фенола. Смесь нагрейте на водяной бане. Затем добавьте 2-3 капли концентрированной соляной кислоты и продолжайте нагрев до расслоения смеси. После этого содержимое пробирки слейте в фарфоровую чашку, дайте отстояться, после чего слейте верхний водяной слой. Оставшийся в чашке жидкий полимер промойте теплой водой до нейтральной реакции (индикатор метиловый оранжевый) и высушите в сушильном шкафу, постепенно повышая температуру до  $200^\circ\text{C}$ .

Образовавшийся твердый продукт - термопластичный полимер (новолак) линейного строения, растворимый в ацетоне, спирте и спирто-бензольной смеси можно перевести в твердый нерастворимый и неплавкий терморезистивный полимер - резол, путем введения специальных агентов «сшивающих» линейные макромолекулы.

Если в качестве такой добавки применить насыщенный раствор уротропина (гексаметилентетрамина), добавив его в объеме 0,5 мл к полученному новолачному полимеру, и осторожно нагреть, не доводя до осмоления, то получится резольный продукт ярко-желтого цвета.

☑ **Фенолформальдегидные полимеры** находят широкое применение в строительстве: - при производстве стеклопластиков, в качестве связующего при получении минеральной ваты, стекловаты, древесностружечных и древесноволокнистых плит, древеснослоистых пластиков; для керамических пресс-порошков, покрытий металлов, керамики и бетона; для производства полимерцементных растворов, устойчивых к агрессивным средам, химически стойких мастик и замазок, суперпластификатора бетонных смесей, полимеркерамзитобетона, перлитовых теплоизоляционных изделий; для склеивания металла с керамикой и др.



## 5. ПРИМЕНЕНИЕ РАСТВОРОВ И ДИСПЕРСИЙ ПОЛИМЕРОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ И ЛАКОКРАСОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### 5.1. Особенности растворов полимеров

Растворы полимеров в низкомолекулярных растворителях имеют большое практическое значение. Переработку некоторых полимеров (поливинилацетат, поливиниловый спирт, полиакрилаты, каучуки и др.) в изделия осуществляют преимущественно через растворы. К таким технологическим процессам относят пленку и волокнообразование, нанесение покрытий, изготовление наполненных пластиков.

Особенность свойств растворов полимеров обусловлена, прежде всего, особенностями строения макромолекул - их большими размерами и гибкостью. Рассмотрим эту специфику более подробно:

1. Растворы полимеров имеют формальное сходство с коллоидными растворами низкомолекулярных веществ. Общим признаком является наличие в низкомолекулярной жидкости больших по объему частиц. Однако в отличие от коллоидных растворов растворы полимеров обладают термодинамической устойчивостью, однофазны и их свойства обратимы. Образование полимерами истинных растворов не исключает возможности образования ими коллоидных систем - *полимерных дисперсий*, которые будут рассмотрены далее.

2. Растворы полимеров имеют большую вязкость даже при большом разбавлении, например, при концентрациях менее 1%.

3. Процессу образования раствора полимера предшествует стадия набухания. *Набухание* - это процесс поглощения полимером растворителя. При контакте полимера с растворителем молекулы растворителя, обладающие высокой подвижностью, начинают быстро проникать в фазу полимера, в то время как огромные макромолекулы не успевают сколь-либо существенно переместиться и не успевают перейти в фазу растворителя, и полимер набухает. Очень часто на практике наблюдается *ограниченное* набухание, при котором не происходит самопроизвольного образования истинного раствора.

Как и для низкомолекулярных веществ, в случае полимеров наблюдается известное правило «подобное растворяется в подобном», то есть обычно взаимно растворимы вещества, близкие по химическому строению, и не растворимы химические соединения, обладающие различной химической структурой. Так неполярные аморфные углеводородные полимеры (полиизопрен, полиизобутилен, полибутадиен) растворяются в предельных низкомолекулярных углеводородах или их смеси - бензине. Эти же полимеры не растворяются в полярных жидкостях - воде, спирте, кетонах. Наоборот, полимеры, содержащие в своем составе полярные группировки (эфирные целлюлозы, полиакрилонитрил) нерастворимы в неполярных жидкостях, зато хорошо растворимы в полярных растворителях - спиртах, кетонах, *N,N*-алкилзамещенных амидах кислот.

Следует отметить, что лишь отдельные виды полимеров хорошо растворимы в воде. К ним относятся, прежде всего, различные эфиры целлюлозы  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ . В строительной промышленности из них наибольшее применение нашли *карбоксиметилцеллюлоза*  $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCH_2COOH)_x]_n$ , *гидроксиэтилцеллюлоза*  $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OC_2H_5)_x]_n$ , *гидроксипропилцеллюлоза*  $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OC_3H_7)_x]_n$ . Эфиры целлюлозы используются в смесях для расшивки плиток, в кладочных растворах, обойных клеях и клеях для ячеистого бетона, в выравнивающих, отделочных и изолирующих штукатурках, шпатлевках, герметизирующих шламах, самонивелирующихся наливных полах, при санировании бетона, в производстве лакокрасочных материалов, праймеров, грунтовок, при создании систем скрепленной теплоизоляции («термошубы»).

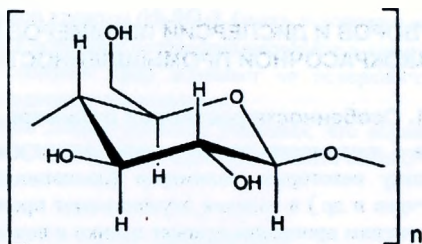


Рис. 5.1. Элементарное звено макромолекулы целлюлозы.

В эфирах целлюлозы часть гидроксильных групп  $-OH$  замещаются на другие функциональные группы:  $-OCH_2COOH$  в карбоксиметилцеллюлозе,  $-OC_2H_5$  в гидроксиэтилцеллюлозе,  $-OS_2H_7$  в гидроксипропилцеллюлозе.

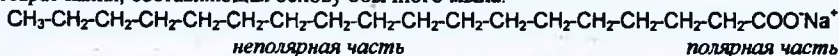
## 5.2. Дисперсии полимеров

Как уже отмечалось выше, растворы полимеров обладают высокой вязкостью. В ряде случаев это является фактором, существенно затрудняющим перерабатываемость полимера, возможность его введения в многокомпонентные системы. Поэтому в современной строительной промышленности довольно часто наряду с растворами полимеров применяют полимерные дисперсии.

Дисперсия полимера или латекс представляет собой стабилизированный коллоидный раствор (золь) полимера. Средний размер частичек полимерной дисперсии (глобул) находится в пределах от 10 до  $10^4$  нм. Концентрация большинства латексов, применяемых в строительной промышленности, составляет более 40%, а латексы, используемые для производства пенорезины и клеев, имеют концентрацию более 60%. С повышением концентрации вязкость увеличивается, а с увеличением размеров глобул - вязкость уменьшается.

Агрегативная стабильность полимерных дисперсий обеспечивается молекулами или ионами гидратированного *поверхностно-активного вещества (ПАВ)*, адсорбированного на поверхности глобул. С увеличением количества ПАВ в системе повышается устойчивость латекса к внешним воздействиям - механическому, замораживанию, введению электролитов.

Молекулы ПАВ состоят из двух частей - неполярной углеводородной цепи, лиофобной по отношению к воде (гидрофобной) и полярной лиофильной (гидрофильной) группы на ее конце. Примером таких веществ может служить натриевая соль стеариновой кислоты - стеарат калия, составляющая основу обычного мыла:



Благодаря такому химическому строению молекулы ПАВ обладают особыми свойствами. Их неполярная часть способна растворяться в неполярных веществах, а полярная часть способна взаимодействовать с полярными соединениями.

Дисперсии полимеров обладают всеми свойствами обычных коллоидных растворов, например, оптическими свойствами. Наличие межфазной поверхности приводит к изменению направления световых лучей на границе раздела фаз (преломление, отражение) и неодинаковое поглощение (пропускание) этих лучей различными фазами. Лучи, направленные на полимерную дисперсию, падают на поверхность частиц латекса, отражаются и преломляются под разными углами, что обуславливает выход лучей из системы под разными углами. Прямому прохождению лучей через систему препятствует также их многократные преломления и отражения при переходах от частицы к частице. Поскольку размер частиц в полимерных дисперсиях очень мал и сопоставим с длиной волны световых лучей, при их про-

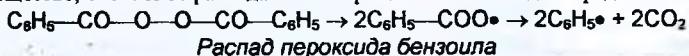
хождении через латекс наблюдается явление дифракционного светорассеяния - *опалесценция*. Поэтому при падающем естественном свете рассеянный свет от дисперсных систем с мелкими частицами имеет голубой оттенок, а от систем с более крупными частицами латекса - белый.

### 5.3. Эмульсионная полимеризация

Дисперсии полимеров получают в промышленности методом *эмульсионной полимеризации*. Поскольку это один из наиболее широко используемых в химической промышленности методов проведения полимеризации рассмотрим его более подробно.

Технология эмульсионной полимеризации была впервые разработана Фикинчером в 1929 году в Германии. Для проведения эмульсионной полимеризации используют мономеры нерастворимые в воде. Их предварительно диспергируют в воде в виде однородной эмульсии. Эмульсию стабилизируют в воде поверхностно-активные вещества. Молекулы ПАВ растворяются в мономере своей неполярной частью. Наружу оказываются ориентированы полярные части молекул ПАВ. В результате образуются агрегаты - *мицеллы*, представляющие собой капли мономера, окруженные оболочкой из молекул ПАВ. Часть мономера находится в системе не в виде мицелл, а в виде отдельных капель.

Для иницирования химической реакции полимеризации в систему добавляют *инициатор* - вещество, способное распадаться с образованием свободных радикалов:



Чаще всего в качестве инициаторов используются гидропероксиды или персульфаты, хорошо растворимые в воде.



Рис. 5.2. Схематическое представление частиц в воде эмульсионной полимеризации: В мицелле с мономером после взаимодействия с инициатором образуется растущая цепь.

Поверхностный слой мицелл, образован полярными концами молекул ПАВ, поэтому из-за высокой гидрофильности он содержит высокую концентрацию инициатора. В то же время внутренняя часть мицеллы заполнена солбобилизованным мономером. Реакция полимеризации, начинаясь с поверхности мицелл, переходит в глубь их. По мере того, как в ходе реакции мономер внутри мицелл расходует, дополнительные порции мономера диффундируют внутрь мицелл из мономерных капель. Цепь продолжает свой рост, пока другой радикал не попадет в мицеллу и не оборвет рост цепи. По мере образования полимера макромолекулы соединяются между собой с образованием более крупных частиц.

Методами эмульсионной полимеризации получают полимерные латексы на основе винилхлорида, бутадиена, хлорпрена, винилацетата, акрилатов. Главным преимуществом данного метода является незначительное увеличение вязкости в ходе реакции.



В Беларуси методом эмульсионной полимеризации производят поливинилацетатную дисперсию (ПВА) на ОАО «Лидалакокраска» (г. Лида, Гродненская область). Крупнейшие производители дисперсий полимеров в Европе объединены в Европейскую ассоциацию по полимерным дисперсиям и латексам (EPDLA) (табл. 5.1). Продукция этих фирм широко используется в строительной промышленности Беларуси.

