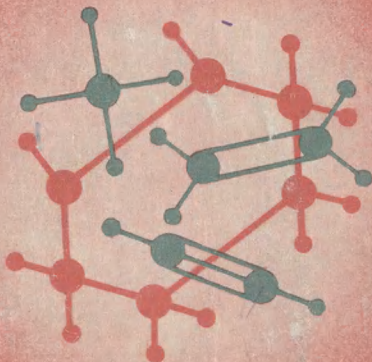


НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ
БИБЛИОТЕКА



О.А. РЕУТОВ

Органический синтез и его перспективы



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

О. А. РЕУТОВ

член-корреспондент Академии наук СССР

ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И ЕГО ПЕРСПЕКТИВЫ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА 1958

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
I. Органическая химия	4
1. Замечательный элемент	4
2. Органическая химия	5
3. «Жизненной силы» нет	6
4. Теория химического строения	8
5. Значение теории химического строения	14
II. Пути развития современного органического синтеза	15
1. Что можно получить из угля	15
2. Анилин Зинина	20
3. Что получают из нефти	23
4. Природные газы	26
5. Газы крекинга	27
III. Век синтетических и искусственных материалов	28
1. Синтетический каучук (СК)	31
2. Искусственное волокно	39
3. Синтетические смолы и пластические массы	45
4. Синтетические красители	76
5. Лекарственные вещества	80
6. Синтетические душистые вещества	85
7. Борьба с вредными насекомыми	87
8. Стимуляторы роста растений	89
9. Как задержать цветение растений	90
10. Искусственное получение пищевых продуктов	91
Заключение	96

Реутов Олег Александрович.

Органический синтез и его перспективы.

Редактор *С. А. Шорыгин.*

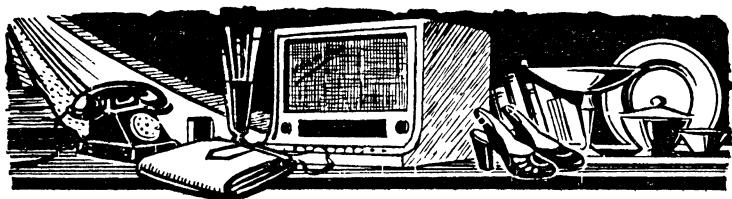
Техн. редактор *А. П. Колесникова.*

Корректор *Е. А. Белицкая.*

Сдано в набор 15/VIII 1958 г. Подписано к печати 29/X 1958 г. Бумага 84×108^{11/32}.
 Физ. печ. л. 3,0. Условн. печ. л. 4,92. Уч.-изд. л. 4,77.
 Тираж 50 000 экз. Т-11502. Цена книги 1 р. 45 к. Заказ 2191.

Государственное издательство технико-теоретической литературы
 Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова
 Московского городского Совнархоза, Москва, Ж-54, Валуевая, 28.



ВВЕДЕНИЕ

Органическим синтезом называется получение более сложных органических веществ из менее сложных органических или неорганических веществ.

Путем органического синтеза из доступных и дешевых материалов, например угля и нефти, можно получить ткани и кожу, каучук и пластические массы, мыло и уксус, красители и лекарственные вещества.

В настоящее время мы широко пользуемся предметами, материал которых изготавливается с помощью органического синтеза. Это — платье, обувь, посуда, детали различных машин, автомобилей и самолетов, лекарства и краски, духи и одеколоны и многое, многое другое.

Еще 20—30 лет назад искусственные материалы (синтетический каучук, пластические массы, волокна) считались только заменителями естественных — натурального каучука, металлов, кожи, шерсти и шелка. В настоящее время искусственные материалы по своему разнообразию и богатству свойств значительно превосходили природные. Можно сказать, что они превратились из заменителей в незаменимые.

Органический синтез — яркий пример великого значения науки, пример того, как человек, вооруженный знанием, подчиняет себе природу, заставляет ее служить своим интересам.

В нашей стране для развития органического синтеза открываются блестящие перспективы. Майский (1958 г.) пленум Центрального Комитета Коммунистической партии Советского Союза выдвинул перед советским народом задачу — ускорить развитие химической промышленности и особенно

производство синтетических материалов. Для этой цели ассигновано более 100 миллиардов рублей. В мероприятиях, разработанных Президиумом ЦК КПСС и Советом Министров СССР, предусмотрено увеличение к концу 1965 года (по сравнению с 1957 годом) производства искусственных и синтетических волокон в 4,6 раза, пластических масс и синтетических смол — в 8 раз, синтетического каучука — в 3,4 раза.

Нет сомнения, что важнейшая государственная задача — ускорение развития химической промышленности — будет успешно решена советским народом.

1. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

1. ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Все окружающие нас тела — земля, люди, животные и растения — состоят из химических элементов. Соединяясь друг с другом в различных комбинациях, эти элементы дают большое число разнообразных химических соединений.

Среди ста известных химических элементов особое место занимает углерод. Большинство химиков занимается исследованием соединений углерода. Это не случайно. Углерод входит в состав многих химических соединений.

Число известных в настоящее время соединений углерода, так называемых **о р г а н и ч е с к и х**, уже превысило миллион и продолжает быстро возрастать. Химики сейчас ежемесячно получают более двух тысяч новых соединений углерода. Химических же соединений, в которые не входит углерод, — **н е о р г а н и ч е с к и х**, — известно гораздо меньше — менее 100 тысяч.

Быстрое развитие химии углерода, или, как ее обычно называют, **о р г а н и ч е с к о й х и м и и**, связано также с тем, что соединения углерода играют особо важную роль в жизни человеческого организма. Атомы углерода легко соединяются друг с другом и с другими элементами; в результате этого могут образовываться чрезвычайно сложные молекулы с очень большим количеством атомов. Эти сложные молекулы, содержащие углерод, составляют основу всех животных и растительных организмов на Земле. Несомнен-

но, что эти молекулы являются основой жизненных процессов и за пределами нашей планеты. Известно, что вселенная состоит из тех же элементов, что и Земля. Известно, далее, что основой любых жизненных процессов могут быть только очень сложные химические соединения. Известно, наконец, что только один углерод может давать очень сложные молекулы. Таким образом, основой жизни, независимо от того, где она находится, могут быть только соединения углерода.

2. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Органическая химия как наука возникла более ста лет назад. Впервые начал говорить об органических веществах и органической химии шведский химик Берцелиус. Изучая вещества, содержащиеся в растительных и животных организмах, он убедился, что исследовать эти вещества значительно труднее, чем изучать вещества, получаемые из различных минералов и других неживых тел природы. Эти трудности и заставили Берцелиуса выделить изучение органических веществ в особую отрасль химии.

Однако Берцелиус ошибочно считал, что органические вещества принципиально отличаются от минеральных. В своем учебнике химии, вышедшем в 1827 году, он писал, что «...в живой природе элементы повинуются иным законам, чем в безжизненной», что органические вещества не могут образоваться под влиянием обычных физических и химических сил. Поэтому органическую химию Берцелиус определял как «химию растительных и животных веществ, или веществ, образующихся под влиянием жизненной силы».

Такой взгляд Берцелиуса и его последователей — виталистов (от латинского слова «вита» — жизнь) на происхождение органических веществ был глубоко неверным, идеалистическим.

Витализм прямо приводил к религии, поповщине, к признанию существования творца, который только и может создавать органические вещества.

Наука по своей природе — непримиримый враг религии. Естественно поэтому, что все последующее развитие органической химии доказало полную ошибочность взглядов виталистов.

3. «ЖИЗНЕННОЙ СИЛЫ» НЕТ

Уже в 1824 году ученик Берцелиуса Вёлер впервые синтезировал, то есть получил искусственным путем, органическое вещество — щ а в е л е в у ю к и с л о т у.

Щавелевая кислота — вещество растительного происхождения. Она находится в больших количествах в водорослях, грибах, лишайниках, папоротниках. Она придает кислый вкус всем известному щавелю.

Вёлер получил щавелевую кислоту, нагревая неорганический газ д и ц и а н с водой. Эта работа Вёлера долгое время оставалась незамеченной.

Более того, сам Вёлер не сумел увидеть ее принципиального значения.

Четыре года спустя, в 1828 году, Вёлер сделал второе открытие. Он показал, что неорганическое вещество ц и а н о в о к и с л ы й а м м о н и й легко можно превратить в продукт жизнедеятельности животного организма — м о ч е в и н у.

Получение мочевины искусственным путем привлекло широкое внимание научного мира. Однако этот факт еще не мог поколебать веру в таинственную «жизненную силу». Сторонники «жизненной силы» утверждали, что мочевина, как продукт выделения животного организма, не может считаться настоящим органическим веществом, а находится на грани между органическими и неорганическими соединениями. Если еще можно приготовить искусственно такие вещества, говорили они, то это несомненно нельзя сделать по отношению к более сложным органическим веществам.

Однако быстрое развитие науки опровергло эти взгляды. Главную роль здесь сыграли бурные успехи органического синтеза.

В 1845 году немецкий химик Кольбе получил искусственным путем у к с у с н у ю к и с л о т у. Эта кислота — органическое вещество. Образуется она при скисании вина и в виде 3—5-процентного водного раствора употребляется в пищу под названием «уксус». Молекула уксусной кислоты состоит из двух атомов углерода, четырех атомов водорода и двух атомов кислорода.

Кольбе получил уксусную кислоту, взяв в качестве исходных веществ древесный уголь, серу, хлор и воду.

После синтеза такого типичного органического вещества, как уксусная кислота, стало ясно, что никакой «жизненной силы» не существует, что процессы образования органических веществ подчиняются обычным физическим и химическим законам.

За сравнительно короткий срок был получен ряд других органических кислот, выделявшихся ранее из растений. Это — **винная кислота** (встречается в винограде), **лимонная** (в лимонах, апельсинах), **янтарная** (в незрелом крыжовнике, винограде), **яблочная** (в большинстве незрелых плодов) и другие.

Постепенно химики научились получать и более сложные органические вещества. Так, в 1854 году, после того, как было установлено, что жиры представляют собой соединения **глицерина** с различными **органическими кислотами** (молекулы которых обычно содержат 16—18 углеродных атомов), французский химик Бертло получил искусственным путем жир.

Однако до 60-х годов прошлого столетия синтетические работы химиков носили в значительной степени случайный характер. Теория отставала от практики, от эксперимента. Такое отставание болезненно отражалось на ходе экспериментальных исследований в лабораториях. Химики проводили свои исследования в значительной мере наугад, вслепую, зачастую не понимая природы синтезированных ими веществ и сути реакций, которые приводили к их образованию. Так, например, англичанин Перкин в 1856 году пытался получить **хинин** (известный антималярийный препарат), окисляя нечистый анилин, а вместо этого получил... первый синтетический краситель — **моветин**.

Отражая общее настроение химиков того времени, Вёлер писал: «Органическая химия может в настоящее время кого угодно свести с ума. Она представляется дремучим лесом, полным чудесных вещей, огромной чащей без выхода, без конца, куда не осмеливаешься проникнуть».

Теория значительно отставала от практических успехов органической химии. Отставание же теории в свою очередь препятствовало успешной работе в лабораториях.

Создавшееся в органической химии положение хорошо понимал молодой химик, работавший в лаборатории Казанского университета. Этот ученый — Александр Михайлович Бутлеров — сыграл в дальнейшем исключительно важную роль в развитии химии.

4. ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Александр Бутлеров с детских лет увлекался химией, и, когда пришло время поступать в университет, он без колебания выбрал естественное отделение философского факультета. В Казанском университете, куда поступил Бутлеров, преподавали крупные ученые, которые горячо любили химию сами и умели увлечь за собой студенческую молодежь. Огромное влияние оказал на Бутлерова его учитель — выдающийся химик Николай Николаевич Зинин.

Особенно заботливо относился к Бутлерову гениальный русский математик Николай Иванович Лобачевский, бывший в то время попечителем учебного округа. По рекомендации Зинина, Лобачевского и других ученых Бутлеров был оставлен при университете.

Защитив магистерскую, а затем и докторскую диссертации, Бутлеров в 26 лет стал профессором химии. К 30 годам он был одним из самых образованных химиков своего времени.

Уже первые работы А. М. Бутлерова затрагивали очень важные вопросы органической химии.

В 1861 году Бутлеров впервые осуществил синтез сахара, действуя на водный раствор ф о р м а л ь д е г и д а (применяемого для протравливания семян и известного под названием «формалин») раствором гашеной извести.

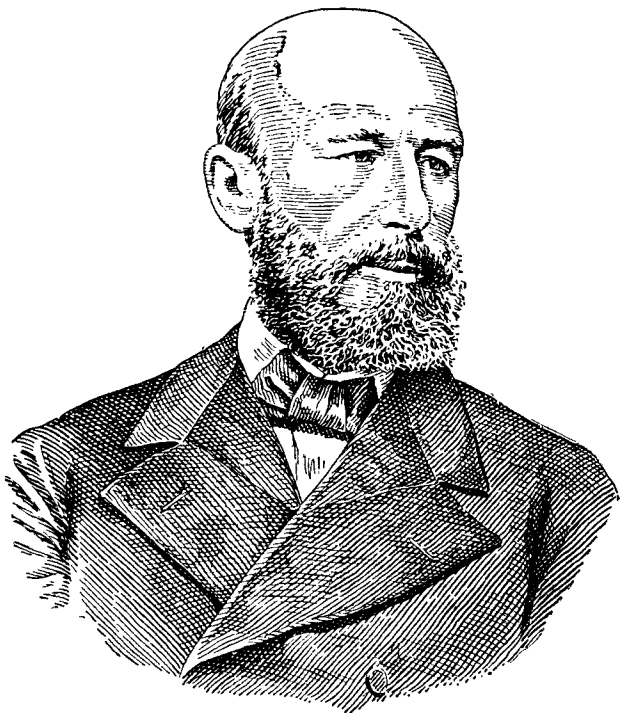
Сахара́ — это сложные органические соединения. Даже такой сравнительно простой сахар, как виноградный, называемый г л ю к о з о й, содержит в молекуле 24 атома. Сахара относятся к важным для питания человека и животных веществам — углеводам. Из этого ясно, какой выдающийся интерес представлял синтез сахара.

В том же 1861 году А. М. Бутлеров начал блестящие теоретические исследования, прославившие русскую науку.

До Бутлерова ученые думали, что установить, как построены молекулы, невозможно. Такая задача была объявлена неразрешимой. Любые попытки определить взаимное расположение атомов в молекулах считались безнадежным занятием. Многие ученые, последователи философа-идеалиста Канта, объявили, что строение молекул является непознаваемой «вещью в себе». Считалось поэтому, что химики должны ограничиться только изучением поведения химических веществ во время реакций и не пытаться проникнуть в тайны строения самих молекул.

А между тем накопленный в химии большой фактический материал находился в явном противоречии с такими взглядами.

Еще в 1853 году при исследовании летучих органических соединений металлов английский химик Франкланд обнаружил, что различные атомы соединяются друг с другом



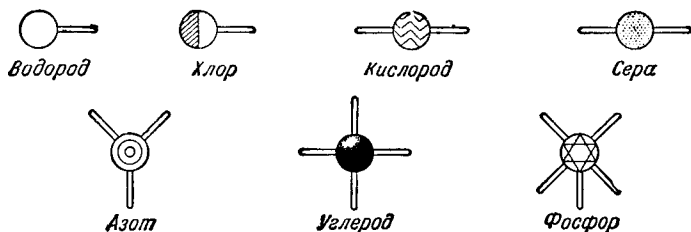
Александр Михайлович Бутлеров (1828—1886).

только по определенным законам. Каждый атом одного вещества способен соединяться только с определенным числом атомов другого вещества. Чтобы сравнивать атомы в этом отношении, рассматривают их способность соединяться с атомами водорода.

Есть атомы (например, атомы хлора), способные соединяться не более чем с одним атомом водорода. Атомы серы и кислорода соединяются с двумя атомами водорода, а углерода — с четырьмя атомами водорода.

Свойство атома соединяться с определенным числом атомов другого элемента называется *валентностью*. Валентность измеряется числом атомов водорода, с которыми соединяется атом данного элемента. Атом хлора может соединиться только с одним атомом водорода, и поэтому хлор считается *одновалентным*; кислород и сера — *двухвалентны*, азот — *трехвалентен*, углерод — *четыревалентен*.

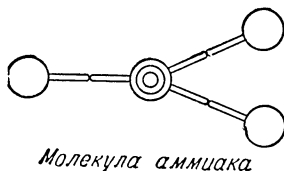
Ниже условно изображены атомы наиболее часто встречающихся в органических соединениях элементов с их валентностями.



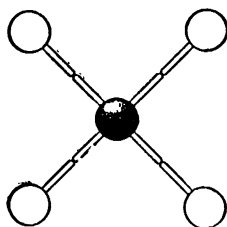
Глубоко изучив весь этот материал, Бутлеров неопровержимо доказал, что молекулы представляют собой не хаотические скопления атомов, а стройные устойчивые системы, где существует определенный порядок в расположении атомов. В самом деле, молекула воды, например, может быть построена только так, что оба атома водорода соединены с одним атомом кислорода. Никакого другого порядка связи быть не может. Если бы оба атома водорода были прямо связаны друг с другом, то они использовали бы свои валентности полностью и не смогли бы соединиться с кислородом.



Единственный порядок расположения атомов возможен и для молекулы *а м м и а к а*, состоящей из одного атома азота и трех атомов водорода.



Точно так же обстоит дело и с метаном, или болотным газом, в котором молекула вещества состоит из одного атома углерода и четырех атомов водорода.



Молекула метана

В молекуле углекислого газа на один четырехвалентный атом углерода приходится два двухвалентных атома кислорода.



Молекула углекислого газа

Химики изображают атомы различными буквами латинского алфавита. Вот современное изображение некоторых элементов: водород — H, хлор — Cl, кислород — O, сера — S, азот — N, фосфор — P, фтор — F, кремний — Si и т. д. Соответственно, молекулы изображаются следующим образом: вода H—O—H (черточки между атомами обозначают

валентность), аммиак $\text{H}-\text{N} \begin{matrix} \text{H} \\ \diagup \\ \text{H} \end{matrix}$, метан $\begin{matrix} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{matrix}$, угле-

кислый газ $\text{O}=\text{C}=\text{O}$.

Таким образом, атомы в молекулах расположены в определенном порядке; молекулы обладают определенным химическим строением, которое химик может установить, исследуя вещество.

Основную идею своей теории А. М. Бутлеров высказал так: «Исходя из мысли, что каждый химический атом, входящий в состав тела, принимает участие в образовании этого последнего и действует здесь определенным количеством принадлежащей ему химической силы (сродства), я называю химическим строением распределение действия этой силы, вследствие которого химические атомы, посредственно

или непосредственно влияя друг на друга, соединяются в химическую частицу».

Установив понятие химического строения, А. М. Бутлеров создал новое понятие природы вещества. Он писал:

«Химическая натура сложной частицы (то есть *молекулы*) определяется натурой элементарных составных частей (то есть *атомов*), количеством их и химическим строением».

Создав понятия химического строения и природы вещества, А. М. Бутлеров вывел органическую химию из теоретического тупика, указал путь к проникновению в глубь молекул, к познанию их внутреннего строения. Он дал основу для понимания химических процессов, для открытия новых путей органического синтеза. Теория Бутлерова сразу же получила боевое крещение, блестяще объяснив ряд вопросов, раньше совершенно непонятных.

Следуя за Берцелиусом, химики считали, что свойства вещества могут изменяться только после изменения его состава. Другими словами, если молекула вещества состоит, например, из двух атомов углерода, шести атомов водорода и одного атома кислорода (C_2H_6O), то никак нельзя ожидать, чтобы нашлось другое вещество, обладающее таким же составом, но другими свойствами.

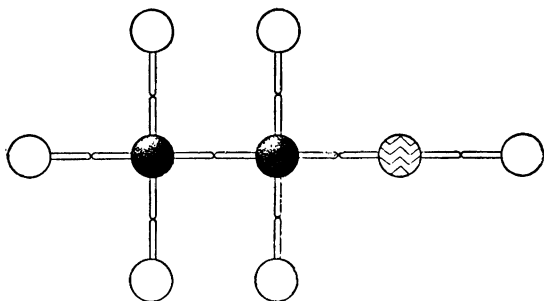
Однако химики открыли два различных вещества с одинаковым составом: C_2H_6O . Одно из них было давно известно: это — *э т и л о в ы й* или *в и н н ы й* *с п и р т* — жидкость, кипящая при $78,4^\circ$. Другое вещество, открытое значительно позднее, — *д и м е т и л о в ы й* *э ф и р* — представляет собой газ с приятным эфирным запахом, превращающийся в жидкость при охлаждении его до минус $23,6^\circ$. Два совершенно различных вещества имеют одинаковый состав! Как это можно объяснить?

Все это совершенно ясно, решил Бутлеров, неважно, что состав этих веществ один и тот же. Ведь из одинакового количества строительного материала, например кирпича, досок, железа, стекла, можно выстроить различные здания. Сходным образом природа построила из двух атомов углерода, шести атомов водорода и одного атома кислорода две различные молекулы, расположив в каждой из них «строительный материал» по-разному.

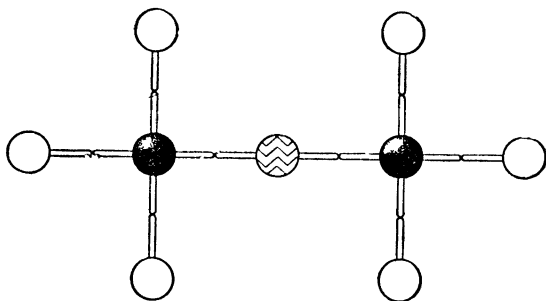
В молекуле спирта кислород связан с углеродом и водородом, а в молекуле эфира — с двумя атомами углерода.

Бутлерову стала ясной тайна огромного многообразия органических соединений. Оказывается, дело не только в

том, что углерод способен образовывать длинные цепи. Не менее важная причина заключается в возможности различного расположения атомов в молекулах, обладающих одинаковым составом. Честь правильного объяснения этого замечательного явления, называемого *и з о м е р и е й*, принадлежит Бутлерову.



Этиловый спирт



Диметиловый эфир

Число *и з о м е р о в* — веществ с одинаковым составом, но разным строением — может быть огромным даже для таких веществ, которые в своем составе имеют только два рода атомов — углерод и водород. Так, для *г е к с а н а*, молекула которого состоит из шести атомов углерода и 14 атомов водорода, возможно пять изомеров; у *э й к о з а н а*, молекула которого состоит из 20 углеродных и 42 водородных атомов, число возможных изомеров равняется 366 319, а у *т е т р а о к о н т а н а* (40 углеродов и 82 водорода) может быть 62 491 178 805 831 изомер!

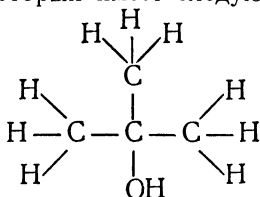
Молекулы изомеров отличаются друг от друга последовательностью связи атомов, то есть своим строением,

структурой. Свойства органических веществ в первую очередь определяются строением, структурой молекул. Вот почему Бутлеров назвал свою теорию теорией химического строения, или структурной теорией.

5. ЗНАЧЕНИЕ ТЕОРИИ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Теория Бутлерова явилась маяком, который стал освещать путь химиков в их практических исследованиях.

Бутлеров первый блестяще доказал силу своей теории на практике. Изучая различные бутлиовы спирты, содержащие в молекуле четыре углеродных, 10 водородных и один кислородный атом, Бутлеров обратил внимание на расхождение его теории с практикой. Согласно теории Бутлерова, среди различных спиртов этого состава должен быть спирт, который имеет следующее строение:



Однако химики такого спирта не знали. И вот Бутлеров, глубоко веря в правильность своей теории, решил получить этот спирт искусственным путем, наметив план синтеза заранее, подобно инженеру, который, прежде чем конструировать машину, составляет ее чертеж.

Упорная работа в лаборатории увенчалась успехом: Бутлеров получил этот изомер; впервые в мире на основании научного предвидения было синтезировано вещество неизвестного ранее класса спиртов.

Это открытие можно поставить рядом с научным подвигом Д. И. Менделеева, который не только предсказал существование неизвестных химических элементов, но и точно описал свойства этих элементов задолго до их открытия. В дальнейшем Бутлеров, руководствуясь своей теорией, синтезировал целый ряд других спиртов.

Теперь химикам не нужно было блуждать в потемках и тратить время на огромное число опытов, поставленных наудачу. Стало возможным работать по заранее намеченному плану.

Заслуги Бутлерова перед наукой поистине огромны.

Несмотря на то, что в одно время с Бутлеровым жили и работали многие выдающиеся химики, в вопросе создания теории химического строения ни один из них не может быть поставлен рядом с Бутлеровым. Даже знаменитый немецкий химик А. Кекуле, установивший четырехвалентность углерода, предложивший формулу бензола и сделавший ряд других важных открытий, не смог порвать со старыми теоретическими представлениями, господствовавшими до теории Бутлерова.

В 1868 году, рекомендуя А. М. Бутлерова в Петербургский университет, великий химик Д. И. Менделеев писал:

«Бутлеров... путем изучения химических превращений стремится проникнуть в самую глубь связей, скрепляющих разнородные элементы в одно целое, принимает за каждой из них врожденную способность вступать в известное число соединений, а различие свойств приписывает различному способу связи элементов. Никто не проводил этих мыслей столь последовательно... А. М. Бутлеров — один из замечательнейших русских ученых. Он русский и по ученому образованию и по оригинальности трудов. Ученик знаменитого нашего академика Н. Зинина, он сделался химиком не в чужих краях, а в Казани, где и продолжает развивать самостоятельную химическую школу. Направление ученых трудов А. М. не составляет продолжения или развития идей его предшественников, но принадлежит ему самому. В химии существуют б у т л е р о в с к а я школа, б у т л е р о в с к о е направление».

Со времени создания теории строения Бутлерова прошло около ста лет. Все эти годы химики руководствовались этой теорией и добились огромных успехов. Теория строения несколько не устарела; сейчас она так же необходима химикам, как и столетие назад.

II. ПУТИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

1. ЧТО МОЖНО ПОЛУЧИТЬ ИЗ УГЛЯ

Количество продуктов современного органического синтеза исчисляется многими миллионами тонн. Поэтому, как правило, промышленный синтез пользуется дешевым сырьем, которое можно иметь в неограниченном количестве.

Для органического синтеза необходим прежде всего углерод. Природа щедро снабдила химиков этим сырьем: обычный каменный уголь — это почти чистый углерод.

СССР является самой богатой страной в мире по разведанным запасам каменного угля (свыше 4 триллионов тонн). Добыча угля в стране в 1957 году составила 462 миллиона тонн.

Кроме угля, для органического синтеза нужна вода. Правда, необходимы и другие более ценные химические продукты — кислоты, щелочи и т. д. Но каждый из этих продуктов требуется в несравненно меньших количествах.

Что же можно получить из угля?

При нагревании без доступа воздуха из угля выделяются газообразные вещества и каменноугольный деготь. В остатке мы получаем кокс — практически чистый углерод. Кокс идет на нужды металлургии. Из кокса же теперь получают большое количество синтетических органических веществ.

При взаимодействии нагретого кокса с водой образуется главным образом смесь двух газов — в о д о р о д а и о к с и у г л е р о д а (угарного газа). Эти газы находят разнообразнейшее промышленное применение как в виде смеси, так и порознь. Разделение их легко осуществляют путем глубокого охлаждения до температуры минус 190° ; окись углерода превращается при этом в жидкость, а водород остается в виде газа.

Из водорода и окиси углерода под давлением, при высокой температуре, получают жидкий продукт, по своему составу сходный с бензином и керосином, — с и н т и н. Синтин вполне пригоден для использования его в качестве моторного топлива.

Если синтин обработать смесью хлора и сернистого газа, а затем щелочью, то можно получить высококачественные мыла, называемые м е р з о л я м и. Такие мыла отличаются ценной особенностью. Когда мы моем что-либо обычным мылом в так называемой «жесткой» воде (водопроводной, колодезной), то часть мыла тратится на то, чтобы «смягчить» воду, связать имеющиеся в ней соли кальция и других металлов, и расходуется, таким образом, без пользы. Моющие же свойства мерзолой не зависят от жесткости воды, за что их часто называют с в е р х м ы л а м и.

Смесь водорода и окиси углерода используется в больших количествах для получения м е т и л о в о г о с п и р т а. Этот спирт называется также древесным, так как

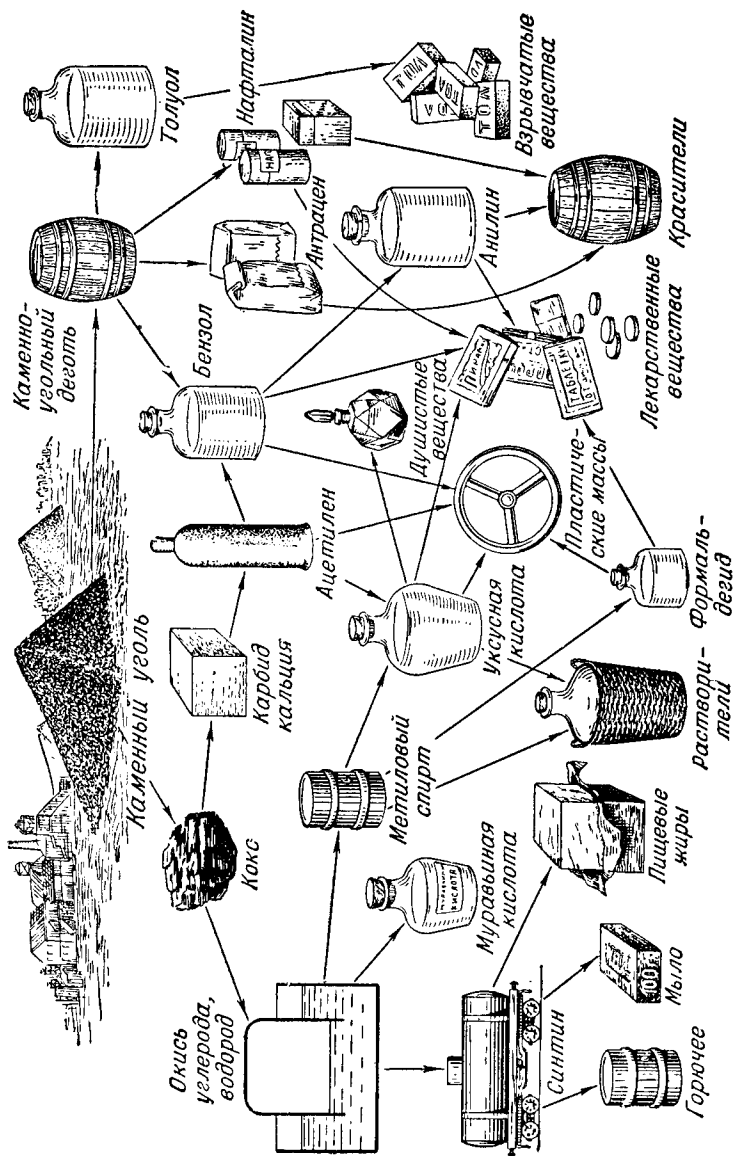


Рис. 1. Эти продукты получают из каменного угля.

раньше он добывался путем сухой перегонки дерева. Для получения метилового спирта смесь окиси углерода и водорода нагревают до 350—400° под давлением в 200 атмосфер в присутствии окиси хрома и окиси цинка.

Метиловый спирт находит разнообразное применение. Особенно много метилового спирта идет для приготовления формальдегида. В настоящее время формальдегид получают действием кислорода воздуха на метиловый спирт. Сам формальдегид в огромных количествах идет на приготовление пластических масс. Метиловый спирт находит и другое применение: он используется для синтеза растворителей, как горючее, и т. п.

Недавно найден способ получения уксусной кислоты из метилового спирта. Для этого метиловый спирт нагревают с окисью углерода под большим давлением.

Окись углерода — ценнейшее органическое сырье. Из нее, например, получают муравьиную кислоту (муравьиная кислота была обнаружена впервые в муравьях, откуда и получила такое название). Эта кислота находит разнообразное применение. 1,25-процентный раствор муравьиной кислоты, так называемый «муравьиный спирт», применяется в медицине как средство против ревматизма. Муравьиная кислота служит в качестве вспомогательной протравы при крашении шерсти и как консервирующее средство для фруктовых соков.

В промышленности муравьиную кислоту получают теперь нагреванием окиси углерода с едким натром при 150 градусах под небольшим давлением.

Если смесь кокса и известняка (мела) нагреть в электрической печи до 3000 градусов, то образуется карбид кальция. При действии на карбид кальция воды получается газ ацетилен, хорошо известный по применению для автогенной сварки. Чистый ацетилен лишен запаха. Характерный запах этого газа при сварочных работах обусловлен посторонними примесями.

Из ацетилена получают большое количество ценных веществ. Одно из них — уксусная кислота.

Без уксусной кислоты не может обходиться современная химическая промышленность. Уксусная кислота необходима в производстве пластических масс и красителей, искусственного шелка и органических растворителей, душистых веществ, каучука и взрывчатых веществ. Кроме того, она уже давно применяется в текстильной и консерв-

ной промышленности, в кондитерском деле и т. д. До XV века, когда спрос на нее был небольшим, уксусная кислота готовилась кустарным способом — путем скисания вина. Когда потребность в ней возросла, уксусную кислоту стали получать путем сухой перегонки дерева. Этот способ долгое время был основным. Однако все возрастающая потребность в уксусной кислоте поставила вопрос о получении уксусной кислоты из другого сырья.

В 1881 году русский химик М. Г. Кучеров нашел, что ацетилен в присутствии солей ртути взаимодействует с водой, образуя у к с у с н ы й а л ь д е г и д. Последний легко может быть переведен в уксусную кислоту. Для этого его нужно только окислить, то есть соединить с кислородом.

Новый способ получения уксусной кислоты постепенно вытесняет старый. Однако у него есть один существенный недостаток: потребность в большом количестве электроэнергии. На получение одной тонны уксусной кислоты из ацетилена расходуется свыше 8500 киловатт-часов электроэнергии. Новый способ получения уксусной кислоты выгоден там, где есть дешевая электроэнергия.

Химики стремятся найти и другие способы синтеза уксусной кислоты, без использования карбида кальция. Весьма важным является способ получения уксусной кислоты из метилового спирта и окиси углерода. Один из современных способов промышленного получения уксусной кислоты заключается также в окислении этилового спирта.

Невозможно здесь подробно рассказать о разнообразнейшем применении ацетилена в органическом синтезе. Ацетилен играет важную роль в приготовлении пластических масс и растворителей, искусственного каучука и лекарственных препаратов.

Существует целая область науки — х и м и я а ц е т и л е н а. Выдающаяся роль в ее разработке принадлежит крупнейшему советскому химику — академику Алексею Евграфовичу Фаворскому.

Интересно, что долгое время замечательные исследования Фаворского казались сугубо теоретическими, так как ацетилен тогда получался трудным, дорогостоящим путем. Но как только был открыт дешевый способ получения ацетилена из карбида кальция, эти работы сразу же приобрели огромное практическое значение.

2. АНИЛИН ЗИНИНА

Как уже говорилось, при коксовании угля образуется значительное количество каменноугольного дегтя. Этот продукт явился исходным сырьем для получения разнообразнейших синтетических веществ. Каменноугольный деготь дешев и прост в переработке.

Правда, развитие органического синтеза, появление новых методов переработки сырья «некаменноугольного происхождения» (нефти, дерева и т. п.) постепенно отодвинули каменноугольный деготь по количеству получаемой из него продукции на второе место. Тем не менее, каменноугольный деготь остается важнейшей базой органического синтеза и по сей день.

В каменноугольном дегте есть бензол, толуол, нафталин, антрацен и другие ценные вещества. Одним из самых важных промышленных веществ является бензол.

Уже давно было известно, что при обработке бензола смесью серной и азотной кислот образуется светло-желтая жидкость с миндальным запахом — нитробензол.

В 1842 году выдающийся русский химик Николай Николаевич Зинин, исследуя нитробензол, нашел способ превращения его в анилин — основу для производства различных красок. Анилин раньше получался путем переработки дорогой природной краски индиго.

Зинин понял все огромное значение открытой им реакции и провел широкие исследования со многими другими веществами.

Через 15 лет получение анилина по способу Зинина стало фундаментом анилино-красочной промышленности во всем мире. Если прибавить к этому, что от анилино-красочной промышленности очень скоро отделились фармацевтическая промышленность, промышленность взрывчатых веществ и промышленность душистых веществ и что во всех этих производствах реакция Зинина занимает одно из центральных мест, то огромное значение открытия Зинина становится еще более очевидным.

Зинин был крупнейшим химиком своего времени. Вспоминая о Зинине, его ученик А. М. Бутлеров писал:

«С его научной и педагогической деятельностью соединено возникновение русской химической школы; ему обязана русская химия по преимуществу своим вступлением в

самостоятельную жизнь; его труды впервые заставили ученых Западной Европы отвести русской химии почетное место. Громкое имя Зинина открывает собою целый ряд имен русских химиков, сделавшихся известными в науке, и большая часть этих химиков — ученики Зинина или ученики его учеников.

Именем Зинина может по справедливости гордиться русская наука».



Николай Николаевич Зинин (1812—1880).

Один из основателей и научный руководитель немецкой анилино-красочной промышленности Гофман, охарактеризовав значение работ Зинина на заседании немецкого химического общества в марте 1880 года по случаю смерти Зинина, закончил свою речь следующими словами:

«Если бы Зинин не сделал ничего более, кроме превращения нитробензола в анилин, то и тогда его имя осталось бы записанным золотыми буквами в истории химии».

Существует много других отраслей химической промышленности, где бензол является важным исходным продуктом. Он необходим при производстве различных пластических масс, искусственного волокна и т.д. В последние годы наметилась новая область применения бензола. Дело в том, что бензол оказался значительно лучшим горючим для скоростных самолетов, чем бензин.



Николай Дмитриевич Зелинский (1860—1953).

В настоящее время того количества бензола, которое получается из каменного угля, становится уже недостаточно. Встает вопрос о получении бензола искусственным путем. И такие пути уже имеются. Их открыл крупнейший советский химик-органик Николай Дмитриевич Зелинский. По одному из этих методов, для получения бензола нужны ацетилен и активированный уголь, тот самый активирован-

ный уголь, который Н. Д. Зелинский использовал для защиты людей от отравляющих веществ в мировую войну 1914—1918 годов, создав первый в мире угольный противогаз.

Если ацетилен пропускать над нагретым активированным углем, то три молекулы ацетилена, соединяясь друг с другом, дают молекулу бензола. Этому простому способу получения бензола, несомненно, принадлежит большое будущее.

Нафталин, антрацен, толуол и другие продукты, получаемые из каменного угля, идут для приготовления разнообразных химических продуктов. Об этом мы расскажем дальше.

3. ЧТО ПОЛУЧАЮТ ИЗ НЕФТИ

Нефть является не менее важным сырьем для органического синтеза, чем уголь.

Если уголь в основном представляет собой чистый углерод, то нефть — это уже готовые органические соединения — углеводороды. На земном шаре имеются очень большие запасы этого ценного продукта. По запасам нефти на первом месте в мире стоит Советский Союз. Добыча нефти в 1957 году составила 98 миллионов тонн. В ближайшие 15 лет намечено довести ежегодную добычу нефти до 350—400 миллионов тонн.

Из нефти получают массу самых различных продуктов.

Широкое применение в качестве моторного топлива находят такие продукты переработки нефти, как бензин, керосин и газولين.

Интересно, что еще в начале нынешнего столетия только керосин и смазочные масла (также получаемые из нефти) представляли собой ценность для промышленности, бензин же не находил применения и уничтожался. Бакинские промышленники, опасаясь держать на заводах такой огнеопасный материал, как бензин, спускали его по канavam в море или, если этого нельзя было сделать (так как у берега часто стояли суда), сжигали его в особых печах. В настоящее время бензин является главным продуктом переработки нефти. Помимо этого, из нефти выделяют большое количество веществ, идущих для нужд органического синтеза.

В кавказских нефтях, как это открыл знаменитый русский химик Владимир Васильевич Марковников,

содержится большое количество нафтенов — соединений углерода с водородом, молекулы которых построены в виде колец. Благодаря работам преимущественно русских химиков (В. В. Марковникова, Н. Д. Зелинского, М. И. Коновалова, С. С. Наметкина) стало возможным получение из нафтенов других классов органических соединений. Так, например, Н. Д. Зелинский получил из нафтенов различные спирты и кислоты, а затем из этих кислот и глицерина — искусственные жиры.

«Мне думается,— писал Зелинский,— что разработанный мной метод добывания органических кислот из различных фракций нефти может открыть широкую будущность в развитии новых химических соединений... Таким образом осуществляется возможность доступный и дешевый продукт, каким является нефть, превратить в химические ценности, имеющие в жизни весьма важное значение. Недействительные углеводороды перестают быть тем неподвижным в химическом смысле материалом, который был пригоден только для сообщения энергии мертвым механизмам; нефть, превращенная в жиры, надо надеяться, даст материал, который может оказаться пригодным для поддержания жизненной энергии человека».

Благодаря работам Н. Д. Зелинского стало также возможным превращать нафтены в бензол, толуол и другие вещества, называемые ароматическими. Это является важным дополнением к уже известному нам способу получения этих веществ из каменноугольной смолы.

Нафтены применяются в настоящее время для синтеза лекарственных веществ, искусственного волокна и других важных продуктов.

Главной составной частью нефтей, добываемых в Советском Союзе, являются углеводороды, называемые парафинами. В нефти содержатся парафины с молекулами различной длины — от пяти до трех десятков углеродных атомов. Бензин, получаемый из нефти, тоже является смесью различных парафинов, молекулы которых имеют углеродную цепочку из шести — восьми атомов. Парафины с большими молекулами (десятки углеродных атомов) — это уже твердые вещества. В обиходе они собственно и называются «парафином».

Парафины долгое время были мало изучены, так как в химическом отношении они «мертвы»; они не изменяются даже под действием многих активных химических веществ.