Таблица 5.1. Крупнейшие производители полимерных дисперсий в Европе.

Название фирмы	Страна	Название фирмы	Страна
Air Product Polymers	Германия	Hispano Quimica	Испания
Alberdingk Boley	Германия	Kiilto Oy	Финляндия
Atofina	Франция	Oy Forcit	Финляндия
Avecia NeoResins	Нидерланды	PolymerLatex	Германия
BASF	Германия	Raisio Chemicals	Финляндия
Chemicke Zavody Sokolov	Чехия	Rhodia	Франция
Clariant	Германия	Rohm & Haas	Великобритания
Dow Deutschland	Германия	Scott Bader	Великобритания
Ed. Geistlich Sohne	Швейцария	Synthomer	Великобритания
Enichem	Италия	UCB	Бельгия
EOC Polymers	Бельгия	Vinamul	Великобритания
Harlow Chemical	Великобритания	Wacker Chemie	Германия

#### 5.4. Применение дисперсий полимеров в строительной промышленности

Современная строительная промышленность характеризуется все возрастающей ролью полимерных материалов. Часто они используются там, где использование традиционных конструкционных материалов не приводит к желаемым результатам. Рассмотрим некоторые сферы применения полимерных дисперсий в строительстве.

1. *Защита и восстановление бетона.* Развивающийся во времени процесс разрушения бетонных конструкций приводит к значительным экономическим потерям. Только в Германии ежегодный ущерб от разрушения бетона составляет более 5 миллиардов марок. Главную опасность для бетона составляет карбонатизация (превращение гидроксида кальция ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), входящего в состав бетона в карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ )). В результате происходит падение значения pH в бетонной массе ниже 10, что вызывает быструю коррозию стальной арматуры. Для решения этой проблемы необходимо проведение восстановительных работ, которые включают отбивку отслоившихся деталей конструкции, восстановление антикоррозионной защиты открытых участков арматуры, репрофилирование бетонных изломов и нанесение покрытия на поверхностный слой. В качестве основы для таких покрытий используются стирол-акрилатные и бутадиенстирольные дисперсии (табл. 5.2). Их использование в качестве основы для модифицированных цементных изолирующих покрытий позволяет получать толстослойные высокоэластичные водостойкие покрытия с высокой паропроницаемостью и низкой проницаемостью для углекислого газа.

2. *Получение полимерцементных бетонов.* Полимерцементные бетоны представляют собой бетоны, где 10 - 15% минерального связующего заменено органическим полимером. Технология их изготовления включает в себя введение полимерной дисперсии в смесь цемента и наполнителя. Наиболее широко для данных целей используются полиакрилатные, поливинилацетатные, поливинилхлоридные, сополимерные бутадиенстирольные дисперсии.



Такие материалы имеют значительно более высокую адгезию к стальной арматуре, высокую прочность, низкое водопоглощение, высокую морозостойкость.

3. *Получение клеев.* Полиакрилатные, сополимерные стирол-акрилатные и поливинилацетатные дисперсии широко используются для производства всевозможных видов клеев: клеев для ячеистого бетона, пенополистирольной плитки, древесины, напольных покрытий и др.

4. *Производство лакокрасочных материалов.* Дисперсии полимеров служат основой (пленкообразующим) для производства воднодисперсионных красок, широко применяемых для наружной и внутренней отделки помещений. Воднодисперсионные краски представляют собой суспензии пигментов и наполнителей в водных дисперсиях полимеров с добавкой вспомогательных веществ. В качестве основы таких красок чаще всего используются полиакрилатные и сополимерные стирол-акрилатные дисперсии.

Таблица 5.2. Основные виды полимерных дисперсий, используемых в строительной промышленности.

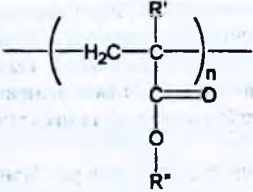
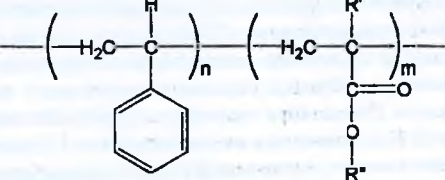
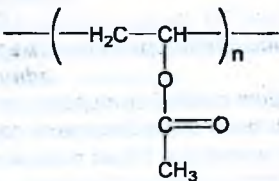
Основная сфера применения в строительной промышленности	Химическая формула элементарного звена
<i>Полиакрилатная дисперсия</i>	
<p>Используется в производстве высококачественных лакокрасочных материалов для наружных работ, покрытий по дереву, в покрытиях для санации бетонов.</p> <p>При использовании в полимербетонах значительно увеличивают их водостойкость и модуль упругости.</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>где R' = R'' = H - полиакриловая кислота;  R' = CH<sub>3</sub>, R'' = H - полиметакриловая кислота;  R' = R'' = CH<sub>3</sub> - полиметилметакрилат;  R' = CH<sub>3</sub>, R'' = C<sub>4</sub>H<sub>9</sub> - полибутилметакрилат;</p>
<i>Сополимерная стирол-акрилатная дисперсия</i>	
<p>Используется в производстве высококачественных лакокрасочных материалов для наружных и внутренних работ, покрытий по дереву, в покрытиях для санации и изоляции бетонов, клеев для керамической плитки и пенополистирола.</p>	<div style="text-align: center;">  </div>
<i>Поливинилацетатная дисперсия</i>	
<p>Используется в производстве клеев для древесины, шпатлевок, штукатурок, дешевых лакокрасочных материалов для внутренних работ.</p>	<div style="text-align: center;">  </div>

Таблица 5.2. Основные виды полимерных дисперсий, используемых в строительной промышленности. (Продолжение)

<i>Бутадиенстирольная дисперсия</i>	
<p>Используется при создании эластичных бетонов, дешевых лакокрасочных материалов, строительных герметиков.</p> <p>При введении в состав бетонов приводит к значительному улучшению их прочности на сжатие.</p> <p>Занимает первое место по объему производства среди всех синтетических латексов.</p>	$\left( \text{H}_2\text{C}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{C}}} \right)_n \left( \text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2 \right)_m$

## 5.5. Лабораторная работа

### Опыт №1

#### **Получение водного раствора карбоксиметилцеллюлозы**

Внесите в пробирку 2-3 мл дистиллированной воды и прибавьте 2 микрошпателя карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ). Смесь хорошо перемешайте стеклянной палочкой. Какие изменения произошли с частичками карбоксиметилцеллюлозы? С помощью универсальной индикаторной бумаги установите, какую среду имеет данный раствор. Оставьте раствор приблизительно на 1 час. Какие изменения произошли с частичками КМЦ в течение этого времени? Сделайте вывод: из каких стадий состоит процесс растворения данного полимера в воде.

Продублируйте опыт еще раз. Однако сейчас пробирку с раствором поместите на водяную баню при температуре 70-80°C на 10-15 минут. Какие изменения произошли с раствором? Сделайте вывод: как влияет температура на скорость растворения КМЦ в воде.

### Опыт №2

#### **Получение водного раствора гидроксиэтилцеллюлозы**

**Соблюдайте особую осторожность при работе с 2% раствором гидроксида натрия NaOH.**

Внесите в пробирку 2-3 мл дистиллированной воды и прибавьте 2-3 микрошпателя гидроксиэтилцеллюлозы (ГЭЦ). Смесь хорошо перемешайте стеклянной палочкой. Какие изменения произошли с частичками гидроксиэтилцеллюлозы? С помощью универсальной индикаторной бумаги, установите какую среду имеет данный раствор. Прибавьте в раствор 3-4 капли 2% раствора гидроксида натрия. Интенсивно перемешайте раствор стеклянной палочкой. Как изменилась вязкость раствора? Установите, какую среду имеет данный раствор. Сделайте вывод, о влиянии pH на вязкость раствора ГЭЦ в воде. Предположите, где можно использовать такие свойства водных растворов гидроксиэтилцеллюлозы?

### Опыт №3

#### **Получение раствора сополимера винилхлорида и винилизобутилового эфира в толуоле**

**Соблюдайте особую осторожность при работе с толуолом. Опыт проводите под руководством преподавателя под тягой!**

Внесите в пробирку 2-3 мл толуола и прибавьте 1-2 микрошпателя порошка сополимера винилхлорида и винилизобутилового эфира. Раствор интенсивно перемешайте стеклянной палочкой.

ной палочкой. Какие изменения произошли с порошком? Как изменилась вязкость раствора?

Полученный раствор используется в промышленности в качестве изолирующего материала для покрытия бетонов и антикоррозионного покрытия для оцинкованных крыш.

#### **Опыт №4**

##### **Наблюдение опалесценции коллоидного раствора стирол-акрилового сополимера**

Внесите в пробирку 4-5 мл дистиллированной воды и по каплям прибавляйте коллоидный раствор (полимерную дисперсию) стирол-акрилового сополимера. После каждой капли дисперсии полученную смесь интенсивно перемешивайте стеклянной палочкой. Содержимое пробирки наблюдайте на черном фоне. Какую окраску имеет данный раствор?

#### **Опыт №5**

##### **Коагуляция коллоидного раствора полиакриловой кислоты**

Соблюдайте особую осторожность при работе с 2% раствором гидроксида натрия NaOH.

Внесите в пробирку 2-3 мл коллоидного раствора (полимерной дисперсии) полиакриловой кислоты. С помощью универсальной индикаторной бумаги установите, какую среду имеет данный раствор. Прибавьте к раствору 2-3 капли 2% раствора гидроксида натрия. Интенсивно перемешивайте раствор стеклянной палочкой. Как меняется вязкость раствора в процессе перемешивания? Почему происходит увеличение вязкости раствора полимера?

## **6. ОРГАНИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ В СОВРЕМЕННОЙ ЛАКОКРАСОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

### **6.1. Назначение пигментов**

Отделочные работы являются завершающим этапом всего цикла строительных работ, и от того, насколько качественно они проведены, часто зависит восприятие всего объекта в целом. Важнейшая роль в технологии отделочных работ принадлежит, прежде всего, лакокрасочным отделочным материалам (водно-дисперсионные и органорастворимые краски и лаки, выравнивающие и тонкослойные структурные штукатурки, шпатлевки, стеклообои, мозаичные покрытия и др.). Современные лакокрасочные материалы выпускаются в широкой цветовой гамме (некоторые колеровочные системы предусматривают работу с 15000 цветовых оттенков!), что значительно расширяет возможности колористического решения фасадов и внутренней отделки помещений. Основу для получения окрашенных строительных материалов представляют собой органические и неорганические пигменты.

*Пигментами* называются высокодисперсные порошкообразные красящие вещества, практически нерастворимые в воде, пленкообразователях и других окрашиваемых средах. Применяются пигменты для окрашивания лакокрасочных материалов, пластмасс (мастер-батчи), резины, волокон, бумаги, строительных материалов.

Пигменты являются одной из составных частей красок и эмалей. От типа пигмента зависят цвет лакокрасочного покрытия, его укрывистость, а также устойчивость к действию атмосферных факторов, химических реагентов и высоких температур.