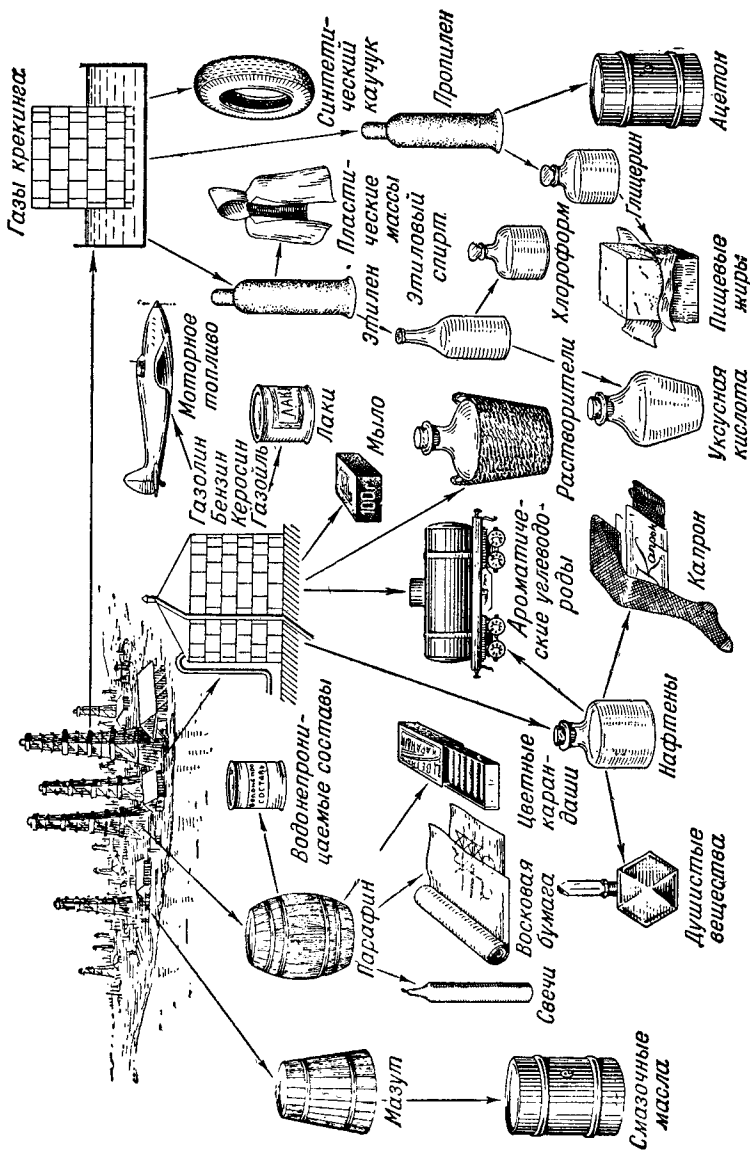


Рис. 2. Некоторые продукты, получаемые из нефти.

«Оживить» парафины удалось русскому химику М. И. Коновалову. Он сумел заставить их взаимодействовать с азотной кислотой и тем самым открыл путь для широкого применения парафинов в органическом синтезе.

В результате работ школы Н. Д. Зелинского в 1934—1937 годах был найден и другой путь использования парафинов — превращение их непосредственно в ароматические углеводороды, а именно в бензол, толуол и другие.

Парафины, молекулы которых представляют собой длинные углеродные цепочки, сами по себе непригодны для моторного топлива. Химики поставили перед собой задачу: разорвать молекулы сложных парафинов, превратить их в молекулы с меньшим числом углеродных атомов и получить таким образом дополнительное количество нужного бензина. В результате исследований многих химиков эта задача была успешно разрешена путем нагревания парафинов до высокой температуры.

Процесс получения бензина таким путем называется **крекингом**, а бензин, полученный таким способом, — **крекинг-бензином**. В настоящее время большую часть добываемого бензина составляет крекинг-бензин.

Открытия русских ученых оказали важное влияние на развитие мировой нефтеперерабатывающей промышленности и промышленности искусственного топлива.

4. ПРИРОДНЫЕ ГАЗЫ

Есть один вид сырья для органического синтеза, не требующий особенных усилий для его добывания. Это — природные газы, обычно встречающиеся там, где залегают нефть. Количество природных газов огромно. Оно составляет многие тысячи триллионов кубометров. В состав этих газов входят углеводороды, молекулы которых содержат обычно от одного до четырех атомов углерода.

В нашей стране богатейшие месторождения природного газа находятся в Баку, около Саратова, в предгорьях Карпат, Грозном и других местах. В ближайшие 15 лет намечено довести ежегодную добычу газов до 270—320 миллиардов кубометров.

Природный газ может транспортироваться на сотни километров к месту потребления без вагонов, платформ и цистерн. Для этой цели служат газопроводы. Так, саратовский природный газ подается в Москву по газопроводу длиной

в 843 километра. Из Дашавы (предгорья Карпат) газ таким же образом направляется в Киев.

Основная составная часть наших природных газов — метан. Из всех парафинов метан наиболее пассивен в химическом отношении. Поэтому применение его для органического синтеза — одна из труднейших задач. И тем не менее эта задача разрешается.

Так, было найдено, что при сильном нагревании метана из него можно получить ацетилен.

Ацетилен — важнейший исходный продукт для органического синтеза, и, несомненно, такой способ переработки метана имеет большое будущее.

Можно перерабатывать метан и другим способом. По этому способу метан, сгорая в двигателе, дает электроэнергию и одновременно ценное химическое сырье: смесь окиси углерода и водорода.

Возможны и иные пути использования метана для синтеза. Так, при нагревании метана с кислородом воздуха в присутствии небольших количеств веществ, ускоряющих реакцию (катализаторов), получается формальдегид, формальдегид же находит разнообразное применение в органическом синтезе. Этот способ переработки метана уже внедрен в промышленное производство.

Известны также способы превращения метана в ценные органические вещества при обработке метана хлором, а также при сильном нагревании метана в присутствии кислорода воздуха (окислительный крекинг).

Можно утверждать, что проблема широкого применения метана для промышленного органического синтеза близка к разрешению.

5. ГАЗЫ КРЕКИНГА

Наряду с бензином при крекинге нефти образуется большое количество газообразных продуктов. Эти газы — более ценный материал для органического синтеза, чем природный метан; они перерабатываются значительно легче.

Пятую часть газов крекинга составляет пропилен. Это очень важный в промышленном отношении продукт. Из него получают, например, ацетон. Ацетон используется при производстве бездымного пороха и целлулоида, искусственного шелка, медицинских препаратов; ацетон —

превосходный растворитель и ценная добавка к моторному топливу.

Старые способы получения ацетона (из дерева, а также путем сбраживания некоторых веществ) не в состоянии удовлетворить огромный спрос на этот нужный продукт. Поэтому синтез его из пропилена и воды находит широкое применение.

Если действовать на пропилен хлором при высокой температуре, а затем последовательно обработать полученный продукт хлорноватистой кислотой (получаемой при растворении хлора в воде) и едкой щелочью, то образуется глицерин — необходимое сырье для получения искусственного жира.

Расход животных и растительных жиров весьма велик, он исчисляется миллионами тонн, и поэтому вопрос о выработке искусственных жиров, в первую очередь для нужд промышленности, в настоящее время очень важен.

В газах крекинга содержится и этилен — химически активное вещество, широко применяющееся в органическом синтезе. В частности, присоединяя к этилену воду, получают синтетический этиловый спирт. Уже сейчас получение спирта таким путем обходится не дороже, чем приготовление его переработкой картофеля и зерна.

В газах крекинга есть также сырье, идущее на изготовление искусственного каучука, — бутиленибутан.

Газы крекинга могут употребляться также для производства пластических масс, мыла высокого качества, различных растворителей, уксусной кислоты и т. п.

Таким образом, газы крекинга — это ценнейшее сырье для промышленного органического синтеза.

III. ВЕК СИНТЕТИЧЕСКИХ И ИСКУССТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Человек с незапамятных времен пользуется для своих нужд природными материалами, как, например, камнем, глиной, песком, древесиной и т. д. С развитием химии, и особенно химии соединений углерода — органической химии, в распоряжении человека появились новые, искусственно созданные материалы. Их обычно раз-

деляют на синтетические и искусственные. Так как синтезом называется процесс получения более сложных веществ из более простых, то естественно, что к синтетическим веществам относят такие искусственные вещества, которые получаются (синтезируются) из менее сложных веществ или из элементов. Так, например, метиловый спирт (CH_3OH), получаемый из окиси углерода и водорода (при нагревании в присутствии катализаторов), является синтетическим.

С другой стороны, метиловый спирт получают иным искусственным путем, в результате сухой перегонки древесины. Однако такой метиловый спирт не является синтетическим, так как при сухой перегонке древесины метиловый спирт образуется за счет разрушения значительно более сложных, чем его молекула, молекул клетчатки.

Синтетические материалы приобрели в наше время громадное значение. Среди них наиболее важными являются те, которые представляют собой органические вещества (соединения углерода). Производство этих материалов во всем мире исчисляется миллионами тонн.

По важности и по масштабам производства сюда в первую очередь должны быть отнесены: каучук, пластические массы и синтетические волокна.

Общим для этих синтетических материалов является то обстоятельство, что их молекулы являются молекулами-гигантами, сравнительно с молекулами простых органических веществ, подобно спирту, сахару, уксусной кислоте, бензолу и т. д. Вследствие этого они относятся к так называемым высокомолекулярным соединениям. Их молекулярный вес колеблется от нескольких десятков тысяч до сотен тысяч и даже миллионов.

Следует отметить, что высокомолекулярные вещества широко распространены в природе. Это — белки, крахмал, клетчатка, природный каучук, некоторые природные смолы и др.

Величина молекул высокомолекулярных соединений определяет их некоторые характерные физические свойства. Большие межмолекулярные силы взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса) обуславливают то обстоятельство, что высокомолекулярные вещества не могут перегоняться без разложения; они обычно не дают истинных растворов, а только коллоидные растворы.

Вещества, обладающие линейными молекулами, если эти молекулы вытянуть в одном направлении (ориентировать), часто могут быть с успехом использованы в качестве волокна (нейлон, капрон, разновидности шелка на основе клетчатки). Вместе с тем, вещества с линейными молекулами часто обладают хорошей эластичностью (полиизобутилен, полихлорвинилы). Если же молекулы высокомолекулярных веществ имеют строение пространственных ячеек, то такое строение определяет высокую механическую прочность.

Следует, однако, отметить, что в результате механической обработки высокомолекулярного вещества его свойства можно варьировать.

Поэтому в ряде случаев одни и те же синтетические высокомолекулярные соединения, в зависимости от ориентации их молекул и наличия различных добавок, применяются и в качестве пластических масс и в качестве синтетического волокна (например, нейлон, полихлорвинил и др.).

Существует два принципиально отличных метода синтеза высокомолекулярных веществ. Один из них — это реакция полимеризации, в ходе которой происходит уплотнение одинаковых молекул (например, молекул этилена в полиэтилен). Другой метод — это реакция поликонденсации, когда высокомолекулярное соединение образуется за счет взаимодействия нескольких (обычно двух) соединений. Так, например, фенольно-формальдегидные пластические массы образуются при конденсации фенола с формальдегидом.

Широкое разнообразие свойств синтетических и искусственных материалов обусловило необычайно быстрый рост их производства. Получение вискозного волокна и целлюлоида из древесины началось в конце прошлого столетия, а синтетических материалов — всего лишь 30—40 лет назад. Однако уже теперь мировое производство пластических масс, синтетического каучука и искусственного волокна составляет около 8 миллионов тонн в год*). Вполне вероятно, что через 15—20 лет мировое производство органических синтетических и искусственных материалов приобретет масштабы выплавки металлов. Если девятнадцатый век часто называют веком пара и электричества, то двадцатый век становится веком атомной энергии и синтетических материалов.

*) Сведения о мировом производстве синтетических материалов, приведенные в этой книге, не включают данных об СССР.

1. СИНТЕТИЧЕСКИЙ КАУЧУК (СК)

Жизнь современного человека невозможно представить без каучука. Шины автомобилей и самолетов, резиновая обувь и прорезиненная одежда, детали машин, различные электроизоляторы, резиновые шланги и многое другое изготавливается из каучука. Современный ассортимент резиновых изделий в СССР включает более 30 тысяч различных наименований. Каучук в огромных количествах необходим для заводов, фабрик и электростанций. Для того чтобы представить себе, какие количества каучука нужны, например, автомобилестроительной, самолетостроительной и судостроительной промышленности, достаточно иметь в виду, что при построении грузового автомобиля расходуется около 250 кг, самолета — около 600 кг, крейсера — десятки тонн каучука. Неудивительно поэтому, что мировое производство каучука к настоящему времени составляет около двух миллионов тонн в год.

Европейцам каучук известен уже более 400 лет. Еще в 1521 году исследователи Мексики наблюдали на острове Гаити игру туземцев в мяч, сделанный из эластичной смолы. Это и был к а у ч у к. Он получался при загустевании млечного сока — л а т е к с а, собираемого из надрезов коры тропического каучуконосного дерева г е в е и (в переводе с индейского слово «каучук» означает «слезы дерева»).

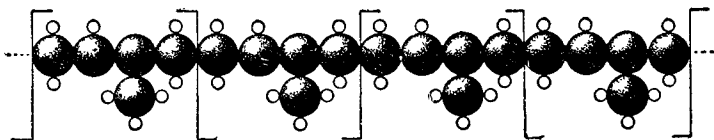
Хотя с развитием торговли между Европой и Америкой образцы каучука вскоре были привезены в Европу, однако до начала XIX столетия никаких попыток серьезного применения каучука не делалось, исключая изготовление резинок для стирания карандашных надписей.

Первая попытка практического применения каучука связана с именем шотландца Макинтоша, который в 1819 году начал изготавливать прорезиненные непромокаемые ткани. Однако первые непромокаемые плащи, которые и теперь известны под названием макинтошей, были очень неудовлетворительного качества: летом каучук размягчался и делался липким, а зимой твердел и ломался. Устранить это неприятное свойство каучука удалось в 40-х годах прошлого столетия в результате случайного наблюдения, заключавшегося в том, что каучук, нагретый с серой, сохраняет свою эластичность как при повышенных, так и при пониженных температурах. Такая обработка каучука, в результате которой

он превращается в резину, в настоящее время называется в у л к а н и з а ц и е й. После открытия вулканизации начинается триумфальное шествие каучука, ставшего в течение столетия одним из необходимейших материалов для человечества.

К концу прошлого столетия в результате работ ряда ученых было в принципе выяснено, из чего состоят и как построены молекулы каучука. В состав каучука входят только два элемента: углерод (88%) и водород (12%). Скелетом молекул каучука являются длинные цепи связанных между собой углеродных атомов (12—20 тысяч). При этом молекула каучука построена из одинаковых, многократно повторяющихся фрагментов. Она представляет собой как бы соединение многих (3—5 тысяч) молекул одного и того же вещества — углеводорода и з о п р е н а, состоящего из пяти атомов углерода и восьми атомов водорода.

Если изобразить атомы углерода черными шариками, а водородные атомы — белыми, то небольшой участок молекулы — цепочки каучука — будет выглядеть следующим образом:



Скобками очерчены изопреновые «звенья».

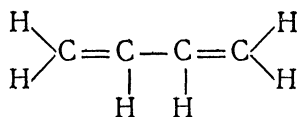
С выяснением строения каучука перед человечеством встала задача его искусственного получения (синтеза). Нужно сказать, что здесь от начала и до конца решающую роль сыграли работы русских и советских ученых (А. М. Бутлерова, Н. Мариуца, И. Л. Кондакова, А. Е. Фаворского, С. В. Лебедева, Б. В. Бызова, И. И. Остромысленского и др.).

В 1876 году А. М. Бутлеров открыл, что при действии серной кислоты на газ и з о б у т и л е н происходит уплотнение последнего, т. е. молекулы изобутилена соединяются друг с другом (полимеризуются), образуя более сложное вещество (д и и з о б у т и л е н). Этим открытием Бутлеров положил начало широкому фронту исследований реакций полимеризации, на которых базируется громадная современная промышленность синтетического каучука и многих пластических масс.

В 1900 году И. Л. Кондаков получил газообразное вещество — д и м е т и л б у т а д и е н и, нагревая его со щелочью, превратил в белый губчатый материал, по свойствам напоминающий природный каучук. В дальнейшем И. Л. Кондаков показал, что диметилбутадиен превращается в каучукоподобное вещество и самопроизвольно, при хранении. Эти работы вызывали чрезвычайно большой интерес у ученых, так как в результате их была доказана принципиальная возможность синтеза каучука. Более того, в период первой мировой войны в Германии, которая испытывала острую нехватку каучука, было организовано производство каучука по способу И. Л. Кондакова. Однако этот каучук, выпускавшийся под маркой «метилкаучук Н», был неудовлетворительного качества, и с окончанием войны его производство прекратилось.

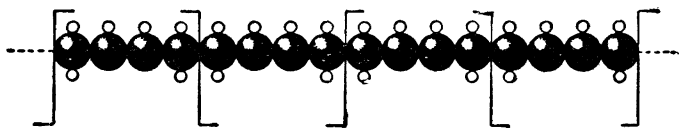
К двадцатым годам нашего столетия, в связи с большим количеством неудачных попыток, все чаще стали раздаваться пессимистические нотки в оценке возможностей промышленного синтеза каучука по крайней мере в ближайшее обозримое время. Молодая Советская республика, не имевшая источников природного каучука и лишенная возможности импортировать его вследствие экономической блокады со стороны капиталистических стран, должна была решить проблему производства синтетического каучука, не считаясь с трудностями, ибо без этого индустриализация страны была бы крайне затруднена.

С целью привлечения к синтезу каучука широких кругов специалистов Высший Совет Народного Хозяйства СССР объявил в 1926 году международный конкурс на лучший способ получения синтетического каучука. Согласно условиям конкурса, каучук должен быть высококачественным, дешевым и изготовляться из отечественного сырья. Победителем конкурса оказался Сергей Васильевич Лебедев (1874—1934), представивший образец синтезированного им б у т а д и е н о в о г о (дивинилового) каучука (СК). По способу Лебедева каучук получается из газа б у т а д и е н а (дивинила)



при действии на него металлического натрия.

Участок молекулы СК выглядит следующим образом:



Нужно сказать, что к решению этой задачи Лебедев пошел еще в 1909 году. Однако для того, чтобы каучук был дешевым, нужно было найти простой и удобный способ получения исходного сырья — б у т а д и е н а. В результате напряженных исследований С. В. Лебедев, совместно со своими сотрудниками, блестяще решил и эту задачу, разработав простой метод получения бутадиена из этилового (винного) спирта. Таким образом, задача промышленного синтеза каучука была решена в целом, и уже в январе 1931 года на опытном заводе была получена первая партия синтетического каучука весом в 260 кг.

Сообщение о решении в СССР проблемы промышленного получения синтетического каучука вызвало большое возбуждение за границей. Нашлись скептики, не поверившие сообщению о таком успехе. Среди них, например, оказался известный американский изобретатель Эдисон, который писал: «Известие о том, что в Советском Союзе удалось получить синтетический каучук, невероятно; этого никак нельзя сделать. Скажу больше: всё сообщение ложь; из собственного моего опыта и опыта других ясно, что вряд ли возможно получение синтетического каучука вообще».

Этот факт показывает, насколько крупным событием для того времени было осуществление промышленного синтеза каучука. Следует отметить, что в настоящее время по способу Лебедева получают сотни тысяч тонн каучука во всем мире.

Производство синтетического каучука дало человечеству колоссальную экономию труда. Это видно из следующего примера. Для получения 100 тысяч тонн природного каучука нужно обработать 27 миллионов каучуконосных деревьев на площади 120 тысяч га, затратив при этом работу 100 тысяч человек в течение пяти с половиной лет (около 200 миллионов человеко-дней). Для получения такого же количества синтетического каучука затрачивается работа всего лишь 1500 человек в течение одного года (540 тысяч человеко-дней).

Для изготовления синтетического каучука по способу Лебедева ежегодно расходуются сотни тысяч тонн этилового спирта. Каким же путем получают столь большие количества спирта? Традиционным (и все еще главным) источником получения спирта является так называемое сельскохозяйственное сырье. Так, путем брожения в спирт превращают пшеницу, кукурузу, рожь или овес. Широко

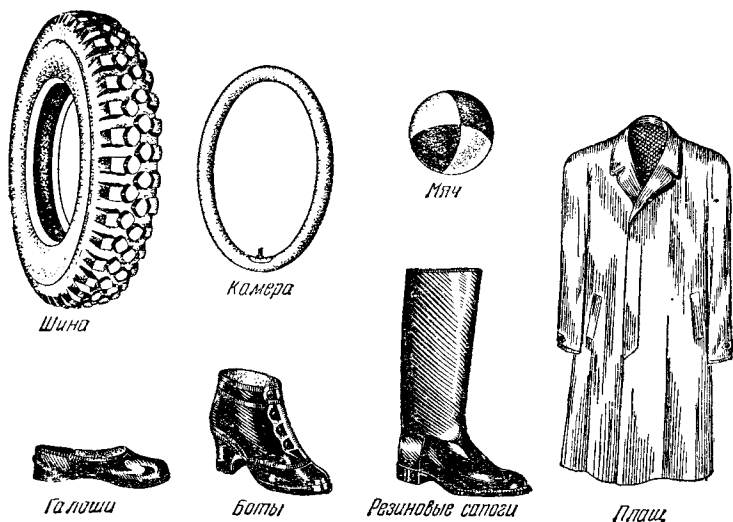


Рис. 3. Изделия из синтетического каучука.

распространено производство спирта из картофеля. Однако такие пути получения спирта для синтеза каучука никак нельзя считать идеальными, ибо при этом ежегодно расходуются миллионы тонн продуктов питания.

Поэтому все шире разворачивается производство спирта из непищевого сырья. Значительные количества спирта получают из древесины. По этому способу древесную щепу вначале нагревают с кислотами. Образующиеся при этом из клетчатки сахаристые вещества, после нейтрализации избытка кислоты известью, сбраживают в спирт. Таким путем из 1 тонны древесины хвойных деревьев можно получить до 100 литров 96-процентного спирта. Для получения такого количества спирта из картофеля приходится расходовать 1,3 тонны картофеля.

Разработаны и применяются в промышленных масштабах также способы синтеза этилового спирта из газов крекинга нефти, а также из ацетиленов, в свою очередь получаемого из карбида кальция. Эти методы получения спирта будут приобретать все большее значение в будущем.

Для устранения такого положения, когда для синтеза каучука расходуется спирт, получаемый из пищевого сырья, организуется производство синтетического спирта из отходящих газов нефтепереработки. В результате работы крупных предприятий, выпускающих синтетический спирт, экономия зерна только в 1956 году измерялась сотнями тысяч тонн. Развитие промышленности синтетического спирта при одновременном развитии производства гидролизного спирта (из древесины) позволит нашей стране в конце пятилетки полностью освободиться от расхода пищевого спирта на производство синтетического каучука.

Следует отметить, что в настоящее время имеются пути получения бутадиена в обход этилового спирта, а именно — из нефти. Пионером в этой области был Б. В. Бызов, представивший одновременно с Лебедевым на конкурс свой (менее удачный) метод синтеза каучука из бутадиена. Бутадиен при этом предлагалось получить термическим разложением (крекингом) нефти при 900°. Если в тридцатых годах широкому внедрению в промышленность этого метода получения бутадиена препятствовали серьезные технические трудности, то сейчас они уже успешно преодолены. Так, большую часть бутадиена, применяемого для синтеза СК в США, получают из газов крекинга нефти.

Техника предъявляет к каучуку самые разнообразные требования. В одном случае необходима особенно большая прочность, в другом — высокая эластичность, в третьем — устойчивость при нагревании. И химики научились синтезировать различные сорта каучука, удовлетворяющие различным требованиям. Молекулы всех этих каучуков построены в виде цепочек, но отдельные звенья этих цепочек неодинаковы. Это достигается полимеризацией бутадиена с другими органическими веществами. Такие каучуки получили название б у н а - к а у ч у к о в (по начальным буквам двух слов — бутадиен и натрий).

Следует отметить, что в настоящее время все большее число разновидностей каучука получают не полимеризацией с помощью металлического натрия, как это делал Лебедев, а путем так называемой э м у л ь с и о н н о й

полимеризации. Этот метод заключается в том, что углеводороды (бутадиен, стирол и др.) эмульгируют в присутствии перекисей с водой, содержащей 3—5% специального эмульгатора. Эмульгаторами служат мыла, натриевые соли ароматических сульфокислот («некали») и т. п. Инициаторами полимеризации служат: перекись водорода, персульфаты, перекись бензоила и др. По мере полимеризации образуется устойчивая эмульсия, по виду напоминающая молоко, так называемый синтетический латекс. В таком виде каучук удобен для многих областей технического применения.

Если же подействовать на латекс кислотой и поваренной солью, то происходит коагуляция (осаждение) каучука. Скоагулировавшую массу промывают, вальцуют и сушат.

Эмульсионный метод особенно пригоден для совместной полимеризации бутадиена с другими веществами (стирол, акрилонитрил и др.).

При совместной полимеризации (сополимеризации) получаются не смеси двух соединений, а вещества, в которых цепи образованы из молекул обоих родов.

В зависимости от особенностей строения молекул исходных веществ каучуки, получаемые в результате сополимеризации, обладают рядом специфических ценных качеств.

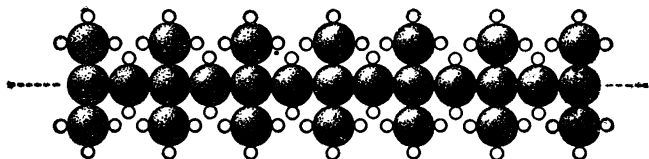
Следует отметить, что в отличие от природного каучука синтетические каучуки в сыром виде имеют ничтожную прочность на разрыв. Чтобы получить из сырого каучука технически пригодный материал, необходимо этот каучук вводить так называемые усиливающие наполнители. Наилучшим из них является сажа, которая по этой причине почти всегда входит в состав резиновых изделий (около 40% по весу). Во всех странах мира ежегодно получают около миллиона тонн сажи разложением газа метана при 1000°. Главный потребитель этой сажи — резиновая промышленность. Как уже указывалось выше, второй недостаток сырого каучука (как синтетического, так и природного) — потеря эластичности при нагревании и охлаждении — устраняется вулканизацией.

Кроме каучуков, на основе бутадиена (буна-каучуков) в настоящее время изготавливаются многие разновидности каучука не из бутадиена, а из других веществ. Так, например, в СССР выпускается тироксол «Да» — каучукоподобный материал, получаемый из дихлордиэтилового эфира и

тетрасульфида натрия. Тиокол «Да» характеризуется высокой стойкостью к действию органических растворителей, озона, кислорода, а также хорошей газонепроницаемостью. Он применяется для изготовления масло- и бензостойких резиновых изделий, а также для изготовления уплотнительных материалов (паст, замазок и проч.); кроме того, он используется в качестве компонента для повышения масло-стойкости резиновых смесей.

Б у т и л к а у ч у к, получаемый в результате сополимеризации изобутилена с небольшим количеством изопрена, чрезвычайно устойчив к действию кислорода, озона и сильных минеральных кислот. Это — единственный из синтетических каучуков, который не разрушается при действии на него серной и азотной кислот, даже в течение нескольких месяцев. Газонепроницаемость бутылкаучука в 10—20 раз выше, чем у натурального. Поэтому бутылкаучук применяется для изготовления самозакупоривающихся баков для горючего, надувных лодок, противогазов и автомобильных камер. Бутылкаучук обладает меньшей упругостью сравнительно с другими видами СК, но сохраняет свои упругие свойства и при -60° .

Полимеризацией газа **и з о б у т и л е н а** при низкой температуре в присутствии галоидных соединений бора, алюминия и титана получают **п о л и и з о б у т и л е н** (называемый также **о п п а н о л о м** или **в и с т а н е к с о м**). Молекулы этого каучукоподобного вещества обычно содержат от шести до восьми тысяч атомов углерода и от 12 до 16 тысяч атомов водорода. Они имеют следующий вид:

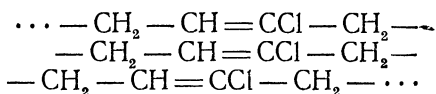


Полиизобутилен, в отличие от природного и синтетического бутадиенового каучуков, обладает чрезвычайно высокой устойчивостью к действию самых активных химических веществ (окислителей, хлора и др.). Он сохраняет эластичность при температурах от -50° до $+100^{\circ}$ и отличается высокими диэлектрическими свойствами.

Х л о р о п р е н о в ы й к а у ч у к (сырьем для получения которого служат ацетилен и соляная кислота)

содержит в своем составе 40% хлора. Поэтому он обладает рядом особых свойств, в частности не растворяется и не набухает в нефти и в продуктах ее перегонки. Хлоропреновый каучук в силу этих свойств широко применяется в нефтяной промышленности. Рост производства хлоропренового каучука может быть охарактеризован следующими цифрами: в 1939 году мировое производство составляло 1700 тонн, в 1950 году превышало 50 000 тонн, а в 1953 году превысило 75 000 тонн.

Молекулы хлоропренового каучука (называемого также неопреном и напритом) имеют вид:



Недостатком этого вида каучука является его несовместимость (невозможность получения однородных смесей) с бутадиеновыми каучуками и с натуральным каучуком.

Недавно получены различные разновидности прозрачных резин из хлоропренового (а также и натурального) каучука. Для этого в качестве наполнителя хлоропренового каучука используется тонко растертый кремнезем. Резины, наполненные кремнеземом, белеют при растяжении, но после снятия нагрузки снова становятся прозрачными.

Таким образом, широкий ассортимент имеющихся в настоящее время каучуков и методов их обработки дает возможность удовлетворять самые разнообразные требования, предъявляемые практикой к этим материалам.

История синтеза каучука является характерным примером, иллюстрирующим могущество человеческого разума.

Разгадав тайну природного каучука, человек пошел значительно дальше природы. Он синтезировал не только такой каучук, который встречается в природе, но и огромное количество других разновидностей каучука, обладающих ценнейшими свойствами, которых нет у природного каучука. В настоящее время число различных синтетических каучуков уже значительно превысило 25 тысяч.

2. ИСКУССТВЕННОЕ ВОЛОКНО

Человеку издавна известны легкие, прочные и красивые шелковые ткани. Единственным источником получения таких тканей долгое время служил шелковичный червь —

шелкопряд. Шелкопряд питается листьями тутового дерева и вырабатывает в своем организме особую белковую жидкость, которую он выпускает тонкой струйкой. При застывании жидкости на воздухе образуется шелковая нить.

Родиной шелководства является Китай. Разведением шелкопряда китайцы занимались еще 5 тысяч лет назад. В Европе способ изготовления шелка стал известен в VI веке, однако только в прошлом столетии широко распространилось разведение шелковичного червя. В настоящее время во всем мире получают около 50 000 тонн натурального шелка ежегодно.

В 1855 году была сделана первая попытка получить шелк искусственным путем. Француз Одемар попытался синтезировать шелк, подражая шелковичному червю, из побегов тутового дерева. Он знал, что шелк состоит из углерода, водорода, кислорода и азота. Стремясь ввести в тутовое дерево отсутствующий в нем азот, Одемар обрабатывал побеги азотной кислотой. Таким путем он получал вещество, называемое н и т р о ц е л л ю л о з о й. Растворяя нитроцеллюлозу в смеси спирта и эфира, он с помощью иглы вытягивал из этого раствора нити.

Так был открыт первый способ получения искусственного волокна, однако он не получил распространения ввиду того, что Одемару не удалось удовлетворительно решить вопрос о способе получения нити из раствора нитроцеллюлозы.

В настоящее время имеется несколько способов изготовления искусственного шелка превосходного качества. Сырьем для получения такого шелка служит древесина, точнее, ее основная составная часть — ц е л л ю л о з а (до 50%).

Для получения чистой целлюлозы измельченную древесину (щепу) подвергают специальной обработке: нагревают в течение нескольких часов в закрытых котлах с раствором бисульфита кальция при температуре 140—160° под повышенным давлением. После такой обработки все примеси растворяются, а целлюлоза остается в виде хлопьеобразной массы. Из этой массы готовят широкие ленты, сушат их, а затем режут на листы. Целлюлозу получают также при нагревании древесины с едким натром (натронный способ) или кипячением со смесью едкого натра и сернистого натрия (сульфатный способ).

Самый старый производственный способ получения искусственного шелка (с 1890 года) заключается в том, что

нитроцеллюлозу, полученную из целлюлозы действием азотной кислоты, растворяют в смеси спирта и эфира. Полученный раствор продавливают через сетку с тончайшими отверстиями — фильеру. Теплый воздух удаляет летучий растворитель, и струйки превращаются в тонкие нити. Так как эти нити способны легко воспламеняться и поэтому непригодны для получения волокна, из них удаляют азот путем специальной химической обработки.

Этот способ получения искусственного шелка, называемый нитратным, в настоящее время не применяется ввиду его дороговизны.

Самым дешевым и простым является вискозный способ. Для получения вискозного шелка целлюлозу обрабатывают щелочью с сероуглеродом. Полученную густую массу, называемую вискозой, продавливают через фильеры в ванну с разбавленной серной кислотой, в которой и образуются целлюлозные нити.

В настоящее время вискозный шелк составляет не менее 85% мирового производства искусственного волокна.

В годы войны вискозный шелк применялся для приготовления корда *) в производстве автомобильных и авиационных покрышек. Вискозный корд экономит резину и в 25 раз удлиняет пробег покрышки сравнительно с покрышкой, корд которой изготовлен из хлопчатобумажной ткани.

Если раствор вискозы пропускать через длинную узкую щель, то получается тонкая пленка. После промывки и отбели пленку пропускают через раствор глицерина, благодаря чему она приобретает мягкость, гибкость и прозрачность. Полученная таким путем пленка называется целлофаном. Она широко применяется в качестве декоративного и оберточного материала.

Растворителем для целлюлозы может служить медноаммиачный раствор — раствор окиси меди в большом количестве водного аммиака. Растворенная в этой жидкости целлюлоза продавливается через фильеры в ванну с разбавленной серной кислотой. Полученный таким путем медноаммиачный шелк несколько дороже других видов искусственного шелка, однако его нити необычайно прочны и могут быть тоньше нитей натурального шелка.

Ангидрид уксусной кислоты также может растворять целлюлозу. При растворении образуется химическое

*) Корд — ткань, являющаяся каркасом для покрышек шин.

соединение — ацетилцеллюлоза, которое выпадает в осадок. Осадок растворяют затем в смеси спирта и ацетона, и полученный раствор продавливают через сетку в шахту с нагретым воздухом. Растворитель испаряется, остается шелковая нить. Полученный этим способом продукт называется ацетатным шелком.

По внешнему виду ацетатный шелк почти неотличим от натурального. Своеобразный химический состав ацетатного шелка (ацетилцеллюлоза) обуславливает особые свойства этого продукта: малую гигроскопичность и сравнительно небольшую потерю прочности при смачивании. В отличие от вискозного шелка он не мнется. Ацетатный шелк — единственное волокно, прозрачное для ультрафиолетовых лучей. Ацетатный шелк широко применяется в качестве изолирующего материала для обмотки проводов, а также в шелкоткацкой и трикотажной промышленности.

В последнее время найден способ получения ацетатного волокна необычайной прочности. Шнур из такого волокна сечением в один квадратный сантиметр выдерживает нагрузку в 10 тонн.

В промышленности искусственного волокна производство ацетатного шелка занимает второе место после вискозного.

Простота производства искусственного шелка, его низкая себестоимость и ценные качества обусловили быстрое развитие этой области промышленности. Перед началом первой мировой войны общая мировая продукция искусственного шелка составляла 11 тысяч тонн в год. К 1955 году продукция искусственного и синтетического волокна достигла колоссальной цифры в два с половиной миллиона тонн в год.

Наряду с шелком из древесины изготавливают также искусственную шерсть. Производство ее подобно производству шелка. Отличие заключается в том, что волокно подвергают особой обработке, при которой оно приобретает свойства натуральной шерсти: матовость, извитость, мягкость и т. п. Затем волокно режут на куски определенной длины и прядут. Такое волокно называется штапельным. Искусственная шерсть перерабатывается как в чистом виде, так и в смеси с натуральной шерстью.

Изготавливают также хлопкообразное искусственное волокно, которое, будучи добавлено к хлопку, придает пряже мягкость и красивый блеск.

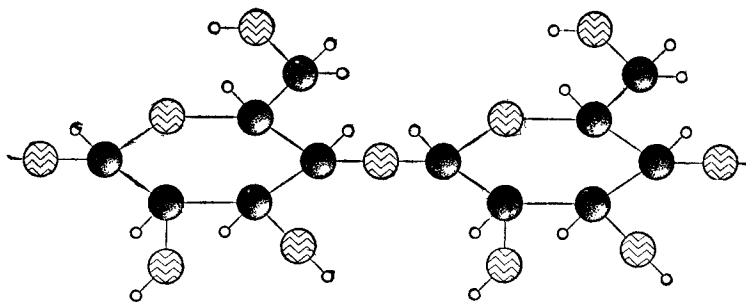
Производство искусственного волокна в громадной степени способствует экономии человеческого труда. Для иллюстрации приведем следующий пример. Типовой завод штапельного волокна выпускает 100 тонн штапеля в сутки. Для того чтобы получить такое же количество волокна из хлопка, нужно собрать урожай хлопка с площади в 50 тысяч гектаров. Для получения одной тонны натуральной шерсти затрачивается 624 человеко-дня. Для получения же одной тонны вискозного штапеля затрачивается только 70 человеко-дней.

В нашей стране производство искусственного волокна, начатое в 1931 году, быстро растет.

Мировое производство искусственной шерсти в настоящее время превысило полмиллиона тонн в год.

Все разновидности искусственного волокна, с которыми мы познакомились, представляют собой либо чистую целлюлозу, либо ее производные.

Каждая молекула целлюлозы состоит из 12—18 тысяч углеродных атомов. Вот участок молекулы целлюлозы:



Отдельные кольцеобразные участки молекулы соединены через кислород и образуют линию — цепочку.

Своей величиной и линейным строением молекулы целлюлозы напоминают молекулы каучука и многих пластических масс. Целлюлоза — высокомолекулярное вещество. Ее ценные технические качества, а также свойства получаемых из нее продуктов в значительной мере определяются этим обстоятельством. Отличия в строении продуктов переработки целлюлозы — нитроцеллюлозы, ацетилцеллюлозы и т. п. — обуславливают особые свойства того или другого искусственного волокна.

Целлюлоза, используемая для получения искусственного волокна, находится в древесине уже в готовом виде. Но что, если попытаться получить искусственным путем другие высокомолекулярные соединения с линейными молекулами? Не будут ли они также обладать ценными свойствами искусственного волокна?

Химики-органики блестяще решили и эту задачу. Оказалось, что ряд веществ, уже известных нам как пластические массы, при соответствующей обработке дает превосход-

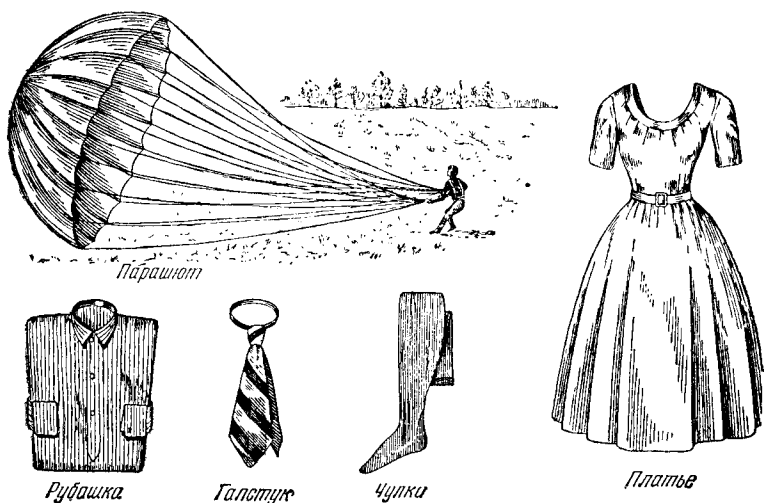


Рис. 4. Изделия из искусственного волокна.

ное волокно. Многие разновидности искусственного волокна получают теперь уплотнением простых органических соединений.

Об этом будет рассказано в следующем разделе.

Успехи, достигнутые в области получения искусственного волокна, огромны. Однако эти успехи — только начало. Искусственное волокно очень молодо: ему всего лишь несколько десятков лет. Самый «древний» вид искусственного волокна в 100 раз моложе натурального шелка. Без сомнения, у искусственного волокна блестящее будущее.

Пройдут десятки лет, и, надо думать, разведение шелко-вического червя почти прекратится, так как эта отрасль сельского хозяйства весьма трудоемка: шелко-вичный червь тре-

бует заботливого ухода и за всю свою жизнь дает только 0,5 грамма шелковой нити. В то же время только из одного кубического метра древесины можно получить более 150 килограммов искусственного шелка.

Так как искусственное волокно может быть получено в любых количествах и самого разнообразного качества, то в будущем значительно сократится и производство льна и конопли. Освободившиеся же плодородные земли и рабочие руки смогут быть использованы для возделывания других ценных сельскохозяйственных культур.

3. СИНТЕТИЧЕСКИЕ СМОЛЫ И ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

Человеку уже давно известны природные смолы — органические аморфные твердые и полутвердые вещества. Природные смолы чаще всего бывают растительного происхождения; они встречаются в виде выделений сосновых и еловых деревьев (янтарь, канифоль, копал и др.). Встречаются смолы и не растительного происхождения, например ш е л а к — вещество, выделяемое особым видом насекомых. Смолы находят себе применение в качестве одной из составных частей при получении полиур, лаков, низкосортного мыла, печатных красок и линолеума.

В результате многочисленных исследований в настоящее время получено большое число с и н т е т и ч е с к и х смол, обладающих несравненно более разнообразными свойствами, чем природные смолы, и нашедших широчайшее применение в жизни и технике. Обычно их называют п л а с т и ч е с к и м и м а с с а м и. Однако термины «смола» и «пластическая масса» могут совпадать только до известной степени.

В строгом смысле слова пластической массой называют сравнительно твердый продукт, способный поддаваться ф о р м о в к е; смола же не обладает этим характерным свойством. Пластическая масса обычно представляет собой вещество с более высоким молекулярным весом, чем смола. Типичные пластические массы при нагревании становятся настолько мягкими, что их можно формировать под давлением, но они не превращаются при этом в жидкую, подвижную массу. Смолы же при нагревании плавятся, причем образующийся расплав обладает сравнительно небольшой вязкостью.

В промышленности оба названия часто применяются в другом смысле: не бывший еще в обработке продукт называют смолой, а готовый фабрикат — пластической массой.

Синтетические смолы в зависимости от строения их молекул могут быть разделены на два типа. Синтетические смолы, молекулы которых имеют линейное строение, называются э л а с т о м е р а м и. Такие смолы характеризуются высокой прочностью при растяжении. На основе эластомеров изготавливаются синтетическое волокно, пленки, заменители кожи. К эластомерам относятся, например, полиэфирные, полиамидные смолы, полиуретаны и др.