Пигменты обладают определённым цветом, так как они способны избирательно отражать лучи падающего света. Когда на пигмент падает световой луч, то часть лучистой энергии поглощается, а другая отражается, окрашивая пигмент в цвет отраженных лучей. На ри-



сунке 6.1 изображен ход световых лучей, падающих на поверхность, окрашенную краской, состоящей из связующего и смеси различных пигментов.

Часть лучей света, попадая на поверхность краски, проходит через прозрачное для них связующее, не окрашивая пленку (1). Другая часть лучей отражается от краски, и это создает эффект зеркальной, блестящей поверхности (блик) (2). Часть лучей (3) полностью поглощается пигментом, и эта точка кажется темной. Лучи (4) поглощаются избирательно: одна часть лучей, составляющих спектр дневного света, поглощается, а другая отражается от поверхности пигмента и окрашивает поверхность.

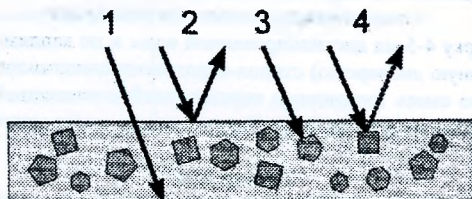


Рис. 6.1. Ход лучей света в лакокрасочном покрытии.

Пигмент, отражающий почти весь падающий на него свет, кажется белым, а пигмент, поглощающий падающие на него световые лучи - черным. Цветные краски принято называть *хроматическими*; сочетания черного и белого цветов (оттенки серого) - *ахроматическими* цветами.

## 6.2. Важнейшие характеристики пигментов

Химический состав пигмента обуславливает его главные свойства: термостойкость, коррозионную и химическую устойчивость, цвет. Содержание водорастворимых примесей в пигментах должно быть минимальным, так как под действием воды (дождь, погружение в морскую или речную воду) они вымываются, пленка становится пористой и разрушается.

*Дисперсность* пигмента характеризуется размерами его частиц, которые не должны превышать толщину пленки красочного покрытия, иначе поверхность будет неровной, шероховатой. Наилучшая укрывистость достигается при использовании частиц пигмента 0,2-10 мкм. Пигменты, как правило, отличаются высокой тонкостью помола и просеиваются сквозь сито 10000 отв./см<sup>2</sup>. Для определения дисперсности пигментов используют методы ситового, микроскопического и седиментационного анализов.

*Маслоемкость* - это способность частиц пигмента удерживать на своей поверхности определенное количество масла. Выражается она в граммах на 100 грамм пигмента и колеблется обычно от 40 до 100. Поскольку стоимость связующего масла (олифы) обычно выше, чем пигмента, более экономичны пигменты с малой маслоемкостью. Кроме того, чем меньше связующего требуется для получения краски малярной консистенции, тем более долговечным будет покрытие. Для определения маслоемкости к пигменту добавляют по каплям масло, перемешивая при этом смесь стеклянной палочкой до тех пор, пока вся масса не превратится в комок.

*Укрывистостью* называют способность краски (или пигмента, затертого на олифе) при равномерном нанесении на одноцветную поверхность делать невидимым цвет последней. Укрывистость выражается в граммах краски (пигмента), необходимой для того, чтобы сделать невидимым цвет закрашиваемой поверхности площадью 1 м<sup>2</sup>. Укрывистость пигментов считают хорошей, если она составляет 20-60 г/м<sup>2</sup>. Укрывистость в основном зависит от формы и размера частиц, цвета пигмента.



*Цвет* - свойство тел вызывать определённое зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом и интенсивностью отражаемого или испускаемого ими видимого излучения. Основные качества цвета - цветовой тон, насыщенность и светлота. Цвет лакокрасочных материалов зависит в основном от цвета пигментов, наполнителей и связующих. Цвет определяет визуальным и инструментальным методами.

*Блеск* - способность поверхности направленно отражать световой поток. Блеск лакокрасочных покрытий устанавливается фотоэлектрическим методом. Сущность метода заключается в измерении величины фототока, возбуждаемого в фотоприёмнике под действием пучка света, отражённого от поверхности испытываемого покрытия.

*Светостойкость* - свойство материала сохранять свой цвет под действием световых лучей. В процессе эксплуатации лакокрасочные материалы изменяют свой цвет под действием ультрафиолетовых лучей естественного света и источников искусственного освещения, излучающих ультрафиолетовые лучи. Готовые лакокрасочные материалы, а также пигменты, связующие и другие материалы, составляющие окрасочную плёнку, должны быть светостойкими. Это особенно важно для наружных лакокрасочных покрытий фасадов и кровель зданий, открытых металлических конструкций. У лакокрасочных материалов и неорганических пигментов определяют условную светостойкость.

*Атмосферостойкость* - свойство лакокрасочного покрытия сопротивляться разрушающему действию солнечных лучей, дождя, мороза, снега, ветра, и других атмосферных факторов (например, газов и пыли, загрязняющих нижние слои атмосферы). Для определения атмосферостойкости образцы с лакокрасочным покрытием выдерживают в атмосферных условиях с последующей количественной оценкой стойкости покрытия по изменению декоративных и защитных свойств. Испытания проводят на атмосферных площадках, расположенных на открытом воздухе на крыше здания или на земле (натурные испытания).

Кроме того, большое значение имеют такие свойства пигмента, как *красящая способность*, заключающаяся в способности пигмента передавать свой цветовой тон смеси с белым пигментом; *безвредность* для здоровья работающих; *щелочестойкость* (для силикатных красок) и др.

### 6.3. Неорганические пигменты

Традиционно большое распространение в лакокрасочной промышленности получили неорганические пигменты. В 1985 году объём их мирового потребления составил 4.3 - 4.5 миллиона тонн. В зависимости от происхождения они делятся на природные и искусственные. Состав наиболее важных неорганических пигментов приведен в таблице 6.1. Природных пигментов сравнительно немного, добываются они из недр земли и в своем естественном виде готовы к употреблению. Они уступают искусственным по яркости и насыщенности цвета, но дешевы, безвредны и весьма устойчивы к атмосферным воздействиям. К природным неорганическим пигментам относятся мел, мумия, охра, умбра, сiena, киноварь и др.

*Мел* - порошок белого цвета. Состоит в основном из карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ). Применяется в водных красках и шпатлевках.

*Мумия* - красный, с коричневым оттенком пигмент. Представляет собой алумосиликат, окрашенный оксидами железа. Применяется со всеми видами связующих.

*Сурик железный* - коричневатого-красного цвета, представляет собой размолотую в мелкий порошок железную руду и в основной массе состоит из оксида железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (78-85 %). Отличается свето- и атмосферостойкостью.

*Охра* - желтый пигмент, состоящий из глин, содержащих 10-25%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Дешевый и стойкий пигмент.

*Умбра* - коричневый, с зеленым оттенком пигмент, содержит до 50% оксида железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и оксида марганца  $\text{MnO}_2$ .

*Сиена* - темножелтый пигмент, представляющий собой алумосиликат с содержанием оксида железа  $Fe_2O_3$  до 45-70%. Сиена жженая имеет каштановый цвет.

Спектр синтетических неорганических пигментов намного шире.

**Белые пигменты** *Диоксид титана ( $TiO_2$ ) (белила титановые)*. Является основным белым пигментом в современной лакокрасочной промышленности. По своей укрывистости ( $50-70 \text{ г/м}^2$ ) превосходит все другие белые пигменты. Имеет нейтральную среду водной вытяжки и может быть введен во все пленкообразующие. Коэффициент отражения - 98,9%. В 1998 году мировое потребление  $TiO_2$  составило 2,2 млн. тонн, что соответствует 4,3 млрд. долларов США. Крупнейшими мировыми производителями диоксида титана являются концерны «Дю Понт де Немур» (США), «Кронос» (Германия) и др. В странах СНГ промышленная добыча  $TiO_2$  ведется на Украине.

*Оксид цинка ( $ZnO$ ) (белила цинковые)*. Помимо оксида цинка всегда содержат небольшое количество примесей. Применяется как для внутренних, так и для наружных работ, обладает хорошей свето- и атмосферостойкостью. Укрывистость - не более  $100-110 \text{ г/м}^2$ , коэффициент отражения - 99,7%.

*Литопон*. Представляет собой продукт осаждения из раствора смеси  $ZnS$  и  $BaSO_4$ . Для получения атмосферостойких покрытий не пригоден, так как желтеет на свету. Укрывистость литопона не более  $110 \text{ г/м}^2$ , коэффициент отражения - 97,8%. Для повышения светостойкости литопона при его изготовлении к раствору сульфата цинка добавляют сульфат кобальта в количестве 0,01-0,015% от массы  $ZnSO_4$ . При хранении в темноте пигмент приобретает серый оттенок.

**Желтые пигменты** До недавнего времени из желтых пигментов наибольшее техническое значение имели *кроны*, представляющие собой соли хромовой кислоты ( $H_2CrO_4$ ) различных металлов (Pb, Zn, Sr, Ba). Кроны обладают высокими защитными (антикоррозионными) свойствами, улучшают пластические свойства малярных составов, способствуют равномерному распределению краски по окрашиваемой поверхности. Однако сейчас в силу высокой токсичности сфера использования кронов значительно сократилась. Кроме того, с целью уменьшения экологической опасности кронов, хроматы осаждают на поверхность высокодисперсных инертных наполнителей ( $Al_2O_3$ ), получая оболочковые (кernовые) пигменты (core/shell pigments).

Серьезную альтернативу кронам составляют экологически безвредные желтые железокислотные пигменты и ванадат висмута.

**Красные пигменты** Наибольшее применение среди красных пигментов имеют красные железокислотные пигменты, сочетающие высокую укрывистость ( $10-20 \text{ г/м}^2$ ), довольно низкую себестоимость, высокую свето- и атмосферостойкость и безвредность для окружающей среды. Свинцовый сурик обладает высокой коррозионной стойкостью и дает глубокий, насыщенный тон, но сильно токсичен, что привело к значительным ограничениям в его использовании.

**Синие пигменты** *Железная лазурь* имеет вид темно-синего порошка. Она устойчива к действию слабых кислот, но не устойчива к действию щелочей. Поэтому ее не используют в красках, предназначенных для нанесения по штукатурке, и в слабощелочных латексных красках.

*Кобальтовый синий* представляет собой смесь оксидов  $CoO$  и  $Al_2O_3$ , с примесью солей кобальта и алюминия, получается путем прокаливания при  $1350^\circ C$ . Светостоек, стоек к действию щелочей и кислот, ускоряет сушку масляных красок, способен выдерживать высокие температуры и используется для окраски горячих поверхностей. Недостатком данного пигмента является его высокая стоимость.

*Ультрамарин* - продукт обжига смеси каолина, кварца и соды. Имеет окраску от синих до светло-лазурных тонов.

Таблица 6.1. Важнейшие неорганические пигменты.