Синтетические смолы, молекулы которых имеют пространственное строение, называются п л а с т и к а м и. Для них в основном характерна прочность, а не эластичность. Пластики применяются главным образом для изготовления деталей технического назначения путем прессования, литья под давлением и некоторыми другими методами. К пластикам, например, относятся фенольно-формальдегидные смолы, мочевино-формальдегидные смолы и др.

Многие смолы, получаемые с помощью полимеризации (виниловые смолы, полиэтилен и др.), в процессе переработки (добавление пластификаторов, иногда вулканизация) могут быть превращены по желанию либо в эластомеры, либо в пластики.

С химической точки зрения между каучуками и некоторыми пластическими массами не только не существует резкой границы, но, наоборот, имеется близкое родство. Так, например, вулканизированный каучук, обладающий наилучшими физическими свойствами, содержит в своем составе 5—8% серы. Такой каучук близок к эластомерам.

При повышении же содержания серы до 30—50% образуется твердая пластическая масса — э б о н и т.

При получении высокомолекулярных соединений путем полимеризации или поликонденсации образующиеся молекулы-гиганты обычно имеют пространственно неупорядоченную структуру.

В последнее время найден способ синтеза линейных кристаллизующихся высокополимеров, названных вследствие упорядоченности их структуры и з о т а к т и ч е с к и м и в ы с о к о п о л и м е р а м и.

У обычных полимеров, например виниловых, типа $(-\text{CH}_2-\text{CHR}-)_n$, получающихся в результате нормаль-

ного каталитического процесса полимеризации, пространственное расположение заместителей вдоль оси молекулы не упорядочено, что является причиной аморфной структуры этих высокополимеров.

У изотактических высокополимеров все одинаковые участки макромолекулы имеют одинаковую пространственную ориентацию. Такая регулярность расположения дает возможность изотактическим молекулам образовывать упорядоченную пространственную, т. е. кристаллическую структуру.

Открытие изотактических высокомолекулярных соединений имеет огромное значение, так как их упорядоченная структура определяет появление ценных физических свойств. Так, например, обычный полистирол — это хрупкое стекло, плавящееся при 80° и легко распадающееся при нагревании с образованием стирола. Изотактический полистирол плавится при 225° и значительно более устойчив к нагреванию.

Изотактический полиэтилен также обладает рядом специфических свойств, сравнительно с обычным полиэтиленом. Так, например, пленка из этого материала способна растягиваться в 30 раз.

Вследствие кристаллической структуры изотактические молекулы при вытяжке легко ориентируются и их механические свойства в направлении вытяжки повышаются. Это свойство полимеров имеет большое значение для производства волокна и пленок. Так, например, нити из изотактического полипропилена обладают такой же прочностью, как и нити нейлона; пленки из изотактического полипропилена далеко превосходят по своей прочности пленки из обычного полипропилена и приближаются по своим свойствам к лучшим типам полиэфирных пленок.

Метод синтеза изотактических высокополимеров заключается в проведении процесса полимеризации в присутствии специальных катализаторов. К ним, например, относятся смесь триэтилалюминия с четыреххлористым титаном, смесь триэтилалюминия с треххлористым титаном и др.

Пластические массы, производство которых достигло многих сотен тысяч тонн, проникли буквально во все отрасли деятельности человека — промышленность и технику, науку и быт. В СССР предприятиями Министерства химической промышленности выпускалось более 2000 разных

изделий из пластических масс. Во многих случаях пластические массы вытеснили применявшиеся ранее материалы — металлы, древесину и др.

Диапазон свойств пластических масс необычайно широк.

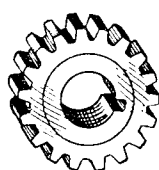
Некоторые пластические массы обладают необычайно высокой прочностью. Даже прочность металлического титана и легированных сталей в полтора раза уступает прочности некоторых армированных пластических масс (состоящих из 70% стекла и 30% пластика).

Различные разновидности пластмасс обладают прозрачностью, превосходными электроизолирующими свойствами, необычайной устойчивостью к химическим реагентам, высокой устойчивостью к нагреванию, малой теплопроводностью, хорошими звукоизоляционными свойствами и легкостью. Пенопласты, например, представляющие собой как бы застывшую в воздухе пену смолы, в 125 раз легче воды и в 100 раз легче пробки. Пластические массы позволяют решать такие технические проблемы, которые ранее представлялись неразрешимыми.

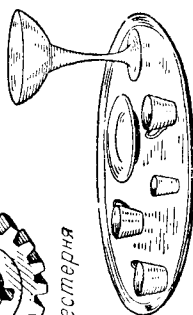
Несмотря на столь широкий диапазон существующих пластических масс, жизнь требует все новых и новых материалов. Особенно разнообразные требования предъявляются к пластическим массам со стороны быстро развивающихся новых видов техники (мирное использование атомной энергии, ракетная техника, строительство реактивных самолетов и др.). Отметим, что при строительстве реактивного пассажирского самолета ТУ-104 используется около 120 000 различных деталей, изготовленных из пластических масс и резины.

Выпускаемые в настоящее время многочисленные пластические массы обладают настолько разнообразными ценными свойствами, что появилась принципиальная возможность обходиться только с помощью пластических масс (без применения других материалов) в таких областях, где это казалось ранее совершенно невозможным. Приведем несколько примеров. В 1956 году на Международной выставке пластических масс в Нью-Йорке демонстрировались образцы домов, целиком сформованные из пластических масс, а также обстановка квартир, изготовленная из таких же материалов.

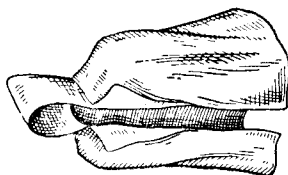
Из синтетических пленок можно изготавливать помещения нового типа, которые надуваются воздухом, как шины. Эти помещения могут быть использованы в качестве переносных



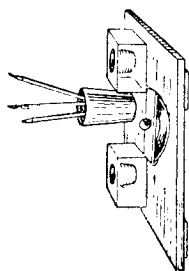
Шестерня



Посуда



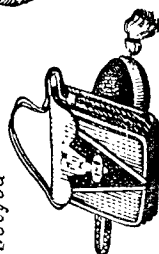
Плащ-накидка



Письменный прибор



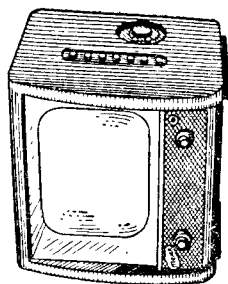
Обувь



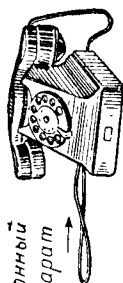
Сумки



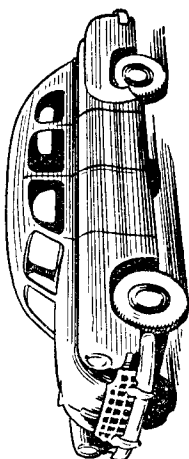
Щетка



Телевизор



Телефонный
аппарат



Автомобиль

Рис. 5. Изделия из пластических масс.

магазинов, складов или аудиторий. Их накачивают воздухом с помощью насоса и поддерживают внутреннее давление на постоянном уровне, превышающем атмосферное на $0,052 \text{ кг/см}^2$. Этого избыточного давления вполне достаточно, чтобы помещение не прогибалось при открывании дверей.

Изготовленный, например, таким образом магазин имел в длину 32 м, в ширину 15 м и в высоту 9 м. Укрепленный на земле с помощью уложенной вокруг основания нейлоновой трубки, наполненной 13,5 кг песка, он не деформировался даже при сильном ветре. Стенки сооружения пропускали солнечный свет. На упоминавшейся выше Международной выставке пластических масс демонстрировался трехколесный двухместный автомобиль, все детали которого изготовлены из пластических масс. Автомобиль снабжен одноцилиндровым двигателем. Максимальная скорость такой машины 112 км/час, расход горючего — 4 л на 100 км.

Пластические массы и синтетическое волокно

Некоторые пластические массы, прочно завоевавшие себе место в жизни и технике, известны давно.

Целлулоид. Одной из первых искусственно полученных пластических масс был целлулоид (1865 г.). Сырьем для производства целлулоида служит **целлюлоза** (клетчатка) — главная составная часть древесины. Отсюда и название целлулоида.

Целлюлозу, полученную путем несложных операций из древесины, обрабатывают смесью азотной и серной кислот. Приготовленный таким образом продукт — нитроцеллюлозу (нитроклетчатку) — обрабатывают спиртовым раствором камфоры. В образующуюся бесцветную пластмассу можно вводить различные красящие вещества.

Целлулоид применяется для изготовления киноплёнки, для подделки под черепаху, рог, слоновую кость. Целлулоид прочен, плохо проводит тепло и электричество. Однако широкому применению целлулоида в технике препятствует его легкая воспламеняемость. Целлулоид может даже самовоспламеняться; так, в витринах магазинов иногда загорались от солнечных лучей игрушки и гребни из целлулоида. Это отрицательное свойство целлулоида удалось, однако, в последнее время в значительной мере устранить. Трудно

воспламеняющиеся сорта целлулоида, без сомнения, займут прочное место при изготовлении самых различных изделий технического значения.

Б а к е л и т ы (фенольно-формальдегидные смолы). Одним из самых старых (с 1909 г.) и самых распространенных видов пластических масс являются бакелиты. Они изготавливаются из формальдегида и фенола (карболовой кислоты).

Бакелиты нашли исключительно многостороннее применение. Части автомашин, самолетов, музыкальных инструментов, бильярдные шары, части медицинских инструментов, телефонные аппараты, дверные ручки, клеи, лаки изготавливаются из фенольно-формальдегидных пластических масс.

Широко распространены материалы, получаемые в результате комбинирования фенольно-формальдегидных смол с другими материалами. Так, например, комбинирование фенольно-формальдегидной смолы с графитом дает материал АТМ-1, приближающийся по свойствам к чугуну.

Если в качестве наполнителя использовать не графит, а ткань, — получается материал, называемый текстолитом. Из него можно, например, изготавливать бесшумные шестерни.

Путем комбинирования фенольно-формальдегидных смол и стеклянной ткани получают жаростойкие материалы — стеклотекстолиты. Наиболее крупным потребителем фенольно-формальдегидных пластмасс является электротехническая промышленность.

А м и н о п л а с т ы. В настоящее время все более расширяется промышленное изготовление пластических масс из формалина и мочевины — аминопластов. Их называют также мочевино-формальдегидными смолами.

Особенностью аминопластов является их бесцветность. Добавляя к ним красящие вещества, можно получить изделия различного цвета (посуда, бритвенные приборы, письменные приборы и т. д.).

М е л а м и н о в ы е п л а с т м а с с ы. К аминопластам близки по химическому составу меламиновые пластические массы. Они получают конденсацией азотосодержащего вещества — м е л а м и н а — с формальдегидом или другими альдегидами, спиртами и углеводами. Меламиновые пластмассы обладают высокими электроизоляционными

свойствами. Меламиновые смолы применяются также для изготовления клеев и замазок.

Полиуретаны. Полиуретаны представляют собой смолы, получаемые при взаимодействии диизоцианатов с двухатомными спиртами. Полиуретаны приобрели практическое значение только после войны, когда в 1947 г. был разработан промышленный метод синтеза исходных веществ. Полиуретаны являются пластиками, пригодными для разнообразных целей. Так, например, замена каучука при изготовлении шин полиуретанами обеспечивает удлинение срока службы шин в 3—4 раза и приближает его к сроку службы автомобилей.

Некоторые полиуретаны пригодны для производства пластических масс, волокна и особенно щетины. Из полиуретанов удастся получать нити, прочность которых вдвое превышает прочность натурального шелка. Полиуретаны устойчивы к воде, действию воздуха, кислот и щелочей, не темнеют при плавлении. Детали, полученные из них литьем под давлением, отличаются стабильностью размеров и стойкостью к действию воды и водяного пара. Поэтому полиуретаны можно применять для изготовления фильтровальных тканей, стойких к кипящей воде и кислотам, приводных ремней, канатов, изоляции для кабелей и др.

Полиуретаны могут также применяться для получения искусственной кожи, которая по многим свойствам превосходит натуральную. Ее преимущество заключается в том, что она стойка к воде, не становится хрупкой при нагревании в воде и при высушивании.

Из полиуретанов можно также готовить лаки. Они отличаются высокими клеящими свойствами, стойкостью к действию растворителей и атмосферных влияний, красивым глянцем, способностью окрашиваться и, в большинстве случаев, хорошей морозоустойчивостью. Полиуретановые лаки обладают хорошими диэлектрическими свойствами, что имеет особое значение в производстве кабельных покрытий.

Важное значение приобрели так называемые **винилы** — пластические массы (полихлорвинил, поливинилацетат и др.).

В молекулах **полихлорвинила** может содержаться более 300 звеньев хлористого винила ($-\text{CHCl}-\text{CH}_2-$).

Полихлорвиниловые пластические массы легко окрашиваются. В зависимости от способа приготовления они имеют

различные свойства и применяются как заменители кожи и каучука. Из полихлорвиниловой пластмассы получают, например, белые настольные клеенки, черные плащи, розовые, зеленые, голубые дождевые накидки и т. п. Так как полихлорвинил — прекрасный электрический изолятор, не подверженный коррозии, он широко применяется в электрокабельной промышленности (одна тонна полихлорвинила заменяет четыре тонны свинца).

Полихлорвинил (и некоторые другие смолы) находит также применение для изготовления защитных пленок в стеклянных бутылках, предназначенных для хранения и транспортировки различных жидкостей. Прозрачная пленка полихлорвинила, нанесенная на стеклянную поверхность, при разбивании бутылки удерживает куски стекла вместе и препятствует выливанию жидкости.

Полихлорвинил применяется для изготовления волокна. Примерами полихлорвинильного волокна могут служить: **р о в и л** (волокно в виде непрерывной нити), а также **ф и б р а в и л**, **т е р м о в и л**, **и з о в и л** (штапельные волокна).

В последнее время получают распространение книги, выпущенные в дешевых, но прочных и изящных переплетных крышках, изготовленных из полихлорвинила. По многим качествам эти переплеты превосходят даже кожаные. Так, например, на них не оказывают никакого влияния колебания температуры даже в пределах от $+60^{\circ}$ до -30° .

Полихлорвинильные материалы при нагревании становятся пластичными, и в таком состоянии под небольшим давлением они прочно привариваются друг к другу. Сварка переплетных крышек осуществляется с помощью токов высокой частоты.

П о л и в и н и л а ц е т а т (винилит А) получается при полимеризации винилацетата ($\text{CH}_2=\text{CHOCOSH}$). Поливинилацетат применяется для склеивания пластмасс, бумаги, тканей, стекла, кожи, дерева, металлов, а также для производства бесцветных светоустойчивых лаков.

Большое значение имеют продукты совместной полимеризации винилацетата и хлористого винила (винилиты). Так, например, пленки, полученные из одного винилацетата, хорошо пристают к поверхности, но обладают слишком большой мягкостью и растворимостью; с другой стороны, пленки из полихлорвинила очень тверды, но не пристают к

поверхности. Сополимеры, в которых главной составной частью является хлористый винил, обладают одновременно твердостью и хорошо пристают к поверхности. Сополимер хлористого винила и винилацетата применяется в качестве заменителя шеллака при изготовлении патефонных пластинок. Сополимеры пригодны также для получения искусственного волокна.

Так, например, сополимер хлористого винила и винилацетата (в соотношении 86 : 14) используется для получения штапельного волокна в и н ь о н Н. Н.

Другой вид синтетического волокна — д а й н е л — является сополимером хлорвинила с акрилонитрилом.

Высокая эластичность, прочность, устойчивость к бактериям, негорючесть и химическая устойчивость делают его весьма ценным материалом для промышленного применения.

Дайнел находит все более широкое применение в промышленности, например, при изготовлении производственной одежды, фильтров, непромокаемых мешков, палаток, изоляционных материалов и ряда других изделий.

Волокно с а р а н получают в результате совместной полимеризации хлористого винила и хлористого винилидена ($\text{CH}_2=\text{CCl}_2$) в соотношении 15 : 85. С а р а н достаточно химически стоек, негорюч, обладает хорошими механическими и диэлектрическими свойствами.

Среди виниловых пластических масс особыми свойствами обладает п о л и в и н и л б у т и р а л ь. Он не изменяет своего цвета при действии ультрафиолетовых лучей и сохраняет свою прочность даже при низких температурах. Поливинилбутираль широко применяется для изготовления прослоек в безопасных стеклах и почти полностью вытеснил в этом отношении нитроцеллюлозу и ацетилцеллюлозу.

В Японии налажено производство нескольких разновидностей синтетических волокон, объединяемых под общим наименованием в и н и л о н.

Производство винилонового волокна (главное из них — к у р а л о н) достигает в Японии нескольких тысяч тонн в год.

П о л и а к р и л о н и т р и л (нитрон или орлон). При полимеризации нитрила акриловой кислоты (акрилонитрила) образуется п о л и а к р и л н и т р и л, молекула которого состоит из следующих повторяющихся звеньев: $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-$.

Полимеры а к р и л о н и т р и л а известны давно. Однако полиакрилонитрил, в отличие от многих других синтетических смол, не растворяется в обычных органических растворителях, не пластифицируется пластификаторами и только слегка размягчается при температуре, близкой к температуре разложения. Это делает невозможным переработку полиакрилонитрила в виде расплава. С другой стороны, ввиду нерастворимости полиакрилонитрила в акрилонитриле, нельзя получать изделия путем полимеризации в формах.

Таким образом, в связи с отсутствием методов переработки полиакрилонитрила, использование его считалось невозможным. Поэтому акрилонитрил длительное время имел практическое значение только как сополимер — компонент, прибавленный к другому веществу для совместной полимеризации. Так, например, сополимеризацией бутадиена и акрилонитрила получается маслоустойчивый каучук.

Решающую роль в судьбе полиакрилонитрила сыграло открытие для него растворителей (диметилформамид, тетраметиленсульфон и др.). Открытие растворимости полиакрилонитрила в некоторых органических соединениях обеспечило, начиная примерно с 1943 года, возможность технического развития производства волокна из полиакрилонитрила — о р л о н а. Это волокно, известное в СССР под названием н и т р о н а, обладает рядом ценных качеств. Оно прочно, имеет красивый шелковистый вид и по свойствам приближается к натуральной шерсти. Нитрон обладает исключительно высокой светостойкостью. Молекулярный вес *) нитрона колеблется от 40 000 до 150 000. Исходное вещество для синтеза нитрона — акрилонитрил — легко доступно. Оно получается в технике из ацетилена и синильной кислоты, а также из окиси этилена и синильной кислоты.

Виниловые волокна (на основе хлористого винила, хлористого винилидена, акрилонитрила, винилацетата, поливинилформаль) заметно отличаются друг от друга вследствие различия состава и строения, однако все же обладают и большим сходством.

Они обладают некоторыми свойствами нейлона и терилена, например устойчивостью по отношению к воде, высокой несминаемостью, электроизоляционными свойствами,

*) Молекулярный вес равен сумме весов всех атомов, составляющих данную молекулу.

устойчивостью к действию грибков и других микроорганизмов.

Так, например, ткань из дайнала зарывали в землю, содержащую активные микроорганизмы, и выдерживали там при тропических условиях (температура 31° и относительная влажность 97%). Даже спустя полгода никаких следов повреждения дайнала не обнаружено, в то время как хлопковое полотно полностью разложилось за 10 суток. Виниловые волокна не повреждаются молью или какими-либо другими насекомыми. Они обладают значительно меньшей термической устойчивостью, чем нейлон и терилен, но более устойчивы к химическим воздействиям.

Пряжа из виниловых волокон в виде непрерывных нитей уступает нейлону в прочности, упругости, устойчивости к истиранию, способности сохранять форму. С другой стороны, пряжа из акрилонитрильного волокна приятнее на ощупь пряжи из нейлона, она более теплая, сухая и похожа на шелк.

Виниловые волокна в виде непрерывных нитей в настоящее время являются самыми дорогими. Поэтому они применяются, главным образом, лишь для изготовления предметов роскоши. В остальном их применение пока ограничено. Так, например, пряжа из волокна виньон приобрела некоторую известность для изготовления фильтровальных тканей, рыболовных сетей, канатов для подводных лодок, химически устойчивой спецодежды и невоспламеняющихся тканей для авиации.

Полиакрилонитрильное волокно используется в смеси с некоторыми другими волокнами для получения тканей, идущих на изготовление рубашек и платьев, а также тика, занавесей и обивочных материалов для мебели, стоящей на открытом воздухе, где от ткани требуется высокая светостойкость.

Полистирол. К виниловым пластическим массам по химическому строению близок полистирол. Полистирол — одна из первых полученных искусственным путем пластических масс (1839 г.). Однако успешное производство и использование полистирола началось только столет спустя после его открытия. Причина медленного развития производства полистирола заключалась в трудной доступности исходного вещества — стирола ($C_6H_5-CH=CH_2$). В настоящее время стирол легко получают из бензола и этилена.

Благодаря ценным свойствам полистирола его производство, начиная с 1939 года, быстро растет. Так, если в 1939 году мировое производство полистирола составляло 2000 тонн в год, то к 1950 году оно достигло 136 000 тонн, а в 1953 году превысило 180 000 тонн.

Полистирол прозрачен, химически устойчив, прочен при низких температурах, почти совершенно не поглощает влаги.