Цвет	Химическая формула	Название пигмента
Белый	$TiO_2$	Оксид титана
	$ZnO$	Оксид цинка, цинковые белила
	$ZnS+BaSO_4$	Литопон
Лимонно-желтый	$BiVO_4$	Ванадат висмута
	$2PbCrO_4 \cdot PbSO_4$	Свинцовый крон лимонный
Желтый	$FeO(OH)$	Желтый железоксидный
	$13PbCrO_4 \cdot PbSO_4$	Свинцовый крон желтый
	$ZnCrO_4$	Цинковый крон желтый
	$FeO(OH)+Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	Охра (природная или синтетическая)
	$CdS+CdSe$	Кадмиевый желтый
Оранжевый	$PbCrO_4 \cdot PbO$	Свинцовый крон оранжевый
Красный	$Fe_2O_3$	Красный железоксидный, индийский красный, венецианский красный
	$Fe_2O_3+Al_2O_3+SiO_2$	Мумия
	$7PbCrO_4 \cdot PbSO_4 \cdot PbMoO_4$	Свинцово-молибдатный крон
	$Pb_3O_4$	Свинцовый сурик
Коричневый	$FeO+\gamma Fe_2O_3$	Железный сурик
	$MnO_2+FeO(OH)+Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	Умбра
Синий	$Fe_4[Fe(CN)_6]_3 \cdot K_4Fe(CN)_6 \cdot nH_2O$	Железная лазурь, милори, берлинская лазурь, парижский синий
	$2[Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2] \cdot Na_2S_4$	Ультрамарин
	$CoO+Al_2O_3$	Кобальтовый синий
Зеленый	$Cr_2O_3$	Оксид хрома
	$Cr_2O_3 \cdot nH_2O$	Изумрудная зелень
Черный	C	Технический углерод, сажа
	$FeO$	Черный железоксидный, марс

**Зеленые пигменты** Оксид хрома ( $Cr_2O_3$ ) - пигмент темно-зеленого цвета, нерастворимый в щелочах и кислотах. Применяется для приготовления химически устойчивых, термо-, свето- и атмосферостойких красок. Пигмент *изумрудная зелень* является гидратированным оксидом хрома.

**Черные пигменты** Сажа печная, нефтяная, газовая - продукт неполного сжигания различных углеродосодержащих веществ, является почти чистым углеродом. Обладает высокой атмосферо- и светостойкостью.

**Металлические пигменты (бронзы)** Являются порошками тонко измельченных на специальных мельницах меди, алюминия, сплавов никеля и цинка (мельхиор) и других цветных металлов. Характеризуются пластинчатой формой частиц. Благодаря такой форме эти частицы образуют в покрытии чешуйчатую поверхность, хорошо защищающую материал основания от воздействия агрессивных сред.

По основным оттенкам бронзы делятся на серебристые и золотистые. Оттенки бронзы получают путем химической обработки в спиртовых растворах с анилиновыми красителями. При этом могут быть получены бронзы различных оттенков: голубого, фиолетового, пурпурного. В золотистой бронзе металлические чешуйки должны быть отполированы во вращающихся барабанах при помощи жирных полировочных составов.



Серебристый пигмент - алюминиевая пудра. Представляет собой почти чистый алюминий и содержит 3-4% парафина, предохраняющего его от окисления и устраняющего опасность самовозгорания и взрыва. Укрывистость - 10 г/м<sup>2</sup>.

#### 6.4. Антикоррозионные пигменты

Техногенное воздействие человека на природу приводит к усилению коррозионной активности окружающей среды. Одним из наиболее надежных и дешевых методов защиты металлов от коррозии является нанесение антикоррозионных покрытий.

Эффективность антикоррозионного покрытия определяется природой и содержанием особых антикоррозионных пигментов. На сегодняшний день в промышленности применяются три основных класса таких пигментов.

1. Фосфаты металлов (дифосфат меди  $\text{Cu}_2\text{P}_2\text{O}_7$ , дифосфат кальция  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ , полифосфат алюминия  $\text{Al}_3(\text{P}_3\text{O}_{10})\cdot\text{H}_2\text{O}$  и др.). Представляют собой хорошо диспергирующиеся, термостойкие вещества. Под действием воды, проникающей в покрытие, фосфаты диссоциируют с образованием комплексной кислоты. Кислота реагирует с ионами железа на анодных участках с образованием прочных ингибиторов коррозии.

2. Метабораты металлов (метаборат цинка  $\text{Zn}(\text{BO}_2)_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , метаборат бария  $\text{Ba}(\text{BO}_2)_2$  и др.). Водные вытяжки таких пигментов имеют слабощелочную среду (pH=7.3-10.0). Это позволяет нейтрализовать коррозионно-активную среду, проникающую к поверхности металла.

3. Ферриты металлов (феррит магния  $\text{MgO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ , феррит кальция  $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  и др.). Механизм действия этих пигментов аналогичен действию метаборатов.

#### 6.5. Органические пигменты.

Органические пигменты отличаются от неорганических большей дисперсностью, более высокой интенсивностью и яркостью цвета. Однако, как правило, свето-, термо- и химическая стойкость их хуже. Большинство органических пигментов являются *лессирующими*, т.е. прозрачными.

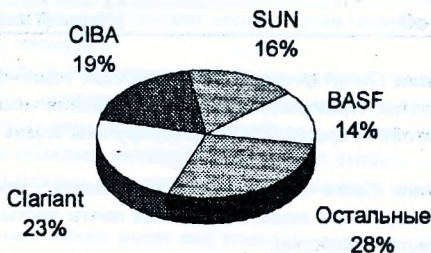


Рис. 6.2. Доля крупнейших производителей в мировом производстве органических пигментов в 1999 году

Первый синтетический органический краситель - *моветин*, был получен английским химиком Уильямом Перкиным в 1856 г. В 1928 г. специалистами шотландской фирмы «Скоттиш Дайз» в качестве побочного продукта при синтезе фталимида был выделен фталоцианиновый пигмент. В настоящее время известно несколько тысяч органических красителей и пигментов. Производство пигментов - одно из наиболее загрязняющих окружающую среду,



поэтому сейчас исследовательские работы ведутся в основном не по разработке новых органических пигментов, а на усовершенствование уже существующих технологий. Рынок органических пигментов в 1998 году оценивался в 210 тысяч тонн, что соответствует 6 миллиардам швейцарских франков. Крупнейшими потребителями органических пигментов являются страны NAFTA (Североамериканской зоны свободной торговли) - 38%. На европейские страны приходится 31% от общего потребления органических пигментов. В связи с высокой технологической трудностью производства рынок органических пигментов поделен между ограниченным числом компаний-производителей, крупнейшими из которых являются швейцарские концерны Clariant и CIBA (рис. 6.2).

Таблица 6.2. Важнейшие органические пигменты, используемые в лакокрасочной промышленности.

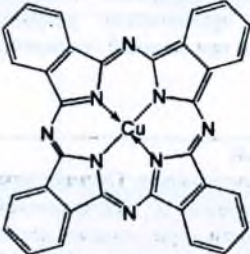
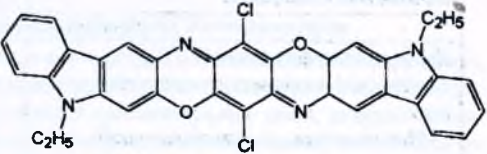
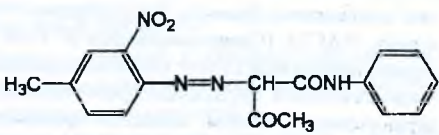
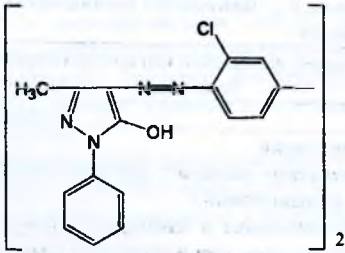
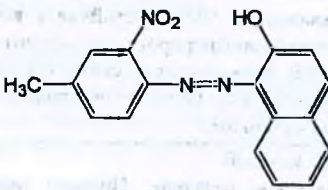
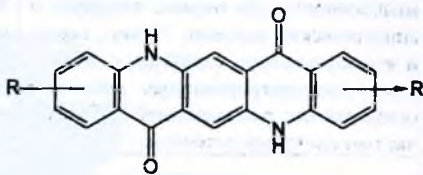
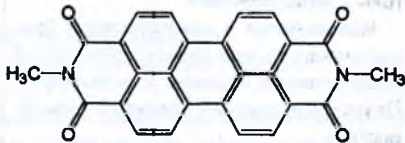
Название пигмента и его краткая характеристика	Химическая формула
<b>Фталоцианиновые пигменты</b>	
<p><b>Цвет:</b> синий</p> <p><b>Техническое название:</b> Пигмент синий фталоцианиновый.</p> <p>Используется в лакокрасочной промышленности, при окраске пластмасс и синтетических волокон. Выдерживает нагревание до 500°C, устойчив к воздействию концентрированных кислот и щелочей, имеет высокую свето- и атмосферостойкость. Обладает чистым цветовым оттенком.</p>	 <p>The image shows the chemical structure of copper phthalocyanine, a macrocyclic complex consisting of four nitrogen atoms coordinated to a central copper atom, with four benzene rings attached to the nitrogens.</p>
<p><b>Цвет:</b> зеленый</p> <p><b>Техническое название:</b> Пигмент зеленый фталоцианиновый.</p> <p>Используется в лакокрасочной промышленности, при окраске пластмасс и синтетических волокон. Термо-, свето- и атмосферостоек, устойчив к воздействию концентрированных кислот и органических растворителей. Обладает чистым цветовым оттенком.</p>	<p>Химическая формула аналогична формуле <i>синего фталоцианинового пигмента</i>, однако, в бензольных кольцах в качестве заместителей содержатся атомы галогенов (хлора, реже брома) в количестве до 16 атомов. В зависимости от числа атомов хлора цвет пигмента может изменяться от бирюзового до зеленого с синеватым оттенком. Введение атомов брома позволяет получить зеленый пигмент с желтым оттенком.</p>
<b>Диоксазиновые пигменты</b>	
<p><b>Цвет:</b> фиолетовый</p> <p><b>Техническое название:</b> Пигмент фиолетовый диоксазиновый.</p> <p>Используется в лакокрасочной промышленности, при окраске пластмасс и синтетических волокон, в полиграфии. Отличается высокой красящей способностью.</p>	 <p>The image shows the chemical structure of a disoxazine pigment, a complex macrocyclic structure with two oxygen atoms in the ring, two chlorine atoms, and two ethyl groups (C2H5) attached to the nitrogen atoms.</p>

Таблица 6.2. Важнейшие органические пигменты, используемые в лакокрасочной промышленности. (Продолжение)

Азопигменты	
<p><b>Цвет:</b> лимонно-желтый  <b>Техническое название:</b> Пигмент желтый светопрочный.</p> <p>Используется в лакокрасочной промышленности, при окраске пластмасс и синтетических волокон. Неустойчив к действию органических растворителей.</p>	
<p><b>Цвет:</b> оранжевый  <b>Техническое название:</b> Пигмент оранжевый.</p> <p>Используется в лакокрасочной промышленности, при окраске пластмасс и синтетических волокон. Неустойчив к действию органических растворителей, разлагается при высокой температуре.</p>	
<p><b>Цвет:</b> алый  <b>Техническое название:</b> Пигмент алый.</p> <p>Используется в лакокрасочной промышленности, при окраске пластмасс и синтетических волокон. Неустойчив к действию органических растворителей, разлагается при высокой температуре.</p>	
Хинакридоновые пигменты	
<p><b>Цвет:</b> розовый и фиолетовый  <b>Техническое название:</b> транс-хинакридон (β и γ модификации)</p> <p>Используются в лакокрасочной промышленности, при окраске пластмасс и синтетических волокон. Обладают высокой светостойкостью и термостойкостью, стойкостью к миграции.</p>	 <p>где R = H, CH<sub>3</sub>, Cl</p>
Полициклические пигменты	
<p><b>Цвет:</b> красно-фиолетовый  <b>Техническое название:</b> пигмент периленовый</p> <p>Используется в лакокрасочной промышленности, при окраске пластмасс. Обладает высокой атмосферо-, свето- и термостойкостью, стойкостью к миграции, устойчив к воздействию органических растворителей.</p>	

В зависимости от своего химического строения органические пигменты, подразделяются на несколько классов. Основными классами, которые используются в промышленности, являются *фталоцианиновые* пигменты (25% от мирового производства органических красителей), *диоксазиновые* пигменты, *азопигменты*, *хинакридоновые* пигменты, *полициклические* пигменты и др. Формулы важнейших органических пигментов и их краткие характеристики приведены в таблице 6.2.

Для большего удобства при использовании пигментов (устранение слеживаемости, пыления, облегчения диспергируемости и дозировки) их переводят в выпускные формы: легкодиспергируемые порошки, пигментные пасты (препарации), микрокапсулы, гранулы, таблетки. В таблице 6.3 приведены оригинальные выкрасы наиболее часто используемых в лакокрасочной промышленности органических и неорганических пигментов.

Таблица 6.3. Оригинальные цвета важнейших пигментов, используемых в лакокрасочной промышленности.

Синий фталоцианиновый	Зеленый фталоцианиновый	Оксид хрома
Ванадат висмута	Оранжевый азопигмент	Красный железоксидный
Хинакридоновый розовый	Диоксазиновый фиолетовый	Сажа

### 6.6. Цветность органических соединений. Колориметрия

Цвет пигмента возникает за счет поглощения частиц пигмента части спектра белого цвета. В таблице 6.4 приведены приблизительные границы интервалов длин волн монохроматических световых лучей (спектральные цвета) и дополнительные цвета, которые возникают в зрительном аппарате, если из белого луча изымается (поглощается) какой-либо из спектральных цветов. Белый пигмент практически полностью отражает лучи всей видимой части спектра, черный - практически полностью поглощает их, серый поглощает все лучи приблизительно одинаково, цветной избирательно поглощает некоторые из них.

Цвет органических пигментов определяется их химическим строением. Для того чтобы органическое соединение было окрашено, необходимо, чтобы энергия возбуждения его мо-



лекулы лежала в пределах от 158 до 300 кДж/моль. Таким образом, первостепенное значение в процессе поглощения света органическими соединениями является разность энергии между высшей занятой и низшей свободной молекулярными орбиталями. Чем меньше эта разница, тем меньше энергия возбуждения молекулы, а значит сильнее окраска вещества. К органическим веществам с наиболее интенсивной окраской относятся углеводороды с длинной цепочкой сопряженных двойных связей, особенно, если в цепи присутствуют сильные электронодонорные или электрооакцепторные заместители, полициклические углеводороды, некоторые гетероциклические соединения, органические комплексы металлов и др.

Таблица 6.4. Примерные границы основных границ спектра

$\lambda$ , нм	Спектральный цвет	Дополнительный цвет
400-435	Фиолетовый	Зеленовато-желтый
435-480	Синий	Желтый
480-490	Зеленовато-синий	Оранжевый
490-500	Синеvато-зеленый	Красный
500-560	Зеленый	Пурпурный
560-580	Желтовато-зеленый	Фиолетовый
580-595	Желтый	Синий
595-605	Оранжевый	Зеленовато-синий
605-730	Красный	Синеvато-зеленый
730-760	Пурпурный	Зеленый

Наука о методах измерения и количественного выражения цвета называется *колориметрией*. Основной цветовой характеристикой цвета пигмента является его *цветность*. Цветность определяется положением цветового вектора в цветовой координатной системе. С 1976 для характеристики пигментов в лакокрасочной промышленности широко используется цветовая координатная система *Lab*, где *L* - яркость, которая изменяется от 0 (абсолютно черной тело) до 100 (белое тело), координаты *-a*, *+a*, *-b*, *+b* - определяют зеленый, красный, синий и желтый цвета соответственно.

### 6.7. Лабораторная работа

При работе с пигментами соблюдайте особую осторожность. Порошкообразные пигменты склонны к образованию мелкой пыли, которая очень опасна при вдыхании. Не допускайте попадания пигментов в глаза, на открытые участки тела и одежду!

Внимательно ознакомьтесь с образцами пигментов, выданными преподавателем. По результатам визуального осмотра и на основании информации, полученной из методических указаний, заполните таблицу:

№	Цвет	Торговое название и выпускная форма	Химическая природа и свойства	Формула

В графе «Торговое название и выпускная форма» укажите торговое название пигмента (приведено на этикетке) и в каком виде находится рассматриваемый пигмент: легкодиспергируемый порошок или пигментная паста (препарация).

В графе «Химическая природа и свойства» укажите химическое название пигмента (если это возможно) и кратко опишите его свойства на основании п. 6.3 и 6.5 данных методических указаний. В графе «Формула» для органических пигментов приведите их структурную формулу (табл. 6.2).



## 7. СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Современную цивилизацию сложно представить без достижений химической технологии. Огромное количество искусственных и синтетических материалов и препаратов используется в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, медицине, технике и в быту, однако разработка экологически чистых производственных процессов существенно отстает от темпов роста производства.

Несмотря на значительные усилия в области охраны природы уже сегодня проблема нависшей угрозы экологической катастрофы из разряда *естественно-научных* перешла в проблему *социально-политическую*. Помимо загрязнения окружающей среды, непосредственно связанного с интенсификацией промышленного и сельскохозяйственного производства, существенный ущерб природе наносят и другие сферы жизнедеятельности современного человека - сжигание топлива, неполная утилизация промышленных, радиоактивных и бытовых отходов и т.п.

Огромное количество различных органических и неорганических веществ попадающих в окружающую среду с такими продуктами химической технологии, как моющие средства, лаки, краски, растворители, косметические и лекарственные препараты и др. оказывают как прямое вредное воздействие на живые организмы (токсическое, возникновение мутаций и генетические изменения), так и косвенное, например, климатические изменения, когда вызванный эффект и последствия могут проявиться значительно позже. Иными словами, вторжение современного человека в природу наносит ей не только непосредственный ущерб, но и вызывает ряд новых процессов, приводящих к разрушению окружающей среды.

Однако, в ряде случаев, под действием химических препаратов напротив происходит не загрязнение, а распад и обеззараживание отравляющих природу веществ, и именно этот тип химических превращений необходимо широко применять при очистке производственных и бытовых отходов. Таким образом, достижения современной химии нельзя рассматривать односторонне - с позиции загрязняющей природу отрасли промышленности, следует помнить и о ее позитивной роли в защите среды обитания от загрязнения.

В связи с этим, будущий инженер-технолог строительной индустрии обязан не только понимать необходимость комплексного подхода к решению проблем экологии и рационального природопользования, но и реализовывать его в своей профессиональной деятельности.

Загрязнения окружающей среды, связанные с химической и строительной технологией, можно условно разделить на загрязнения земной атмосферы, почвы, грунтовых, подземных и морских вод.

### 7.1. Проблема фреонов и озонового слоя Земли

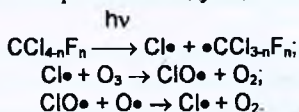
Загрязнение атмосферы различными химическими веществами приводит к постепенному разрушению расположенного на расстоянии 20-25 км от поверхности Земли озонового слоя.

Наличие озонового слоя над Землей является необходимым условием существования жизни. В ходе эволюции живые существа смогли выйти из морей на сушу только тогда, когда в атмосфере возникла первая озоновая оболочка. Существенно поглощая космическую энергию в ультрафиолетовом диапазоне (максимум при 254 нм) и пропуская «обогревающие» Землю инфракрасные лучи озоновый слой постоянно пополняет запас энергии в расположенной ниже атмосфере и заметно препятствует вертикальной конвекции воздуха, что, в свою очередь, влияет на температуру на поверхности нашей планеты. Кроме этого, поглощая ультрафиолетовое излучение, атмосферный озон защищает молекулы ДНК от его губительного воздействия - биохимических изменений, вызывающих мутации. Заметим, что

ДНК - носитель генетической информации - имеет очень близкую к озону величину максимума поглощения в УФ-диапазоне - 260 нм.

Одну из основных ролей в разрушении атмосферного озона играют галогенопроизводные углеводородов - фторхлоруглеводороды (фреоны). Фреоны, прежде всего  $\text{CFCl}_3$ ,  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  и  $\text{CHClF}_2$ , в течение длительного времени использовали в качестве распылителей при изготовлении аэрозольных упаковок. В настоящее время они особенно широко используются в холодильных установках и кондиционерах, а также как пенообразователи при получении искусственных пен, стиральных и чистящих порошков.

Разрушающее действие фреонов на озоновый слой вызвано тем, что под действием УФ-излучения они разлагаются с образованием хлора, который служит источником радикалов  $\text{Cl}\bullet$  и  $\text{ClO}\bullet$ . Эти радикалы способны вступать в реакцию с озоном, что и приводит к разрушению озонового слоя, при этом протекают следующие химические реакции:



Радикалы  $\text{Cl}\bullet$  вновь участвуют в разрушении озона, что позволяет говорить о каталитическом характере процесса.

Разрушение озона в стратосфере приводит к разогреванию тропосферы, так как больше богатых энергией УФ-лучей проникает в тропосферу и поглощается в ней. Галогеноуглероды участвуют в создании парникового эффекта в атмосфере, еще и по причине того, что они интенсивно поглощают ИК-излучение в области 700-1300 нм. Кроме того даже незначительная потеря озона стратосферы сопровождается усилением УФ-излучения вблизи поверхности Земли, что приводит к росту онкологических заболеваний (раку кожи), снижению роста и участия в фотосинтезе ряда растений, в том числе и культурных.

До недавнего времени фреоны выбрасывались в атмосферу практически бесконтрольно. Только в 1973 году в атмосферу было выпущено 230 тысяч тонн фреонов! Лишь в начале 80-х годов были предприняты меры по ограничению эмиссии фреонов в атмосферу. Между тем, установлено, что продолжительность пребывания фторхлоруглеводородов в атмосфере оценивается в 100 и более лет, при этом только  $\text{CHClF}_2$  может претерпевать в тропосфере какие-либо изменения. Требованиям резкого сокращения производства и применения фторхлоруглеводородов в настоящее время противостоят трудности перестройки в краткие сроки химических производств, а также противоречие с техническими и экономическими интересами крупнейших производителей и потребителей фреонов.

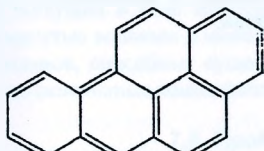
Следует отметить, что Республика Беларусь подписала и ратифицировала Венскую конвенцию об охране озонового слоя и Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. В стране активно ведется переход промышленности на озонобезопасные технологии, выполняются работы по сокращению промышленных выбросов в атмосферу путем их очистки и перехода на новые технологии. В Беларуси не производятся озоноразрушающие вещества и ежегодно сокращается их потребление. Так, за период с 1986 по 2000 гг. потребление озоноразрушающих веществ сократилось почти в четыре раза. Решением Правительства РБ создан и функционирует Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы, ведутся регулярные наблюдения озона.