Полистирол термопластичен *), и его обычно формуют без добавления пластификаторов. Однако его высокая прочность на разрыв ($350\text{—}490 \text{ кг/см}^2$) почти не изменяется даже при добавке в него до 40 % наполнителя. Высокие диэлектрические свойства полистирола делают его таким же ценным радиочастотным изолятором, как и плавленый кварц.

Полистирол применяют для изготовления химических склянок, пробок, деталей холодильников, деталей авиа-, электро-, радио- и телевизионной аппаратуры.

Акриловые пластические массы (плексиглас или органическое стекло)

Смолы, получаемые в результате полимеризации акриловой, метакриловой кислот и их производных (эфиров, нитрилов), объединяются под общим названием а к р и л о в ы х с м о л. Их ценным качеством является бесцветность и высокая прозрачность (превосходящая прозрачность стекла). Акриловые смолы пропускают ультрафиолетовые лучи почти так же хорошо, как кварц. При этом свет практически не действует на акриловые смолы.

Полимеризацией метилового эфира метакриловой кислоты ($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOCH}_3$) получают п о л и м е т а к р и л а т.

*) С точки зрения технологии, пластические массы разделяют на термопластические и термореактивные. Термопластические пластические массы ведут себя при нагревании подобно воску: размягчаются при нагревании, затвердевают при охлаждении и вновь размягчаются при повторном нагревании. Термореактивные пластические массы размягчаются при первом нагревании, затем затвердевают и уже не плавятся при дальнейшем нагревании. Их в известной мере можно сравнить с цементом, который после затвердевания уже не может быть переведен в исходное состояние. Термореактивные свойства обусловлены тем, что при дальнейшем нагревании данной размягченной пластмассы образуются новые химические связи между отдельными молекулами пластической массы. Неплавкость в этом случае вызвана значительным увеличением молекулярного веса.

Полиметакрилат (плексиглас), наряду с бесцветностью и прозрачностью, весьма прочен и лишь немногим тяжелее воды (его удельный вес колеблется около 1,12—1,25). Пленки, полученные из полиметакрилата, отличаются высокой эластичностью. Они выдерживают растягивание до десятикратной их длины.

Акриловые и метакриловые смолы устойчивы к действию разбавленных кислот и щелочей, а также к действию бензина и масел.

Их недостатком является относительно малая термическая устойчивость (они разлагаются при 300°).

Полиметакрилаты размягчаются при довольно низкой температуре (около 100°) и в этом состоянии могут формоваться под давлением. Акриловые и метакриловые смолы находят применение для изготовления органического стекла, защитных пленок, клеящих веществ, для пропитки различных текстильных материалов и др.

Полиэфирные смолы

Полиэфирные смолы, к которым относятся, например, такие важные вещества, как г л и п т а л и и т е р и л е н, получают в результате поликонденсации двухосновных кислот с многоатомными спиртами.

Г л и п т а л и (или глифталы) получают при реакции фталевого ангидрида с глицерином. Глипталы употребляются главным образом в качестве покровных материалов, однако вяжущие и клеящие свойства этих смол делают их, кроме того, ценными заменителями различных клеев и замазок.

Глипталы обладают большой твердостью и гибкостью, хорошо пристают к поверхности и растворимы в обычных органических растворителях, однако они лишь медленно затвердевают при нагревании. Этот недостаток может быть устранен путем добавления к ним быстро твердеющих при нагревании фенольных и карбамидных смол. Можно добавлять также высыхающие масла, благодаря чему полученные лаки и пленки высыхают уже при действии воздуха.

Очень ценными качествами обладает полиэфирная смола, получаемая в результате взаимодействия терефталевой кислоты с этиленгликолем. В Англии эта полиэфирная смола известна под названием т е р и л е н, в США — д а к р о н, в Советском Союзе — л а в с а н.

Пластические массы и волокна, изготавливаемые из этой смолы, обладают многими ценными качествами и могут успешно выдержать конкуренцию с полиамидами. Однако отсутствие до настоящего времени дешевого и удобного способа получения т е р е ф т а л е в о й к и с л о т ы является причиной того, что эта смола изготавливается пока еще в сравнительно небольших количествах. Так, например, в Англии в настоящее время производство териленового шелка и шерсти составляет всего около 5 тысяч тонн в год, а в США — около 16 тысяч тонн.

Можно утверждать, однако, что с разработкой хорошего технического способа получения чистой терефталевой кислоты терилен станет грозным конкурентом лучшим полиамидным пластикам подобно нейлону.

Отметим некоторые характерные свойства т е р и л е н а. Териленовое волокно отличается высокой прочностью (приближающейся к прочности нейлона) в сухом и влажном состоянии, большой устойчивостью к действию высоких температур, химических реагентов, в частности кислот и окислителей. Оно не подвержено гниению.

Прочность терилена не зависит от влажности. Его влагопоглощаемость меньше влагопоглощаемости хлопка, шерсти и нейлона. Важным свойством терилена является его теплоустойкость. После 1000 часов нагревания до 150° он теряет только 50% своей прочности, тогда как другие природные и искусственные волокна теряют прочность почти полностью. Терилен не разрушается микроорганизмами и насекомыми, он не изменяется под действием солнечного света.

Териленовый шелк, обладающий хорошими механическими свойствами, является прекрасным материалом для изготовления транспортных лент.

При равном весе териленовые ленты оказываются значительно более прочными, чем ленты из других материалов; они пригодны для транспортировки горячих предметов, а также химически активных веществ.

В одном из карьеров териленовая лента проработала два года на транспортировке дробленого известняка, причем не было отмечено никакого ущерба для ее состояния. За это время на ней было переброшено около 400 000 тонн известняка. Терилен в комбинации с каучуком применяют для изготовления различных шлангов (транспортировочных, используемых на нефтеналивных судах, водолазных, пожарных). В химической промышленности териленовые

шланги используются для перекачки высококонцентрированной перекиси водорода.

Большие преимущества дает применение терилена в качестве корда при изготовлении автомобильных покрышек. Испытания показали, что териленовые покрышки для велосипедов, автомашин, самолетов и тракторов исправно работают при различных нагрузках в разнообразных климатических условиях.

Терилен успешно применялся в качестве фильтровальной ткани для отделения гипса от фосфорной кислоты при производстве удобрений, для регенерации шерстяного жира, для отделения силикатного песка (где ткань подвергается сильному истиранию), при изготовлении кислотоустойчивой плетеной тесьмы для разгрузки фильтров, употребляемых в производстве двуокиси титана, а также в других процессах, где приходится иметь дело с кислотами. Во всех этих случаях терилен служил по крайней мере в пять раз дольше, чем шерстяные и хлопчатобумажные ткани.

Проводятся испытания терилена в электропромышленности. Хотя они еще не закончены, уже сейчас можно констатировать, что терилен, по-видимому, займет соответствующее место в тех областях электропромышленности, где требуется сочетание прочности, гибкости и хороших электроизоляционных свойств.

Таким образом, сочетание нескольких выдающихся свойств терилена обуславливает его применение в самых различных отраслях промышленности и хозяйства. Отметим дополнительно, что высокая прочность во влажном состоянии, малое влагопоглощение и устойчивость к плесени делают его очень ценным материалом для производства тяжелых морских канатов. Кроме того, из терилена изготавливаются прекрасные рыболовные сети.

Терилен нашел интересное применение в хирургии. Из него изготавливают протезы не только отдельных кровеносных сосудов, но даже протезы целых пучков сосудов. Такие протезы после их вшивания хорошо приживаются в организме человека.

Териленовое волокно найдет широкое применение для изготовления одежды и трикотажных изделий. Главной отличительной чертой волокна из терилена является большая упругость, напоминающая упругость шерсти, и высокая устойчивость к сминанию. Костюмы, изготовленные из териленового волокна, имеют исключительные преимущества,

особенно при сырой погоде. Эти костюмы не требуют глажения даже после длительной носки. Благодаря малому поглощению влаги териленовым волокном чистка таких костюмов исключительно проста.

Одно из наиболее характерных свойств териленового волокна — это его способность противостоять сминанию. В этом отношении терилен превосходит и нейлон и орлон, напоминая чистую шерсть. Так, например, складки, сделанные на териленовой ткани, при смачивании остаются без изменений и не разглаживаются.

Териленовое волокно оказалось отличным материалом для вязания свитеров и носков. В качестве добавки оно может применяться при изготовлении тканей для блузок, мужских рубашек, галстуков и других предметов одежды, где необходим изящный вид и несминаемость. Эти изделия практически не нуждаются в глажении, стирка их чрезвычайно проста. Интересно отметить, что в последнее время с помощью полиэфирных смол изготавливаются пружины.

Для изготовления пружин пряжи нескрученного стеклянного волокна, пропитанные полиэфирной (или эпоксидной) смолой, протягиваются через специальные эластичные трубки. Трубки наматываются по спирали вокруг формы и нагреваются. После этого из них извлекаются уже готовые твердые пружины из стеклопластика. Пружины эти обладают хорошими упругими свойствами.

Недавно получены новые пластмассы — **поликарбонаты**.

Поликарбонаты представляют собой полиэферы угольной кислоты с молекулярным весом 150 000 и более.

Поликарбонаты в отсутствие водяного пара, щелочных или кислотных примесей могут при 300° длительное время находиться в расплавленном состоянии, вследствие чего их можно перерабатывать способами, обычными для термопластов. Из поликарбонатов можно получать волокна, пленки, полые, литые и прессованные изделия. Литые изделия прозрачны и бесцветны. Поликарбонаты обладают низкой водопоглощаемостью (в тридцать раз меньше, чем ацетилцеллюлоза, но в три раза больше полиэтилена). Газопроницаемость поликарбонатных пленок очень низка. При испытании пленок и литых изделий из различных поликарбонатов на старение при обычной температуре, а также в течение двух месяцев при 170° никаких изменений их свойств не обнаружено.

Поликарбонаты устойчивы к действию воды (пленка не изменяется при четырехнедельном кипячении), растворов нейтральных солей, водных растворов минеральных кислот, органических кислот, сильных окислителей, слабых щелочей, углеводов. Они менее стойки к действию сильных щелочей, нестойки к действию аммиака и аминов; под действием метилового спирта, особенно при высокой температуре, набухают и становятся хрупкими.

По прочности поликарбонаты напоминают полиамиды.

Значительный интерес представляют э п о к с и д н ы е смолы, образующиеся в результате конденсации эпихлоргидрина с фенолами. Эпоксидные смолы обладают рядом исключительно ценных свойств в качестве изоляционных материалов, материалов для защиты металлов от коррозии и т. п.

Пентон — хлоросодержащий полиэфир

Недавно получен новый хлоросодержащий синтетический материал — п е н т о н.

П е н т о н — легко формующийся термопластичный материал, обладающий высокой прочностью и хорошими электроизоляционными свойствами.

Важным свойством пентона является его устойчивость к гидролизу в слабокислых и щелочных средах. По свойствам и возможной области применения его можно поставить между фторуглеродными пластиками, с одной стороны, и полихлорвинильными и полистирольными — с другой. Фторуглеродные пластики наиболее устойчивы к химическим воздействиям, но они относительно дороги и все еще мало доступны. Применение же полихлорвинила и полистирола хотя и весьма разнообразно, но ограничено недостаточной теплостойкостью и устойчивостью к различным растворителям.

Из пентона можно получить литые изделия, свободные от внутренних напряжений вследствие того, что, с одной стороны, расплавленный пентон имеет низкую вязкость и легко заполняет форму, а с другой — пентон мало изменяет свой объем при переходе от расплава к твердому продукту.

Пентон чрезвычайно слабо впитывает (адсорбирует) воду (0,01 %, т. е. в пять раз меньше, чем полиэтилен). Это свойство обуславливает постоянство объема при увлажнении этого материала. Термическая устойчивость пентона

позволяет использовать его в производстве деталей, работающих при высокой температуре (300°). Пентон найдет применение для изготовления деталей, работающих в водных средах, для клапанов и отдельных частей рефрижераторного оборудования и для различных вентилей, применяемых в химической промышленности.

Как показали испытания, клапаны, изготовленные из пентона, не изменяют своих размеров в течение 18 месяцев под воздействием пара, имеющего температуру 160° и давление 4,2 кг/см².

Вентиль из пентона на солянокислотной линии аппарата для хлорирования оставался в хорошем состоянии после длительной работы, в то время как линию приходилось менять.

Из пентона можно изготавливать детали часов, шестерни, подшипники и другие изделия, где требуются точные формы и качественная обработка поверхности.

Пленки из пентона могут служить в качестве упаковочного материала там, где требуется высокая прочность при разрыве, устойчивость к нагреванию и прозрачность.

Канаты, изготовленные из пентона, обладают лучшим сопротивлением истиранию и более высокой прочностью при разрыве, чем манильские.

Производство пентона пока еще осуществляется только в опытных масштабах.

Полиамидные смолы (полиамиды)

Полиамидные смолы — к а п р о н, н е й л о н, э н а н т и др. — представляют собой вещества, молекулы которых имеют линейное строение и состоят из следующих повторяющихся структурных участков:



У капрона $n=m=6$, энанта $n=m=7$; нейлона $n=4$, $m=6$.

Отдельные звенья (CH_{2n}) и $(\text{CH}_2)_m$ соединены амидными группами $—\text{NH}—\text{CO}—$, или, как часто говорят, соединены амидной (пептидной) связью. Отсюда и название полиамиды. Амидные группировки содержатся также в природных веществах белкового характера: в кератине шерсти и фиброине шелка. Именно благодаря полиамидному строению капрон и нейлон обладают ценными техническими свойствами, близкими к свойствам животных волокон.

В Советском Союзе наибольшее распространение получило производство капрона. Синтез капрона — процесс многостадийный, однако в качестве исходного сырья используется доступный и дешевый продукт — фенол, в значительных количествах добываемый из каменноугольной смолы.

Капроновое волокно отличается высокой прочностью, достаточно большой химической устойчивостью и красивым внешним видом.

Получаемое в ряде стран капроновое волокно носит различные названия. В ГДР — это перлон, в ФРГ — перлон L, Чехословакии — силон, Польше — стилон, Голландии — энкалон, Швейцарии — грилон, США — нейлон-6. Вследствие одинакового строения все эти волокна имеют сходные свойства, однако у них существуют и отличия, зависящие от методов обработки нитей.

В последнее время появились возможности промышленного получения полиамидного волокна (называемого в СССР энантом) на базе омега-аминоэнантовой кислоты.

Энантовое волокно сходно с капроновым волокном, а по ряду ценных качеств превосходит последнее. Промышленному получению энантового волокна препятствовало то обстоятельство, что исходная аминокислота весьма трудно доступна. Она получалась путем семистадийного синтеза из фурфурола. В СССР разработан удобный метод синтеза аминокислоты из этилена и четыреххлористого углерода. Тем самым вопрос о налаживании производства энантового волокна из аминокпроновой кислоты стал актуальным.

Наиболее ценной из полиамидных смол является нейлон (в СССР известен также под названием анида).

Промышленное использование нейлона началось с 1939 года. Вначале его применяли исключительно для изготовления чулок и носков, отличающихся большой прочностью и длительным сроком носки. В годы войны нейлон во всех странах был совершенно изъят из гражданского употребления и применялся только для военных целей (изготовление парашютов, буксирных канатов для планеров, корда для самолетов). В послевоенное время производство нейлона быстро расширялось. Если мировое производство нейлона в 1939 году составляло всего 1800 тонн, то в 1950 году оно достигло 55 000 тонн, а в 1953 году превысило 110 000 тонн. В настоящее время нейлон перерабатывается главным образом на волокно.

Получение полиамидного волокна обычно осуществляют следующим образом. Смолу плавят при температуре 260—270° в атмосфере инертного газа, а расплав продавливают через тонкие отверстия — фильеры. Охлаждаясь на воздухе, тонкие струйки полиамидной смолы затвердевают в нити, которые быстро наматываются (со скоростью 1 км/мин) на катушку. Однако полученное таким путем волокно еще непрочное и способно вытягиваться в 5—7 раз. Это объясняется тем, что молекулы-гиганты еще не ориентированы вдоль нити. Для ориентации молекул нить подвергают вытягиванию и закручиванию.

Нейлоновое волокно обладает следующими характеристическими свойствами. Оно легче натурального шелка и шерсти, а также любых искусственных волокон. Нейлоновое волокно (как и капроновое) вдвое прочнее натурального шелка. Оно очень упруго, прочно на истирание и на изгиб, прекрасно выносит часто изменяющуюся нагрузку.

Нейлон обладает хорошей термической устойчивостью. После нагревания на воздухе при 100° в течение недели прочность уменьшается только на 20%. Нейлон не подвержен гниению, кислоты и щелочи на него почти не действуют.

Из областей применения полиамидного волокна в первую очередь следует упомянуть производство чулок и носков, обладающих высокой прочностью, хорошей носкостью, легкостью, красивым внешним видом и легкостью стирки.

В настоящее время из нейлона и капрона изготавливают сотни миллионов чулок. Полиамидное волокно применяется для упрочнения носка и пятки в хлопчатобумажных и шерстяных носках. Следует вообще отметить, что смеси полиамидного волокна с шерстью находят все более широкое применение благодаря их удивительной устойчивости к истиранию.

Полиамидное волокно нашло также широкое применение для изготовления белья благодаря тому, что такие изделия хороши в носке и легко стираются. В некоторых случаях полиамиды, например нейлон, применяются для особых целей: способность нейлона прочно фиксироваться позволяет получать устойчивые к стирке гофрированные материалы или несминающийся вельвет. Из полиамидных тканей изготавливаются прекрасные купальные костюмы. Обивочные ткани из полиамидного волокна отличаются высоким

качеством благодаря большой устойчивости к истиранию. Это же свойство полиамидных тканей важно для форменной и спецодежды.

Из полиамидных тканей могут изготавливаться ковры и половики, устойчивые к истиранию и сжатию.

Несмотря на столь широкие масштабы применения полиамидного волокна для бытовых нужд (и в первую очередь для изготовления трикотажных изделий), это все же не главная область его применения.

Полиамидные волокна — ценнейший материал для изготовления различных технических изделий. Полиамидные волокна применяются при изготовлении корда для автомобильных и авиационных шин. Такие шины значительно прочнее шин с хлопчатобумажным или вискозным кордом.

Нити из непрерывного и штапельного волокна применяются для изготовления фильтровальных тканей, так как благодаря малой гигроскопичности, гладкой и ровной поверхности волокна такие ткани легко очищаются. Эти фильтровальные ткани имеют высокую прочность в мокром состоянии и особенно пригодны для фильтрования щелочных и нейтральных жидкостей. Благодаря высокой устойчивости к истиранию они очень удобны для просеивания порошков.

Полиамидные волокна являются незаменимым материалом при производстве парашютов. Веревки и канаты из полиамидного волокна обладают высокой прочностью и малым весом. Их большая прочность в мокром состоянии и устойчивость к истиранию обеспечивает длительный срок службы. Веревки из полиамидного волокна находят разнообразное применение, например, в китобойном промысле, альпинизме, для буксирования планеров и т. п.

Полиамидные пластмассы идут для приготовления таких изделий, где требуется особая прочность.

Так, например, в Дании некоторые фирмы начали делать судовые гребные винты из нейлона. Винтам придается обычная конфигурация лопастного винта.

Самое большое преимущество нейлоновых винтов заключается в том, что они не ржавеют, не нуждаются в окраске и чистке, не ломаются при столкновении с плавающими предметами или с грунтом на мелях. Такие винты пока устанавливаются на судах среднего тоннажа, траулерах и портовых буксирах.

Полиэтилен (политен)

Непредельные углеводороды, молекулы которых имеют несимметричное строение (изобутилен, стирол и др.), под действием различных катализаторов легко полимеризуются, образуя ценные высокополимеры.

Этилен, молекулы которого симметричны и неполярны, полимеризуется с большим трудом. Лишь относительно недавно (около 15 лет назад) удалось получить высокополимер этилена — полиэтилен или политен, молекулярный вес которого достигает 70 000.

Для получения полиэтилена этилен высокой степени чистоты полимеризуют при температуре 300—400° и давлении от 1000 до 2000 атмосфер. Это единственный в настоящее время химический процесс, проводимый в столь жестких условиях.

Несмотря на трудности, связанные с синтезом полиэтилена, производство его приобретает все больший размах. Если в 1939 году мировое производство полиэтилена составляло всего 100 тонн, то в 1950 году оно достигло 40 000 тонн, а в 1953 году превысило 150 000 тонн.

Молекулы политена имеют следующий вид:



По своему химическому строению полиэтилен относится к наименее реакционноспособным — предельным или парафиновым — углеводородам. Поэтому полиэтилен устойчив к действию кислот и щелочей, окислителей и других энергичных химических реагентов. Поэтому возникает возможность широчайшего его применения в химической промышленности, для хранения и транспортировки активных химических веществ. Он не набухает в воде и газонепроницаем. Он широко применяется в качестве упаковочного материала и материала для изготовления предметов домашнего обихода. Из полиэтиленовой пленки можно изготовлять воздушные шары и аэростаты.

Полиэтилен обладает (сравнительно со всеми другими пластиками) самыми высокими диэлектрическими свойствами, вследствие чего он нашел и находит все большее применение в электротехнической и электрокабельной промышленности.