## 7.2. Проблема канцерогенных веществ

Онкологические заболевания являются одной из главных причин смертности в развитых странах. Сегодня известно, что до 80% опухолей человека вызываются факторами окружающей среды, в основном химическими веществами. Вещества, вызывающие образова-

ние раковых опухолей называются *канцерогенными*. Канцерогенами могут служить как органические, так и неорганические молекулы. Это свидетельствует, что канцерогенность не связана с какой-либо структурной особенностью. Известно, что некоторые вещества являются *прямыми канцерогенами*, т.е. способны вызывать рак непосредственно. Другие соединения (*проканцерогены*) для проявления опухолеродной активности должны пройти в организме человека ряд метаболических превращений.

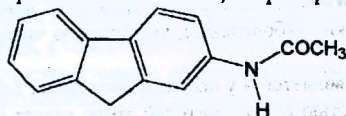
К важнейшим органическим канцерогенам относятся *полициклические ароматические углеводороды*, получившие глобальное распространение. Основным соединением этого класса является *бензпирен*.



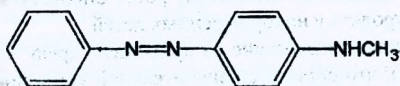
Бензпирен

Хотя *полициклические ароматические углеводороды* не производятся промышленностью, они образуются в процессах горения и содержатся во многих природных продуктах. Например, представителей этой группы соединений можно встретить в смолах, битумах и саже, они выделяются из почвы, содержатся в выхлопных газах двигателей, продуктах горения печей и отопительных установок, в табаке и многих других продуктах. Полициклические ароматические углеводороды присутствуют в воздухе, воде и почве. Они чрезвычайно устойчивы в любой среде, так что при систематическом их образовании существует опасность накопления в объектах природы. При попадании в организм полициклические углеводороды под действием ферментов образуют соединения, препятствующие синтезу ДНК, что приводит к возникновению мутаций.

Помимо бензпирена ярко выраженным канцерогенным действием обладают нитрозоамины и ароматические амины, например 2-ацетиламинофлуорен, N-метил-4-аминоазобенол.



2-ацетиламинофлуорен



N-метил-4-аминоазобенол

### 7.3. Проблема фенолов и диоксинов

Водная среда, так же, как и воздушная загрязняется человеком. Это загрязнение обусловлено не только деятельностью промышленных предприятий, которые направляют свои выбросы в реки и океаны, но и отходами современного сельского хозяйства, коммунальными отходами. Органические соединения природного происхождения за некоторыми исключениями попадая в водную среду быстро разрушаются микроорганизмами. Иначе ведут себя многочисленные синтетические органические вещества. Технический прогресс последнего столетия привел к получению и изготовлению ряда материалов, которые плохо поддаются разложению. Для их разрушения микроорганизмам не хватает многих специфических ферментов. Такие соединения попадают в окружающую среду частично при изготовлении, частично при транспортировке и, наконец, при использовании. Они способны накапливаться в опасных концентрациях, оказывая вредные воздействия на человека и природную среду. Типичным примером таких соединений являются фенолы и их многочисленные производные.

*Фенолы* широко применяются в строительной индустрии при производстве фенолформальдегидных пластмасс, клеев, для дезинфекции и т.п. Кроме того, они входят в состав сточных вод металлургических, нефтеперерабатывающих, коксохимических, целлюлозно-бумажных производств, являются компонентом выхлопных газов бензиновых и дизельных двигателей, образуются при сгорании и коксовании дерева и угля.

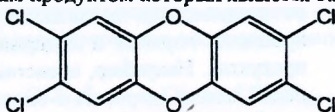


Присутствие фенола в природных водах приводит к многочисленным негативным последствиям. Во-первых, фенол интенсивно поглощает кислород:



Нарушение кислородного режима приводит к гибели живых организмов, населяющих водоем. Кроме того, уже при концентрации 0,02 мг/л фенол влияет на вкус воды, а мясо рыб в водоемах, содержащих фенолы, становится несъедобным. Установленная предельно допустимая концентрация фенолов у места водоиспользования составляет 0,001-0,002 мг/л.

Вторая опасность фенолов связана с их возможным попаданием в питьевую воду. Использование хлорирования для обеззараживания такой воды приводит к дальнейшим превращениям фенолов, конечным продуктом которых является *диоксин*.

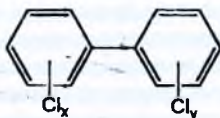


Диоксин

Диоксин обладает сильной физиологической активностью. Он способен раздражать кожу, поражает печень, обладает канцерогенным, мутагенным и тератогенным действием. Диоксин может накапливаться в организме. Особую опасность представляет его высокая стабильность (выдерживает без разложения нагревание до 750°C) и химическая инертность, что значительно затрудняет обезвреживание диоксина.

Во время техногенных аварий в результате сброса фенолов в природные воды, возможны случаи массовых отравлений диоксином. Так в результате аварии на ПО «Химпром» (г. Уфа, Россия) в конце 80-х гг. уровень диоксина в речной воде превышал санитарную норму в 147000 раз, в питьевой воде - в 20000 раз. В долгосрочном плане отравление диоксином в Уфе привело к значительному росту онкологических заболеваний, увеличению числа аномалий и уродств у новорожденных детей.

Вредное воздействие на природную среду проявляется и у *полихлорированных бифенилов* (ПХБ), что связано со значительной устойчивостью представителей этого класса синтетических соединений. На открытом воздухе период полураспада может составлять от 10 до 100 лет. Эти чрезвычайно устойчивые вещества находят применение в холодильных установках, как пластификаторы в пластмассах, а также как жидкие теплоносители и в качестве компонента технических масел.



Полихлорированные бифенилы

На сегодняшний день существует предположение, что ПХБ обладают канцерогенным действием. Установлено, что отравления ПХБ вызывают трудно излечимые поражения кожи, после которых остаются шрамы. Кроме того, изменяется состав крови, отравление сказывается на печени и состоянии нервной системы.

#### 7.4. Проблема нефтяного загрязнения мирового океана

Ежегодно только в США происходит приблизительно 13000 случаев утечки нефти. В морскую воду ежегодно попадает до 12 млн. тонн нефти. В Великобритании ежегодно выливается в канализацию свыше 1 млн. тонн использованного машинного масла.



Нефть в основном состоит из *алифатических углеводородов* и, в зависимости от происхождения, может содержать *алициклические* и *ароматические углеводороды*, а также кислородсодержащие органические соединения - *альдегиды*, *кетоны* и *карбоновые кислоты*.

Нефть способна образовывать на поверхности воды тонкую пленку. На открытых водных поверхностях, загрязненных нефтью, с течением времени образуется эмульсионный слой *нефть-вода*, который препятствует газообмену между водой и воздухом. Этот эффект приводит к тому, что все живые организмы, находящиеся под этой пленкой, постепенно задыхаются. У морских птиц контакт с нефтью приводит к склеиванию оперения; птицы утрачивают способность держаться на воде и быстро гибнут от переохлаждения. Нефть ослепляет живущих в воде животных - тюленей, нерпу. Она уменьшает проникновение света в замкнутые водоемы и может повышать температуру воды. Это особенно губительно для организмов, способных существовать в ограниченном интервале температур. Растворимые в воде окисленные компоненты нефти могут обладать токсичным действием.

### 7.5. Проблема поверхностно-активных веществ

За последние несколько десятков лет появилась большая группа органических соединений, которые создали дополнительную проблему, связанную с загрязнением природных вод - это *поверхностно-активные вещества* (ПАВ). Эти вещества применяют как мощные средства, понижающие поверхностное натяжение воды.

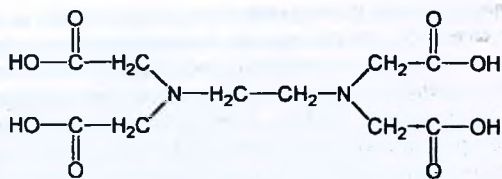
Мировое производство ПАВ составляет величину порядка 2-3 кг на душу населения в год. Примерно 50% производимых ПАВ используется для бытовой химии, остальное - в промышленности и сельском хозяйстве. Это приводит к тому, что водные растворы ПАВ в большей или меньшей концентрации поступают в производственные сточные воды и в конечном счете в водоемы. Использование ПАВ часто сопровождается пенообразованием, что приводит к большим скоплениям пены в руслах рек и в водоемах. Эта пена препятствует судододству, а токсичность ПАВ приводит к массовой гибели рыбы.

Очистке сточных вод от ПАВ уделяется большое внимание, так как из-за низкой скорости разложения ПАВ вредные результаты их воздействия на природу и живые организмы непредсказуемы. Сточные воды, содержащие продукты гидролиза полифосфатных ПАВ, могут вызвать интенсивный рост растений, что приводит к загрязнению ранее чистых водоемов: по мере отмирания растений начинается их гниение, а вода обедняется кислородом, что в свою очередь ухудшает условия существования других форм жизни в воде. Кроме того, ПАВ значительно увеличивают проницаемость межклеточных мембран у растений и животных.

Даже незначительная концентрация ПАВ (более 0,05 мг/л) в речной воде достаточна, чтобы активизировать токсичные вещества, адсорбированные на донных осадках. Максимально допустимая концентрация ПАВ в питьевой воде составляет 0,2 мг/л, в водоемах рыбохозяйственного значения - 0,1 мг/л. При содержании ПАВ в количестве 0,4 - 3,0 мг/л появляется горький и заметный мыльно-керосиновый привкус воды.

### 7.6. Проблема ЭДТА

*ЭДТА* (*этилендиаминтетрауксусная кислота* и ее натриевые соли) широко применяется в производстве моющих средств, целлюлозно-бумажной промышленности, фотографической промышленности, металлургии, производстве цемента, чернил для струйных принтеров, водоочистке.



Этилендиаминтетрауксусная кислота

До недавнего времени экологической опасности ЭДТА не придавалось особого значения. Это привело к неконтролируемым сбросам этого соединения в сточные воды. Последние исследования показали, что в присутствии ЭДТА ионы металлов-микроэлементов, необходимые для нормальной жизнедеятельности живых организмов, связываются в прочные комплексы и не могут быть усвоены. Наличие ЭДТА в воде в концентрации более чем 0.1 ммоль/л подавляет способность клеток к размножению и приводит к их частичной гибели. В 1992 году Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в нормативах для питьевой воды по органическим показателям ввела предельно допустимую концентрацию ЭДТА в питьевой воде на уровне 0.2 ммоль/л.

### 7.7. Проблема органических растворителей

С 1970-х гг. всеобщее внимание привола проблема повсеместного распространения *хлорсодержащих углеводородов*, которые особенно часто применяются в качестве растворителей либо как материал для ряда синтезов. Из-за сравнительно низких температур кипения и значительно более высокой, чем у полициклических ароматических углеводородов, растворимости в воде (около 1 г/л при 25°C) *алкилхлориды* широко распространились в окружающей среде. Особо летучие соединения могут проникать даже через бетонные стенки канализационных систем, попадая таким образом в грунтовые воды. Хлорсодержащие углеводороды способны накапливаться в жировых отложениях организма, что предопределяет их накопление в отдельных звеньях цепи питания.

По интенсивности отравляющего действия *хлоралканов* и *хлоралкенов* на печень человека можно выделить группу сильнодействующих веществ - *тетрахлорметан*, *1,1,2,2-тетрахлорэтан*, *1,1,2-трихлорэтан*, *1,2-дихлорэтан* и группу, оказывающую менее сильное действие - *трихлорэтилен*, *тетрахлорэтилен*, *1,1,1-трихлорэтан*, *дихлорметан*.

Особо следует выделить *тетрахлорметан* (CCl<sub>4</sub>). Это соединение, применяется в качестве растворителя жиров и масел, а также для синтеза фреонов. Предполагают, что от 5 до 10% производимого тетрачлорметана попадает в окружающую среду. Природные источники образования CCl<sub>4</sub> неизвестны. Тетрахлорметан исключительно устойчив. На воздухе период его полураспада составляет 60-100 лет, но в донных отложениях водохранилищ наблюдается иная картина - в иле с ним протекают метаболические изменения (неполный распад) в течение 14-16 дней.

К числу хлорпроизводных углеводородов, оказывающих менее сильное отравляющее действие на печень относится *трихлорэтилен*. Это вещество используют главным образом как растворитель, для обезжиривания поверхности металлов, а также в небольших количествах для синтеза. *Около 90-100% всего производимого трихлорэтилена попадает в окружающую среду!* Это соединение также чрезвычайно устойчиво - в морской воде период полураспада составляет около 90 лет, в пресной воде - от 2,5 до 6 лет. Токсическое действие на человека также обусловлено метаболическими превращениями *трихлорэтилена*, в результате которых образуется *трихлорацетальдегид* (CCl<sub>3</sub>-CH=O), который, в свою очередь, реагируя с ДНК, образует мутагенные вещества.

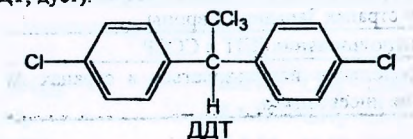
Из других органических растворителей, используемых в строительной, химической и лакокрасочной промышленности, на человеческий организм больше всего действуют *толуол*, *ксилолы* и другие *алкилбензолы*. Эти вещества могут вызвать недомогание, тошноту, головную боль, но в отличие от *бензола*, они не обладают канцерогенным действием. Внутри организма они быстро гидролизуются, соединяются с серой или *глюкуроновой кислотой* и отлагаются в почках. Серьезная опасность от этих растворителей исходит в тех случаях, когда они загрязнены бензолом.

Органические растворители в больших количествах попадают в природную среду, когда они используются при окраске различных строений или нанесении маркировочных знаков на улицах и дорожных покрытиях. Испаряясь в воздух, несмотря на плохую растворимость, они вместе с дождями и туманами попадают в воду и почву.

## 7.8. Проблема пестицидов и гербицидов

Социальные и экономические достоинства применения пестицидов и гербицидов несомненны. Они позволяют уничтожить переносчиков инфекционных заболеваний, значительно повысить урожай, а также защитить от потерь собранный урожай. Только в США крысы, насекомые, хищники и грибковые заболевания вызывают уничтожение и порчу приблизительно 35.5 млн. тонн пищевых продуктов ежегодно. В некоторых развивающихся странах потери продуктов при хранении составляют 40%.

Однако подавляющее большинство пестицидов и гербицидов обладают ярко выраженным токсическим воздействием. Среди них самую печальную известность приобрел *дихлордифенилтрихлорэтан* (ДДТ, дуст).



Количество ДДТ, ежегодно попадавшее в природную среду с 1940 г., оценивают примерно в 5500т, поскольку его применение велось без ограничений. Несмотря на огромное количество препарата основная цель его столь масштабного применения - уничтожение возбудителя малярии - комара *анофелес* - так и не была достигнута, более того, после прекращения постоянного внесения ДДТ появились новые устойчивые к его действию виды, которые заселили, казалось бы, освобожденную от *анофелеса* местность.

Однако результат все же был получен - повсеместное распространение инсектицида ДДТ, который вследствие хорошей растворимости в жирах внедрился в цепь питания человека и животных. В результате его содержание в последних звеньях цепи (т.е. во многих продуктах питания) стало примерно в  $10^6$  раз больше, чем в обычных естественных условиях.

ДДТ представляет собой типичный контактный яд, который сравнительно быстро проникает внутрь организма через кожные покровы. В результате нарушается нормальный цикл в мембранах нервных клеток, а большие количества ДДТ в организме вызывают паралич конечностей.

Сегодня установлено, что помимо ДДТ, токсичное воздействие на теплокровные организмы и на человека способны оказать *альдрин*, *паракват* и некоторые другие инсектициды.

Помимо своего непосредственного токсичного действия пестициды и гербициды оказывают наибольшее влияние на степень загрязнения почвы. В то время как загрязнение воздуха и воды можно заметить или обнаружить, загрязнения почвы могут оставаться скрытыми в течение длительного времени. Как правило, люди не входят с почвой в такой тесный контакт, как с воздухом и водой; почва непрозрачна, в большинстве случаев обладает значи-



тельным буферным действием, что позволяет загрязнениям оставаться незамеченными в течение длительного времени.

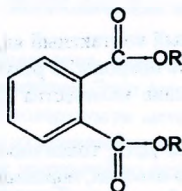
Таблица 7.1. Хронология использования ДДТ

Дата	Событие
1874	Получение ДДТ описано О. Цейдлером в его кандидатской диссертации.
1930	Пауль Мюллер обнаруживает инсектицидные свойства ДДТ
1939	В Швейцарии ДДТ был использован для обработки картофеля против колорадского жука.
1943	В США начато широкомасштабное использование ДДТ в качестве средства для борьбы с тифом и малярией в американской армии.
1945	В США ДДТ разрешен к использованию гражданским населением для борьбы с тифом и малярией.
1945	В США ДДТ разрешен к использованию в сельском хозяйстве.
1945	Выявлена токсичность ДДТ для лягушек, змей, рыб.
1948	Пауль Мюллер получает Нобелевскую премию по медицине и физиологии за открытие инсектицидного действия ДДТ
1949	Отмечены первые случаи массовой гибели птиц из-за отравления ДДТ
1962	Публикация американским биологом Рэйчел Карсон статьи «Молчаливая весна», в которой были приведены сведения о сильной токсичности ДДТ. Статья стала манифестом общественного движения за запрещение использования ДДТ в США и странах Западной Европы.
1970	Запрет использования ДДТ в СССР.
2001	ДДТ продолжает использоваться в странах Африки и Юго-Восточной Азии в качестве инсектицида.

Следует помнить, что химические, биологические и физические изменения почв тесно связаны с другими частями окружающего нас мира, с которыми почва находится в постоянном взаимодействии. Химические изменения почвы затрагивают не только поверхностный слой, они простираются гораздо дальше, оказывая косвенное влияние на всю окружающую природную среду.

## 7.9. Проблема фталатов

Целый ряд органических веществ антропогенного происхождения обладает такой подвижностью, что проникают почти повсюду - в атмосферу, почву и водную среду. К таким веществам относятся *фталаты*.



Сложный эфир фталевой кислоты

Сложные эфиры фталевой кислоты - *фталаты* более 80 лет широко применяются как пластификаторы (например, *дибутилфталат*, *ди(2-этил-гексил)фталат*) при производстве пластмасс и полимерных пленок, в первую очередь, *поливинилхлорида* (ПВХ). Кроме того,



их используют при изготовлении растворителей, смазок, лакокрасочных материалов, в парфюмерии, при производстве бумаги и т.д.

Ежегодное производство фталатов во всем мире превышает 4 млн. тонн. Значительная часть этого количества поступает в воздух (в процессе их синтеза и переработки и при сжигании фталатсодержащих материалов на свалках), в почву, в природные воды. Фталаты были обнаружены при проведении исследований как внутренних водоемов, так и открытого моря. Значительно большие количества фталатов регистрируются в пробах донных осадков.

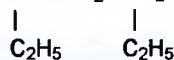
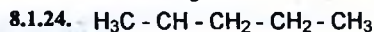
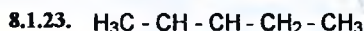
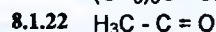
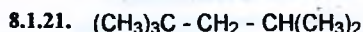
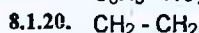
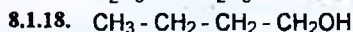
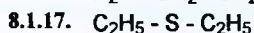
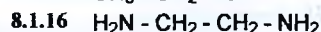
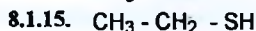
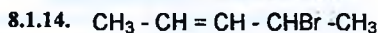
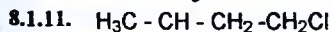
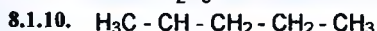
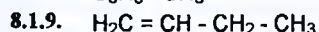
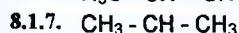
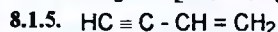
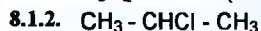
При попадании *фталатов* в человеческий организм могут наблюдаться раздражения кожи и слизистых оболочек. Токсическое действие этих соединений на организм недостаточно изучено, однако имеются предположения, что они оказывают канцерогенное действие.

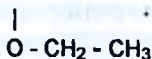
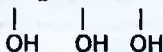
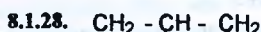
\* \* \*

Подводя итог краткого обзора воздействия различных органических веществ на окружающую среду уже сегодня можно оценить все угрожающее многообразие вмешательства человека в природу и наносимого им ущерба. Однако это не означает, что техника, химия, строительство, хозяйственная деятельность и экономика должны вернуться к каменному веку - напротив, это показывает необходимость продвижения к новым научным и технологическим достижениям, опирающимися на грамотное и рациональное природопользование.

## 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

8.1. Назовите соединение по номенклатуре ИУПАС. Определите к какому классу органических соединений оно относится. Напишите основные химические реакции, в которые вступает данное вещество и условия их протекания.





8.2. Напишите структурную формулу вещества, названного ниже. Определите к какому классу органических соединений оно относится. Напишите основные химические реакции, в которые может вступать данное вещество и условия их протекания.

- 8.2.1. 1-бром-2-метилбутан;
- 8.2.2. паракрезол;
- 8.2.3. 1,1-диметилциклопропан;
- 8.2.4. 2-метил-5-циклопропилгептан;
- 8.2.5. бутадиев-1,3;
- 8.2.6. 2,2-диметилгексан;
- 8.2.7. диметилдибутилметан;
- 8.2.8. тетраэтилэтилен
- 8.2.9. 3-метил-пентин-1
- 8.2.10. 2,2,5,5-тетраметилгексин-3;
- 8.2.11. гексадиен-2,3;
- 8.2.12. 2-бром-3,3-диметилгексан;
- 8.2.13. 1-иод-2,3-диметилбутан;
- 8.2.14. циклогексан;
- 8.2.15. 2,3-диметил-пентанол-4;
- 8.2.16. 2-метилбутен-1;
- 8.2.17. 2-метилбутандиол-1,4;
- 8.2.18. 2-метилгексанон-3;
- 8.2.19. 2,3-диметилбутановая кислота;
- 8.2.20. 4-бром-2-метилбутан;
- 8.2.21. 2-этилбутановая кислота;
- 8.2.22. 2-аминопропан;
- 8.2.23. 1,6-диаминогексан
- 8.2.24. 1,1-диэтилциклобутан;
- 8.2.25. 1,1,2,2-тетраметилциклогептан;
- 8.2.26. фенилбензиламин;
- 8.2.27. метилэтиламин;
- 8.2.28. гептин-2;
- 8.2.29. бромциклогексан;
- 8.2.30. этилбензол.