Особенно большую роль сыграл полиэтилен в технике многосторонней дальней связи для изготовления кабелей сложных конструкций. Отметим, например, что применение полиэтилена сразу же позволило увеличить число одновременных разговоров по одной паре кабелей с 12—20 до 480. Огромную роль в судьбе полиэтилена сыграло открытие возможности его получения при низком давлении в присутствии металлорганических катализаторов. В результате этого полиэтилен стал дешевле и доступнее. Следует к тому же отметить, что получаемый с 1956 года полиэтилен обладает значительно более высоким молекулярным весом, а поэтому и некоторыми новыми ценными свойствами.

Новые марки полиэтилена, в зависимости от степени полимеризации, различаются по величине молекулярного веса. Так, полиэтилен марки RCH-100 имеет молекулярный вес около 100 тысяч, марки RCH-500 — около полумиллиона и марки RCH-1000 — около миллиона. Молекулярный же вес полиэтилена высокого давления, как указывалось ранее, не превышает 70 тысяч.

Новые разновидности полиэтилена низкого давления отличаются большой механической прочностью и термостойкостью, а также повышенной газо- и паростойкостью. Они нашли широкое применение в производстве упаковочных материалов.

Повышенная термостойкость полиэтилена низкого давления позволяет изготавливать из него бутылки и ампулы, в которых можно осуществлять стерилизацию продуктов. Пленки высокомолекулярного полиэтилена толщиной 0,1 мм применяются для упаковки пищевых продуктов.

Для упаковки готовых кулинарных изделий (мясо с овощами и т. д.) могут применяться мешки из двухслойной — полиэфирной и полиэтиленовой — пленки. Полиэфирная пленка, образующая верхний слой мешка, устойчива при колебаниях температуры в пределах от -60° до $+100^{\circ}$.

Внутренняя полиэтиленовая пленка не теряет прочности в более широком диапазоне температур. Пакет с замороженными продуктами, не вскрывая, опускают на несколько минут в кипящую воду, после чего продукты годны к употреблению в пищу.

Сосуды из полиэтилена некоторых марок применяются для транспортировки спирта, а также соляной, фтористоводородной, серной, муравьиной и других кислот.

В ряде стран начато массовое производство водопроводных труб из полиэтилена. Производство их просто (прессование порошка полиэтилена при 250°), а прокладка осуществляется значительно быстрее, чем прокладка металлических труб. Полиэтиленовые трубы не подвержены коррозии и не лопаются при замерзании воды. Начато использование полиэтилена в жилищном строительстве. Из него изготовляют, например, рамы для окон и полы.

В настоящее время проводятся широкие поиски новых возможных областей применения полиэтилена и, в частности, полиэтиленовой пленки.

Предполагается применять ее в качестве покрытия ирригационных каналов, хозяйственных водоемов, оранжерей и т. п.

Известно, какой важной проблемой является у нас в стране проблема предохранения от влаги обмолоченного зерна на целинных и залежных землях. Разрешению этой проблемы во многом способствовало бы использование полиэтиленовой или полиэфирной пленки. Для этой цели наша химическая промышленность могла бы наладить производство тонкой (0,1 мм) полиэтиленовой пленки, стоимость которой была бы весьма невелика, в особенности если иметь в виду, что одна и та же пленка может быть использована для защиты зерна от влаги неоднократно.

В связи с тем, что проблема удобного промышленного синтеза полиэтилена может считаться решенной, в настоящее время проводятся исследования по разработке удобного технического способа получения полипропилена, температура плавления которого (160°) значительно превышает температуру плавления полиэтилена низкого давления (121°).

На основе полиэтилена получен новый высокоэффективный диэлектрик х а й р а д. Он получается при облучении полиэтилена большими дозами электронов, движущихся со скоростью, близкой к скорости света. В результате такой обработки полиэтилен претерпевает химические изменения (молекулы полиэтилена сшиваются поперечными связями) и превращается в материал, мало изменяющий свои физические и особенно диэлектрические свойства при высоких температурах. Такой пластик можно использовать длительное время при $150\text{--}200^{\circ}$ и в течение нескольких часов — при 300° . В настоящее время хайрад уже выпускается промышленностью и является весьма перспективным

материалом для применения в электронных схемах и узлах в качестве изолятора.

Облученный полиэтилен — хайрад, помимо прекрасных электроизоляционных свойств, обладает также рядом других характерных особенностей сравнительно с обычным полиэтиленом.

Так, он обладает большой химической стойкостью. Необлученный полиэтилен инертен по отношению к большинству растворителей, однако растрескивается под действием моющих средств. Хайрад не изменяется от моющих средств и более устойчив к действию жирных и ароматических углеводородов; этот материал разрушается лишь при действии кипящей серной кислоты, к которой добавлена азотная кислота.

Хайрад обладает высокой теплостойкостью. Хотя высшая рабочая температура для хайрада является 150° , он способен выдерживать кратковременное (а в атмосфере инертного газа даже длительное) нагревание до 350° без разложения. Для обычного полиэтилена противопоказана уже температура 120° .

Хайрад найдет широкое применение в электротехнике, при изготовлении труб для горячей воды, пара низкого давления, для транспортировки углеводородов, кислот, растворов солей и др., а также при изготовлении стерилизуемых бутылок для молока.

Фторопласты

Фторопластами называются пластические массы, получаемые в результате полимеризации фторпроизводных этилена, — обычно трифторхлорэтилена ($\text{CF}_2=\text{CFCl}$) или тетрафторэтилена ($\text{CF}_2=\text{CF}_2$).

Производство фторопластов начато сравнительно недавно. Оно сопряжено со значительными трудностями, в связи с чем выпуск фторопластов пока налажен в немногих странах. Политетрафторэтилен производится в США (где он называется тефлоном), в Англии (под названием флюон) и в СССР (фторопласт-4). Политрифторхлорэтилен выпускается в США (кел-флюоретен), в ФРГ (хостафлон) и в СССР (фторопласт-3).

Отличительные особенности фторопластов заключаются в высокой термической устойчивости, в высокой химиче-

ской устойчивости и в прекрасных диэлектрических свойствах.

Фторопласты значительно расширили температурный интервал применения пластических масс.

Так, например, температурный интервал применимости фторопласта-4 составляет более 500° (от -269° до $+250^{\circ}$).

По химической устойчивости фторопласты превосходят все остальные виды пластических масс.

Вместе с тем фторопласты отличаются чрезвычайно высокими диэлектрическими свойствами, не зависящими ни от температуры, ни от частоты токов.

Такое редкое сочетание различных ценных качеств позволяет в настоящее время, применяя фторопласты, легко решать такие технические задачи, которые считались ранее неразрешимыми.

Несмотря на сложности производства, несмотря на относительно дороговизну, производство фторопластов неуклонно развивается. Фторопластам принадлежит большое будущее.

Фторопласт-4 (тефлон). Полимеризацией тетрафторэтилена — бесцветного газа, сжижающегося под атмосферным давлением при -76° , — получают один из самых замечательных синтетических материалов, называемый фторопластом-4 (тефлоном).

Полимеризация тетрафторэтилена обычно проводится нагреванием до $+60^{\circ}$ (под давлением) с разбавленным раствором перекиси водорода. Так как тефлон не набухает и не растворяется в органических растворителях, то молекулярный вес его до сих пор определить не удалось.

При обычной температуре фторопласт-4 напоминает по твердости жесткую резину, около 320° становится прозрачным и приобретает при этом пластичность. Термическое разложение фторопласта-4 начинается только около 450° . Тефлон не горюч.

Интересно, что фторопласт-4 не смачивается никакими жидкостями.

Однако самым замечательным свойством фторопласта-4 является его необычайная химическая устойчивость, превосходящая не только устойчивость любых других синтетических материалов, но даже благородных металлов — золота и платины. На фторопласт-4 не оказывают никакого действия царская водка, горячие концентрированные

соляная, азотная, серная, фтористоводородная кислоты, горячие щелочи, бром, хлор и фтор при 100—150° под давлением в 1 атмосферу, перманганат, перекись водорода, озон. Только металлический натрий при 200° медленно разрушает фторопласт-4.

Благодаря сохранению хороших механических свойств в широком интервале температур, фторопласт-4 является надежным уплотнительным материалом. Он обладает исключительной пластичностью. С возрастанием нагрузки фторопласт-4 равномерно сжимается. При нагревании наблюдается увеличение эластичности и полный возврат к первоначальной форме.

Это свойство используют для получения плотного соединения фторопласта-4 с металлом, для чего тефлон запрессовывают между металлическими частями при низкой температуре.

Вводя наполнители (графит, асбест, стеклянное волокно, коксовую пыль и др.), можно улучшить некоторые механические свойства фторопласта-4. Так, сопротивление деформации под давлением увеличивается в 10 раз, прочность при изгибе — в 4—5 раз, теплопроводность в 5—10 раз, прочность при сжатии — в 3—4 раза, твердость — на 10%. Преимуществом фторопласта-4 сравнительно с другими материалами является значительное сопротивление истиранию, которое особенно велико в смесях фторопласта-4 с силикатами, стеклянной тканью, графитом и др. Фторопласт-4 со стеклянным наполнителем успешно применяется в качестве материала для подшипников. Рабочий зазор при этом должен быть в два раза больше, чем в металлических подшипниках, что обусловлено высоким коэффициентом теплового расширения.

Фторопласт-4 можно применять в лакокрасочной промышленности в качестве компонентов для жаростойких лаков, не изменяющихся при нагревании до 400°.

Наряду с широким применением фторопласта-4 в химической, пищевой, электротехнической и других отраслях промышленности его можно использовать в ядерной технике в качестве изолятора, на который бомбардировка электронами почти не оказывает влияния.

Из фторопласта-4 можно изготавливать прозрачные пленки. Одно из уникальных свойств этих пленок заключается в том, что они сохраняют эластичность при низких температурах вплоть до —100°.

Интересные результаты дали опыты по использованию фторопласта-4 в хирургии. При операциях на трахеях из фторопласта-4 изготавливались заплатки, которые после вшивания их в трахею хорошо приживались.

Фторопласт-3 получается в результате полимеризации трифторхлорэтилена.

Фторопласт-3 менее устойчив термически, чем фторопласт-4. Он разлагается при нагревании до температуры 300—315°. В химическом отношении фторопласт-3 также менее стоек. Его разрушает, например, хлорсульфоновая кислота при нагревании, а также щелочи, фтор и высокопроцентный олеум. Фторопласт-3 растворяется в некоторых органических растворителях (бензол, толуол, ксилол, четыреххлористый углерод).

Несмотря на то, что фторопласт-3 уступает фторопласту-4 в термической и химической стойкости, он все же значительно устойчивее других пластических масс.

Фторопласт-3 обладает высоким удельным объемным электрическим сопротивлением и хорошей электрической прочностью. Так как он не смачивается водой и не набухает в ней, то его диэлектрические свойства не меняются в условиях повышенной влажности.

Основные области применения фторопласта-3 те же, что и для фторопласта-4.

Кремнийорганические полимеры

Особый класс высокомолекулярных соединений представляют кремнийорганические полимеры. Они могут рассматриваться, как органические производные силикатов. Разница между силикатами и кремнийорганическими полимерами заключается в том, что в последних атомы кремния частью своих валентностей связаны с углеводородными радикалами, в то время как в силикатах атомы кремния всеми своими валентностями соединены с атомами кислорода.

Характерной чертой неорганических силикатов является большая термическая устойчивость. Так, например, кварц плавится при 1710° и закипает без разложения при 2590°. Высокая термическая устойчивость, хотя и не столь ярко выраженная, характерна и для кремнийорганических полимеров. В этом отношении им нет равных среди любых других органических высокополимеров.

Кремнийорганические полимеры используются для производства пластических масс, защитных покрытий, а также каучукоподобных материалов, называемых силиконовыми каучуками.

Силиконовые каучуки по своим свойствам аналогичны обычной резине и могут применяться для изготовления изделий, используемых при очень низких или очень высоких температурах. Силиконовые каучуки способны сохранять эластичность в пределах от -70° до $+400^{\circ}$, а при $+250^{\circ}$ исправно служить длительное время. Силиконовые каучуки и пластические массы отличаются хорошими электроизолирующими свойствами. На их основе создается возможность изготовления изоляции электрических проводов, отличающейся легкостью и высокой термостойкостью.

Известным недостатком силиконовых каучуков является их недостаточная устойчивость к действию таких жидкостей, как авиационное горючее, смазочные материалы, эфиры кремневой кислоты, используемые в качестве гидравлических жидкостей, эфирные масла и др.

Эти недостатки, однако, можно устранить, если ввести в силиконовый каучук фтор. Фторсиликоновый каучук сочетает свойства фторуглеродных пластмасс (типа тефлона) и силиконового каучука. Такой каучук пригоден для изготовления уплотнительных колец и прокладок топливных баков, гидравлических систем, смазочных систем, а также для различных уплотнительных деталей люков, убирающихся шасси, смотровых стекол, воздухопроводов, диафрагм авиашлангов и др.

Получены прозрачные разновидности силиконовых каучуков, например так называемый «силастик К».

Прозрачный силиконовый каучук найдет широкое применение в тех областях техники, где от материала требуется сочетание эластичности, прозрачности и термостойкости. Так, он может применяться для замены обычной пластмассовой прослойки ветровых стекол сверхзвуковых самолетов. Обычно применяемая пластическая масса (поливинилбутираль) не выдерживает температур, возникающих при полетах на больших скоростях. При 83° прослойка становится мягкой, теряет сопротивление к сдвигу и в ней образуются пузырьки. При -53° эта прослойка становится такой же хрупкой, как и стекло. Как при высоких, так и при низких температурах она не препятствует рассыпанию

разбитого слоистого стекла. Использование «силастика К» в качестве прослойки обеспечивает прочность и прозрачность ветровых стекол от -53° до $+177^{\circ}$.

Следует отметить, что оптические свойства «силастика К» настолько хороши, что он остается прозрачным в любой части спектра.

Ценные качества кремнийорганических полимеров обуславливают и в еще большей мере будут определять в будущем их широкое техническое применение. Этому способствует также то обстоятельство, что производство кремнийорганических полимеров обеспечено широкой сырьевой базой, так как кремний является третьим по распространенности элементом (после кислорода и водорода); его содержание в земной коре составляет 16,7%.

Следует отметить, что в связи с проблемой синтеза термостойких материалов, наряду с работами в области кремнийорганических соединений, все больший интерес приобретают металлоорганические и неорганические полимеры, содержащие в своем составе бор, азот, титан, свинец, олово, алюминий и другие элементы.

«Привитые» полимеры (графт-полимеры)

Огромное значение для получения новых ценных синтетических материалов имеет недавнее открытие «п р и в и т ы х» полимеров. Сущность этого открытия заключается в следующем. Если взять два различных высокомолекулярных соединения, например полистирол и бутадиеновый каучук, растворить их в органическом растворителе, а затем подвергнуть энергичному облучению (или нагреванию до достаточно высокой температуры), то макромолекулы обоих высокомолекулярных соединений распадаются, а образовавшиеся осколки молекул, связываясь друг с другом, образуют новое высокомолекулярное соединение.

Чаще всего осколок молекулы одного вещества привязывается к тому месту молекулы второго вещества, которое ранее занимал атом водорода. В результате получается ответвление от главной цепи атомов. Один полимер как бы прививается к другому. Можно привить полиакрилонитрил к клетчатке, крахмал к клетчатке и т. п.

В результате «прививки» образуются новые материалы, очень часто соединяющие в себе лучшие качества исходных.

В настоящее время исследования «привитых» полимеров только начинаются. Однако уже сейчас ясно, что материалы этого типа имеют большое будущее.

В известной мере аналогичны привитым полимерам так называемые б л о к - п о л и м е р ы. Они получаются в результате механического растирания смеси двух полимерных веществ. При этом молекулы полимерных веществ разрываются, а их обрывки вновь связываются друг с другом так, что новая молекула состоит из нерегулярно чередующихся фрагментов.

4. СИНТЕТИЧЕСКИЕ КРАСИТЕЛИ

Менее ста лет назад для крашения тканей применялись исключительно природные красители, получаемые из растений и некоторых животных организмов: карминовая кислота, кермес, «тирский пурпур», ализарин, индиго и др.

К а р м и н о в а я к и с л о т а — это красный краситель, содержащийся в кошенили (так называют высушенные тела самок насекомых, которые живут на некоторых видах кактусов в Мексике).

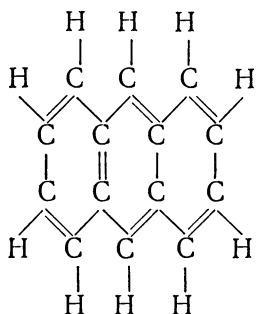
Краситель к е р м е с широко применялся в древности под названием «венецианского алого». Это — также высушенные тела определенного рода насекомых.

Драгоценная краска древности т и р с к и й п у р п у р готовилась из особой породы морских моллюсков. Добыча пурпура требовала огромного труда. Для получения только одного грамма пурпура нужно было добыть и переработать около восьми тысяч моллюсков. Римские патриции, покупавшие пурпур у финикийян, окрашивали им свои тоги. Существовал закон, по которому пурпурные одежды разрешалось носить только высшим сановникам. Ношение пурпурных одежд другими римлянами запрещалось под страхом смертной казни.

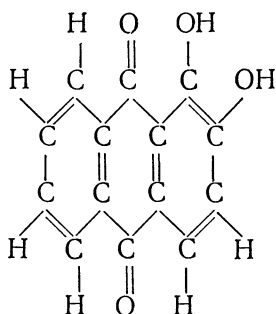
До середины прошлого столетия одним из наиболее распространенных способов окрашивания тканей было окрашивание с помощью растения, называемого к р а п п о м или м а р е н о й. При этом получали разнообразнейшие окраски, главным образом красивого красного цвета. Марену разводили на юге Европы, в Малой Азии и в других местах. Культурой марены были заняты большие площади плодородной земли. Растение требовало ухода и обработки,

и крашение с помощью марены стоило дорого. Необходимо было найти замену марене.

В 1868 году было установлено, что основное красящее вещество марены — а л и з а р и н — по своему химическому строению подобно а н т р а ц е н у, получаемому при перегонке каменного угля:



Антрацен



Ализарин

Это сходство навело химиков на мысль получить ализарин искусственным путем из антрацена. Синтез был осуществлен окислением антрацена, обработкой полученного продукта серной кислотой, а затем сплавлением со щелочью.

Природный а л и з а р и н уже не мог конкурировать с искусственным, и разведение марены прекратилось во всем мире.

Известный с древнейших времен синий краситель и н д и г о издавна добывался в Индии из сока некоторых растений. Сок этих растений сам по себе бесцветен, но под влиянием кислорода воздуха содержащееся в нем вещество окисляется и образуется синий краситель. Индиго справедливо называли «королем красителей»: оно дает великолепную синюю окраску с легким красноватым оттенком и чрезвычайно устойчиво по отношению к действию света и воздуха, кислот и щелочей, а также к усиленной стирке с мылом; такая стойкость очень редко встречается у других красителей.

В 1800 году французский император Наполеон объявил премию в один миллион франков за открытие способа получения синтетического и н д и г о. Однако синтез индиго удалось осуществить в производстве лишь много позднее. В конце 80-х годов прошлого столетия был разработан

лабораторный способ получения индиго из нафталина или бензола, получаемых в больших количествах из каменноугольной смолы. В самом конце прошлого столетия был найден и технически выгодный способ синтеза индиго.

В 1910 году искусственное индиго покрывало уже 85 % мировой потребности в этом красителе, а через несколько лет и все 100 %.

В результате бурного развития органического синтеза за какие-нибудь 50—60 лет природные красители были целиком вытеснены синтетическими. Все ткани, которыми мы пользуемся, вся наша одежда окрашены исключительно искусственными красителями.

Самыми многочисленными и распространенными синтетическими красителями являются а з о к р а с и т е л и. Основным исходным продуктом для их синтеза служит а н и л и н, получаемый по способу Зинина. По богатству оттенков, простоте изготовления и дешевизне азокрасители превосходят все остальные. Не менее 90 % наших тканей окрашивается азокрасителями.

В настоящее время известно несколько десятков тысяч азокрасителей. А н и л и н о в ы й ж е л т ы й, а н и л и н о в ы й ч е р н ы й, о р а н ж е в ы й I и II, п р о ч н ы й к р а с н ы й А, к о н г о - к р а с н ы й, н а ф т о л о в ы й с и н е - ч е р н ы й, в и к т о р и я - ф и о л е т о в ы й — все это азокрасители.

Одними из самых ценных являются и н д и г о и д н ы е к р а с и т е л и — родственники индиго, дающие прочные красивые выкраски. К ним относится и тирский пурпур; теперь он стал дешевым красителем.

Обширный класс составляют так называемые т р и - ф е н и л м е т а н о в ы е к р а с и т е л и. Сырьем для их синтеза служат анилин, фенол, нафталин и некоторые другие вещества. Вот некоторые из таких красителей.

А у р а м и н — краситель желтого цвета. Он употребляется в больших количествах для крашения бумаги, кожи, искусственного шелка, для получения лаковых красок.

К р и с т а л л и ч е с к и й ф и о л е т о в ы й (кристаллвиолет) служит для крашения хлопка, искусственного шелка, кожи, для изготовления фиолетовых чернил и «химических» карандашей.

Ф л у о р е с ц е и н дает в присутствии щелочей интенсивное зеленовато-желтое окрашивание. Даже если в

40 тоннах воды растворен только один грамм флуоресцеина, окраску легко можно обнаружить на глаз.