## 9. ЛИТЕРАТУРА

К главе 1

- 1.1. Иванов Б.И. Пожарная безопасность в химических лабораториях. - М.: Химия, 1988. - 112с.
- 1.2. Прокофьева А.К. Безопасность труда при работе с сильнодействующими ядовитыми веществами - М.: Оборонгиз, 1962. - 69с.

1.3. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ. - М.: Химия, 1969. - 719с.

#### *К главе 2*

2.1. Воскресенский П.И. Начала техники лабораторных работ. - М.: Химия, 1971. - 224с.

2.2. Захаров Л.Н. Начала техники лабораторных работ. - Л.: Химия, 1981. - 192с.

2.3. Артеменко. А.И., Тикунова И.В, Ануфриев Е.К. Практикум по органической химии. - М.: Высшая школа, 1991. - 175с.

2.4. Грандберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии. - М.: Высшая школа, 1987. - 298с.

2.5. Аверина А.В., Снегирева А.Я. Лабораторный практикум по органической химии. - М.: Высшая школа, 1980. - 184с.

2.6. Васильева Н.В., Куплетская Н.Б., Смолина Т.А. Практические работы по органической химии. Малый практикум. - М.: Просвещение, 1978. - 304с.

#### *К главе 3*

3.1. Артеменко А.И. Органическая химия. - М.: Высшая школа, 1987. - 430с.

3.2. Нейланд О.Я. Органическая химия. - М.: Высшая школа, 1990. - 751с.

3.3. Вайзман Ф.Л. Основы органической химии. Пер. с англ. - СПб.: Химия, 1995. - 464с.

3.4. Практикум по органической химии. Синтез и идентификация органических соединений. Под ред. Гинзбурга О.Ф. и Петрова А.А. - М.: Высшая школа, 1989. - 318с.

3.5. Максютин Н.П., Коган Ф.Е., Митченко Ф.А и др. Методы идентификации лекарственных препаратов. - Киев: Здоров'я, 1978. - 232с.

3.6. Гордон А., Форд Р. Спутник химика. Пер. с англ. - М.: Мир, 1976. - 543с.

#### *К главе 4*

4.1. Гитис С.С., Глаз А.И., Иванов А.В. Практикум по органической химии. Органический синтез. - М.: Высшая школа, 1991. - 303с.

4.2. Храпкина М.Н. Практикум по органической химии. - Л.: Химия, 1988. - 242с.

4.3. Агрономов А.Е., Шабаров Ю.С. Лабораторные работы в органическом практикуме. М.: Изд-во МГУ, 1971. - 197с.

4.4. Голодников Г.В., Мандельштам Т.В. Практикум по органическому синтезу. Л.: Изд-во ЛГУ, 1976. - 263с.

4.5. Пацак Й. Органическая химия. Пер. с чешск. - М.: Мир, 1986. - 366с.

4.6. Воробьев В.А., Коровникова В.В. Лабораторный практикум по полимерным строительным материалам. - М.: Высшая школа, 1969. - с.

4.7. Маки Р., Смит Д. Путеводитель по органическому синтезу. Пер с англ. М.: Мир, 1985. - 352с.

#### *К главе 5*

5.1. Кирсеев В.В. Высокомолекулярные соединения. - М.: Высшая школа, 1992. - 512с.

5.2. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. - М.: Химия, 1988. - 464с.

5.3. Говарикер В.Р., Висванатхан Н.В., Шридхар Дж. Полимеры. Пер. с англ. - М.: Наука, 1990. - 396с.

5.4. Лившиц М.Л., Пшиялковский Б.И. Лакокрасочные материалы: Справочное пособие. - М.: Химия, 1982. - 360с.

5.5. Воробьев А.В., Андрианов Р.А. Технология полимеров. - М.: Высшая школа, 1980. - 312с.

5.6. Химическая энциклопедия: В 5 т., т.2. Под ред. Куянца И.Л. - М.: БРЭ, 1990. - 671с.

5.7. Тилоза и Мовилит- порошок для модификации сухих строительных смесей. Техническая информация Clariant GmbH, 1999.

5.8. Вся палитра эфиров целлюлозы и полимеризатов. Техническая информация Clariant GmbH, 1999.

- 5.9. Acronal/Styfofan: Schutz und Instandsetzung von Beton. Техническая информация BASF, 2000.
- 5.10. The Ultrafine Technology. Техническая информация Rhodia, 2000.

*К главе 6*

- 6.1. Степин С.Н., Зиганшина М.Р., Вахин А.В., Смирнова С.А. Современное состояние и перспективы в области разработки антикоррозионных пигментов // Лакокрасочные материалы и их применение, 1999, №10 - с.3-10
- 6.2. Harriet G. Friedstein. A Short Story of the Chemistry of Painting // Journal of Chemical Education, 1981, vol. 58, No.4, p.290
- 6.3. Луизов А.В. Цвет и свет. Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское издание, 1989. -256с.
- 6.4. Лакокрасочные материалы 2000. Справочник. Библиотека журнала «Лакокрасочные материалы и их применение», М., 2000. - 490с.
- 6.5. Химическая энциклопедия: В 5 т., т.3. Под ред. Кунянца И.Л. - М.: БРЭ, 1992. - 639с.
- 6.6. Химическая энциклопедия. В 5 т., т.4. Под ред. Зефирова Н.С., - М.: БРЭ, 1995. - 639с.

*К главе 7*

- 7.1. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию: Пер. с нем. - М.: Мир, 1997. - 232с.
- 7.2. Корте Ф., Бахадир М., Клайн В., Лай Я.П., Парлар Г., Шойнерт И. Экологическая химия: Пер. с нем. - М.: Мир, 1997. - 396с.
- 7.3. Фримангл М. Химия в действии. В 2-х ч. Ч.2.: Пер. с англ. - М.: Мир, 1991. - 622с
- 7.4. Строкач П.П. Словарь терминов по химии и технологии воды: Справочное издание. - Брест: БрПИ, 1997. - 228с.
- 7.5. Марри Р., Греннер Д., Мейес П., Родуэлл В. Биохимия человека: В 2-х томах. Т. 2. Пер. с англ.: - М.: Мир, 1993. - 415с.
- 7.6. Лернер М.О. Горение и экология. - М.:МГПИ «Контекст», 1992. - 314с.
- 7.7. Леенсон И.А. Занимательная химия. В 2-х ч. Ч.2. - М.: Дрофа, 1996. -224с.
- 7.8. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 1998. Под ред. Логина В.Ф. - Мн.: Минсктиппроект, 1999. - 203с.
- 7.9. Федоров Л.А. Диоксины в питьевой воде // Химия и жизнь, 1993, №1, с.82
- 7.10. Thomas A. Weil, Barbara Q. Weil, Bernard D. Blaustein. Chemistry for Nonscientists: The Case of DDT // Journal of Chemical Education, 1974, vol. 51, No.3, p.198
- 7.11. David Williams Storing Up Trouble // Chemistry in Britain, 1998, No.1, p.48

*К главе 8*

- 8.1. Кан Р., Дермер О. Введение в химическую номенклатуру: Пер. с англ. - М.: Химия, 1983. - 200с.
- 8.2. Сборник упражнений по органической химии, под ред. Векслера В.И. и Хавина З.Я. - М.: Высшая школа, 1971. - 314с.
- 8.3. Чернов Д.Н., Боровко М.И., Волович П.М. Сборник задач по органической химии. - М.: Рольф, АйрисПресс, 2000. - 288с.



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Техника безопасности в лабораторном практикуме	4
1.1. Первая медицинская помощь при несчастных случаях	4
1.2. Свойства соединений, используемых в лабораторных работах	5
1.3. Пожарная безопасность при работе с органическими растворителями	7
2. Методы разделения и очистки органических соединений	9
2.1. Фильтрация	9
2.2. Перекристаллизация	10
2.3. Возгонка	11
2.4. Перегонка	12
2.5. Экстракция	13
2.6. Лабораторная работа	13
3. Органические растворители, их свойства, классификация, методы очистки и идентификации	14
3.1. Свойства и классификация растворителей	14
3.2. Алифатические и алициклические углеводороды	15
3.3. Ароматические углеводороды	16
3.4. Хлорпроизводные углеводородов	17
3.5. Простые и сложные эфиры	18
3.6. Спирты	19
3.7. Кетоны	20
3.8. Карбоновые кислоты	20
3.9. <i>N,N</i> -Алкилзамещенные амиды кислот	20
3.10. Лабораторная работа	21
4. Классификация реакций в органической химии	23
4.1. Классификация органических реакций по механизму протекания	23
4.2. Классификация органических реакций по конечному результату	24
4.3. Лабораторная работа	25
5. Применение растворов и дисперсий полимеров в строительной и лакокрасочной промышленности	29
5.1. Особенности растворов полимеров	29
5.2. Дисперсии полимеров	30
5.3. Эмульсионная полимеризация	31
5.4. Применение дисперсий полимеров в строительной промышленности	32
5.5. Лабораторная работа	34
6. Органические пигменты в современной лакокрасочной промышленности	35
6.1. Назначение пигментов	35
6.2. Важнейшие характеристики пигментов	36
6.3. Неорганические пигменты	37
6.4. Антикоррозионные пигменты	40
6.5. Органические пигменты	40
6.6. Цветность органических соединений. Колориметрия	43
6.7. Лабораторная работа	44

<b>7. Современная органическая химия и экология</b>	<b>45</b>
7.1. Проблема фреонов и озонового слоя земли	45
7.2. Проблема канцерогенных веществ	46
7.3. Проблема фенолов и диоксинов	47
7.4. Проблема нефтяного загрязнения мирового океана	48
7.5. Проблема поверхностно-активных веществ	49
7.6. Проблема ЭДТА	49
7.7. Проблема органических растворителей	50
7.8. Проблема пестицидов и гербицидов	51
7.9. Проблема фталатов	52
<b>8. Контрольные задания</b>	<b>53</b>
<b>9. Литература</b>	<b>54</b>
<b>Содержание</b>	<b>57</b>

## УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители

СТРОКАЧ Петр Павлович

БАСОВ Сергей Владимирович

ТУР Элина Аркадьевна

ХАЛЕЦКИЙ Виталий Анатольевич

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсу «Органическая химия»  
для студентов специальности

Т.19.02. «Производство строительных изделий и конструкций»

Ответственный за выпуск: Басов Сергей Владимирович

Редактор: Строкач Таисия Владимировна

---

Подписано к печати 12.12.2000 г. Формат 60Х84/16. Усл. печ. л. 3,5 . Усл. изд. л. 3,25 . Зак. № 130. Тираж 120 экз. Отпечатано на ризографе Брестского государственного технического университета. 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.