Благодаря такой сильной красящей способности флуоресцеина им пользуются для установления пути подземных вод. Приведем пример. В Швабской Юре часть вод Дуная уходит через пористое известняковое дно. Предполагали, что эта вода появляется 11 километрами южнее, близ местечка Аах, где из-под земли выходит река, впадающая в Боденское озеро. Для проверки этого в Дунай в том месте, где вода исчезает в горной породе, был пущен раствор флуоресцеина. Вскоре было обнаружено, что вблизи Ааха вытекает окрашенная вода. Так было доказано, что эта река питается водами Дуная.

Флуоресцеин является исходным материалом для получения целой группы красящих веществ. Среди них — тетрабромфлуоресцеин. Калиевая соль этого вещества — эозин — употребляется для окраски шерсти и шелка в прекрасный розовый цвет.

Синтез ализарина явился отправной точкой для искусственного получения ряда сходных по своему строению ализариновых красителей.

Ализариновые красители окрашивают ткани в оранжевый, каштановый, синий, черный и другие цвета.

Одними из самых интересных красителей являются так называемые индантrenoвые красители: краситель синего цвета индантрен, применяемый для крашения хлопка и искусственного шелка; желтый краситель флавантрен; великолепные красители фиолетового оттенка — виолантрон и изовиолантрон. Первым был синтезирован индантрен из антрацена. Он так сильно напоминал индиго, что его называли «индигоизантрацен». Из этих двух слов и произошло название индантрена.

Ткани, выкрашенные любыми красителями, спустя некоторое время тускнеют и в известной мере теряют свою первоначальную окраску. Если же ткань выкрасить индантреновым красителем, этого не произойдет: индантреновые красители обладают удивительной прочностью. По своей долговечности они превосходят даже самые ткани. Более того, они способны выдерживать действие активных химических веществ при такой высокой температуре, при которой любая ткань мгновенно разрушается. Можно нагреть индантрен на воздухе до 470° — он не изменится. Можно

бросить его в расплавленную щелочь, нагретую до 300° , — индантрен выдержит и это испытание. Не поддается он и действию крепкой соляной кислоты, которая в течение нескольких минут «прожигает» любую ткань. Даже если поместить индантрен вместе с соляной кислотой в замкнутый сосуд и нагреть эту смесь до 400° , то и в этом случае индантрен не разрушится.

Такой же необычайной прочностью обладают и другие красители этого класса. Ничего подобного не знает природа!

Несомненно, индантреновые красители имеют большое будущее в народном хозяйстве.

Царская Россия не имела собственной анилинокрасочной промышленности. В стране существовало только 17 небольших филиалов германских и швейцарских заводов, перерабатывавших на красители импортные промежуточные продукты и ревниво охранявших свои производственные секреты.

Советское правительство создало мощную отечественную анилинокрасочную промышленность, вырабатывающую десятки тысяч тонн самых различных красителей.

5. ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА

Медицинская химия возникла очень давно. Но лишь за последнее столетие в этой области достигнуты такие успехи, которые затмили все, что было сделано раньше.

Начало этому было положено открытием а л к а л о и д о в — сложных веществ растительного происхождения, содержащих азот. Первый из них — м о р ф и й — был получен в 1817 году. Теперь многие из алкалоидов употребляются в медицине и известны почти каждому. Это — х и н и н — средство против малярии, м о р ф и й — снотворное и болеутоляющее, а т р о п и н — вещество, расширяющее зрачок, к о к а и н — обезболивающее средство и др.

Алкалоиды, даже в самых незначительных количествах, оказывают сильнейшее действие на организм человека.

По своему химическому строению алкалоиды весьма сложны. Поэтому их исследование, а особенно синтез — очень трудная задача. В этом отношении характерна история синтеза хинина

Алкалоид х и н и н был выделен из коры хинного дерева в 1820 году. Через 28 лет был определен его состав: $C_{20}H_{24}N_2O_2$. Потребовалось 60 лет, чтобы установить, как связаны 48 атомов, образующих молекулу хинина. И только в 1944 году удалось осуществить полный синтез хинина.

Синтезированы также н и к о т и н, а д р е н а л и н, а т р о п и н, к о к а и н, к о ф е и н, с т р и х н и н и другие алкалоиды.

Ценные лечебные свойства алкалоидов побудили химиков-органиков синтезировать ряд заменителей, более простых по своему строению, но обладающих лечебными свойствами природных алкалоидов.

Так, в качестве искусственных противохолерачных средств были получены а н т и п и р и н, ф е н а ц е т и н и п и р а м и д о н. Последний также оказался великолепным средством от головной боли. Особенно удачным заменителем хинина оказался а к р и х и н. В настоящее время синтезированы десятки новых противомаларийных препаратов.

Выше мы упоминали о м о р ф и и. Введение его под кожу больного в качестве снотворного, успокаивающего средства явилось огромным шагом вперед в истории медицины. Однако многократное применение морфия может принести серьезный вред организму. В связи с этим было сделано много исследований для отыскания подходящей замены. Первым заменителем морфия был х л о р а л ь, получаемый в настоящее время из этилового спирта и хлора. В дальнейшем удалось синтезировать ряд других прекрасных снотворных веществ — в е р о н а л, с у л ь ф о н а л, л ю м и н а л и другие.

Были также синтезированы снотворные вещества, вызывающие столь глубокий сон (наркоз), что больной ничего не чувствует даже во время самой тяжелой операции. Первым таким глубоко усыпляющим средством был э т и л о в ы й или с е р н ы й э ф и р, вещество, легко получаемое из спирта действием серной кислоты. Эфир стал применяться во время операций с середины прошлого столетия. В России его первым применил знаменитый хирург Н. И. Пирогов.

Иногда вместо эфира для наркоза применяют х л о р о ф о р м — жидкость со сладковатым запахом, получаемую из спирта и хлорной извести. Однако главным наркотическим средством остается эфир.

Морфий, эфир, хлороформ и другие наркотические вещества позволяют производить хирургические операции безболезненно.

В распоряжении врачей теперь имеются также вещества, обеспечивающие быстрое заживление ран. Это — так называемые **а н т и с е п т и к и**.

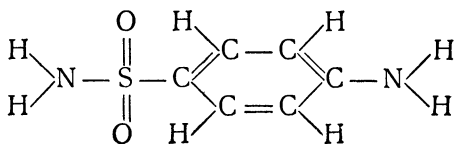
Во время операций микробы, попадая в раны, могут вызывать нагноения и тяжелые общие заболевания. Поэтому врачи уже 80 лет назад стали убивать микробы, попадающие в раны, с помощью дезинфицирующих веществ, или антисептиков. Вначале для этой цели применялась **к а р б о л о в а я к и с л о т а**, а теперь — **с п и р т**, **и о д о ф о р м**, различные эфирные масла, **р и в а н о л** и **б е л ы й с т р е п т о ц и д**, о котором речь будет идти далее.

Даже в тех случаях, когда бактерии уже оказывают вредное действие на организм, современная медицинская химия предоставляет большие возможности для лечения. Так, например, с помощью некоторых синтетических красителей — **ф у к с и н а**, **м е т и л в и о л е т а**, **м а л а х и т о в о й з е л е н и** — удастся убить в крови человека страшного возбудителя сонной болезни.

Огромное значение имело открытие так называемых **с у л ь ф а м и д н ы х** препаратов. Введение их в лечебную практику революционизировало современную медицину.

В 1935 году стало известно, что текстильная краска **п р о н т о з и л** действует на болезнетворные микробы в организме человека. Это был первый сульфамидный препарат. Другое его название — **к р а с н ы й с т р е п т о ц и д**.

В 1937 году в качестве самостоятельного препарата был применен полупродукт синтеза красного стрептоцида — **б е л ы й с т р е п т о ц и д**. Белый стрептоцид оказался более эффективным, чем красный, не только по силе действия, но и по разнообразию излечиваемых заболеваний. Далее было установлено, что красный стрептоцид в организме человека превращается в белый; последний и действует на микробы. Молекула белого стрептоцида имеет следующее строение:



Химическое название белого стрептоцида — с у л ь ф а н и л а м и д. Отсюда и произошло название производных белого стрептоцида — с у л ь ф а м и д н ы е препараты. Заменяя атомы водорода, находящиеся при атомах азота, различными группами атомов, можно получать большое разнообразие сульфамидных препаратов. В настоящее время их число превысило 4000. В лечебную практику пока вошло не более 20.

Широко известно вещество, представляющее собой сочетание белого стрептоцида и пиридина. Это — с у л ь ф и д и н. Он синтезирован в 1937 году. Сульфидин — исключительно эффективное средство при лечении воспаления легких и некоторых других болезней. Недостатком его является известная токсичность (ядовитость), что, впрочем, свойственно и многим другим сульфамидным препаратам. В их молекулах имеется анилиновая группировка атомов, а анилин — сильный яд. Тем не менее, сульфамидные препараты удовлетворительно переносятся человеком в относительно больших количествах.

В н о р с у л ь ф а з о л е и с у л ь ф а д и а з и н е с молекулой белого стрептоцида связаны отдельные части молекулы витамина В₁. Оба эти препарата обладают столь же высокой эффективностью, как и сульфидин, однако они значительно менее токсичны. Подобными свойствами обладает и с у л ь ф а з о л.

Особую группу сульфамидных препаратов представляют соединения, предназначенные главным образом для лечения желудочно-кишечных инфекционных заболеваний: дизентерии, колита и др. К ним относятся п р е п а р а т АСГ и с у л ь г и н, не оказывающие вредного действия на организм, а также у л и р о н и д и с у л ь ф а н. Дисульфан принят в нашей стране как одно из лучших противодизентерийных средств; кроме того, он применяется при лечении воспаления легких у детей, туляремии и некоторых других заболеваний. По своему химическому строению молекула дисульфана представляет собой сочетание двух молекул белого стрептоцида.

В истории науки мало таких больших по своему значению открытий, как открытие сульфамидных лекарственных препаратов. Благодаря сульфамидным препаратам смертность от ряда опасных инфекционных заболеваний резко сократилась.

В последнее время неожиданно обнаружилось, что еще более мощные средства для уничтожения микробов могут быть изготовлены при помощи самих же микробов.

Еще выдающийся русский ученый И. И. Мечников высказал мысль, что борьба между различными видами микробов может быть использована для лечения заразных болезней. Он же предложил использовать молочнокислые бактерии, находящиеся в простокваше, для борьбы с вредными гнилостными бактериями, населяющими кишечник человека.

Микробы, вырабатывающие лекарства, находятся повсюду: в земле и в воздухе. Нужно только открыть их.

Медики уже давно предполагали, что некоторые виды плесени, которые представляют собой огромные скопления микроорганизмов, имеют лечебные свойства. Однако долгое время в этой области правда была перемешана с вымыслом. Так, например, лондонский аптекарь Паркинсон в 1640 году писал: «Плесень, вырастающая на черепах людей, долгое время пролежавших в различных склепах, обладает замечательным свойством заживлять раны без местного употребления каких-либо мазей. Однако было замечено, что помогает только такая плесень, которая взята с черепов людей, повешенных или казненных за преступление».

Русские ученые Манассеин и Полотебнов еще в 1868—1871 годах сообщили о лечебных свойствах зеленой плесени, называемой п е н и ц и л л и у м. Позднее, в тридцатых годах XX века, из этой плесени было выделено активное вещество, названное п е н и ц и л л и н о м. С начала сороковых годов началось использование пенициллина в медицине, и сразу же выяснилась огромная ценность этого вещества. Пенициллин излечивает гнойное заражение крови, газовую гангрену и другие тяжелые заболевания и безвреден для человеческого организма.

Химики-органики установили строение пенициллина и в самое последнее время синтезировали его.

При тифах, дизентерии, туберкулезе пенициллин не помогает. Однако уже найдены другие а н т и б и о т и к и (так называют лекарственные вещества, вырабатываемые микробами), излечивающие и эти заболевания.

Так, в 1938 году из некоторых видов грибковой плесени было выделено вещество а с п е р г и л л и н, активно действующее на тифозные микробы, а также излечивающее самые упорные желудочно-кишечные заболевания.

В 1944 году был открыт с т р е п т о м и ц и н. Он излечивает некоторые виды туберкулеза.

Ценнейшими лечебными свойствами обладают также г р а м и ц и д и н С (С — советский), открытый советскими учеными Г. Ф. Гаузе и М. Г. Бражниковой в 1942 году, с у б т и л и н, э р и т р и н, т и р о т р и ц и н, т е р р а м и ц и н, а у р е о м и ц и н и др. Все эти антибиотики пока еще получают биохимическим путем, с помощью соответствующих плесеней.

Антибиотик с и н т о м и ц и н, являющийся превосходным средством против дизентерии, является в настоящее время единственным антибиотиком, который получается в промышленных масштабах путем синтеза.

В 1928 году советский биолог Б. П. Токин открыл ф и т о н ц и д ы — антибиотики растительного происхождения.

Установлению строения различных антибиотиков химики уделяют сейчас большое внимание. Нет сомнения, что в недалеком будущем человек научится синтезировать все эти вещества, и антибиотики станут столь же распространенными и доступными лекарственными веществами, как и сульфамидные препараты.

6. СИНТЕТИЧЕСКИЕ ДУШИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Важнейшие природные душистые вещества находятся во многих цветах. Эти вещества можно получить из цветов путем перегонки их с водяным паром. Таким путем, например, добывают розовое масло из роз. Из хвойных деревьев можно получить камфору, различные терпены (вид углеводов) и другие душистые вещества.

Еще 50 лет назад парфюмерная промышленность пользовалась исключительно природными душистыми веществами. Сейчас широко применяются синтетические душистые вещества.

Из бензола и его производных синтезированы многие приятно пахнущие вещества: а н е т о л — вещество с запахом анисового масла, м е н т о л — с запахом мяты, т и м о л — с запахом тимьянового масла.

Вещество с запахом свежего сена — к у м а р и н, встречающееся в растениях (например, в яминнике), теперь получают исключительно с помощью органического синтеза. В а н и л и н — ароматическое вещество

ванили — синтезируют из некоторых соединений, находящихся в соке хвойных деревьев. Из скипидара получают **те р п и н е о л**, обладающий запахом сирени.

Синтетическим путем можно получать также **э в г е н о л** — масло с сильным запахом гвоздики, **г е л и о т р о п и н** — пахучее вещество гелиотропа, **и о н о н** — душистое вещество фиалки, **к о р и ч н ы й а л ь д е г и д**, содержащийся в коричном масле, и многие другие.

В настоящее время парфюмерная промышленность использует в качестве душистых веществ смеси различных химических соединений. Такими смесями являются, например, розовое, ландышевое и фиалковое масла.

Некоторые синтетические душистые вещества не имеют ничего общего со встречающимися в природе одноименными веществами и получили свое название только вследствие сходства по запаху с природными веществами. Так, например, нитробензол назван горькоминдальным маслом (идет для отдушивания туалетного мыла); **а м и л о в ы й э ф и р у к с у с н о й к и с л о т ы** — грушевой эссенцией; **э т и л о в ы й э ф и р м а с л я н о й к и с л о т ы** — ананасной эссенцией и т. д.

Ряд душистых веществ готовится из жирных кислот. Помимо грушевой и ананасной эссенций, сюда, например, относятся амиловый эфир изовалериановой кислоты — апельсиновая эссенция и изоамиловый эфир изовалериановой кислоты — яблочная эссенция. Ими пользуются главным образом для того, чтобы придать аромат прохладительным напиткам, конфетам и искусственным винам.

Известны природные душистые вещества животного происхождения. Одними из самых редких и дорогих таких продуктов являются **м у с к у с и ц и б е т**.

М у с к у с — это темное порошкообразное вещество с сильным запахом. Его добывают из железы самца кабарги — маленького дикого животного из породы коз, встречающегося в горных областях Азии. Ежегодно убивают около 60 000 этих животных, добывая из них около 2000 килограммов ценного мускуса. Вещество, обуславливающее запах мускуса, называется **м у с к о н о м**. Оно содержится в мускусе в количестве около 1%.

Ц и б е т приблизительно в три раза дешевле мускуса. Он добывается из африканских циветт — животных из породы кошек. Запах цибета обусловлен находящимся в нем веществом — **ц и б е т о н о м**.

Около двадцати лет назад были установлены состав и строение мускона и цибетона. Оказалось, что углеродные скелеты и молекулы мускона и молекулы цибетона построены кольцеобразно, только в мусконе кольцо состоит из 15 атомов, а в цибетоне — из 16. Вскоре мускон и цибетон были синтезированы швейцарским химиком Л. Ружичкой. Вместе с тем был синтезирован ряд других веществ, обладающих сходным строением. И вот что интересно: в зависимости от числа углеродных атомов в кольце изменяется и запах полученных веществ. Если кольцо включает пять углеродных атомов, то вещество обладает запахом горького миндаля, шесть — мяты, 7—9 — камфоры, 10—13 — кедра, 14—15 — мускуса. При дальнейшем увеличении числа углеродных атомов запах уменьшается и, наконец, исчезает совсем.

7. БОРЬБА С ВРЕДНЫМИ НАСЕКОМЫМИ

Многие жуки, тли, черви, гусеницы и бабочки наносят неисчислимый вред земледелию. Они могут уничтожить на корню до 10% ржи, пшеницы, ячменя, кукурузы. Из тонны урожая овощей личинки мух, различные блошки и слизняки могут уничтожить до 200 килограммов. Вредители иногда почти вдвое снижают урожай плодов и ягод. Колорадский жук может полностью уничтожить урожай картофеля, а саранча — посевы самых различных культур.

В борьбе с этими страшными вредителями большую помощь оказали химики.

Человеку издавна были известны некоторые способы борьбы с вредителями сельского хозяйства. Еще в древности ученые предлагали различные методы борьбы с ними. Так, в 470 году до нашей эры Демокрит писал, что растения нужно опрыскивать настойкой из жмыхов маслин, чтобы предотвратить заражение мучнистой росой. Плиний советовал протравливать семена, погружая их в вино с добавлением толченых листьев кипариса.

В 1864 году в Ирландии картофель погибал от грибка, называемого картофельной гнилью. В то же время было обнаружено, что картофельные поля, расположенные вблизи медеплавильных заводов, совершенно не пострадали от этой болезни. Газы, выбрасываемые из труб медеплавильных заводов, содержали соединения серы и меди. С тех пор для борьбы с вредителями сельского хозяйства стали успеш-

но применять препараты, содержащие серу и медь. Один из таких препаратов применяется и до настоящего времени. Это — смесь медного купороса с известью — б о р д о с с к а я ж и д к о с т ь. В дальнейшем для той же цели стали использовать соединения мышьяка, например п а р и ж с к у ю з е л е н ь — соединение уксусноокислой меди и мышьяковистоокислой меди.

Для борьбы с вредителями полей применяются и некоторые алкалоиды, например н и к о т и н и а н а б а з и н. Особенно ценным является анабазин. В 1930 году он был выделен из сорного растения Средней Азии «анабазис афилла» советскими химиками А. П. Ореховым и Г. П. Меншиковым. Простота выделения анабазина и доступность исходного сырья дают возможность получать много тонн этого ценного алкалоида ежегодно.

Анабазин применяется в виде его серноокислой соли — а н а б а з и н с у л ь ф а т а.

В последние годы в Советском Союзе и за границей получен ряд сильнейших и н с е к т и с и д о в (так называются вещества, применяемые для борьбы с насекомыми).

Один из них — г е к с а х л о р а н. Его получают при действии хлора на бензол при освещении ртутной лампой. Гексахлоран дешев и может быть получен в огромных количествах.

Пшеница, зараженная опасным вредителем — долгоносиком, после обработки порошком гексахлорана уже через трое суток не содержит ни одного живого насекомого. На тонну зерна нужно всего 100 граммов этого препарата. Одного грамма вещества достаточно, чтобы очистить от мух большое помещение. С помощью этого препарата можно уничтожать комаров, вшей, клопов и других насекомых. Гексахлоран является одним из самых лучших инсектисидов. Единственным его недостатком является неприятный устойчивый запах.

Известно большое количество инсектисидов. Особенно много их получено, начиная с 1945 года.

Упомянем о другом распространенном инсектисиде — так называемом ДДТ (сокращенное обозначение вещества, имеющего сложное химическое название — дихлордифенилтрихлорэтан). Синтез ДДТ сложнее, чем синтез гексахлорана, однако для этого берутся также дешевые продукты — этиловый спирт и бензол. ДДТ убивает любых насекомых. Проводились опыты с ДДТ по опылению лесистых островов

с самолетов. После этого даже неделю спустя на островах не было обнаружено ни одного насекомого.

ДДТ, как и гексахлоран, обычно употребляется не в чистом виде, а в смеси с тальком и другими веществами, в виде растворов в растительных маслах, керосине или в виде жидкой водной кашицы. В отличие от гексахлорана ДДТ почти лишен запаха.

Ценным свойством гексахлорана и ДДТ является их относительная безвредность по отношению к человеку. Оба эти инсектисиды за короткое время завоевали всеобщее признание.

Еще более эффективными оказались инсектисиды, относящиеся к классу фосфорорганических соединений. Некоторые из них в десятки раз сильнее ДДТ. Фосфорорганические инсектисиды уже сейчас применяются для защиты растений во всем мире. В настоящее время проводятся широкие исследования по изысканию новых инсектисидов. О масштабах этих работ можно судить по тому, что только за последние годы опубликованы результаты испытания инсектисидных свойств более чем 25 000 соединений. Советский Союз имеет первоклассно налаженное производство инсектисидов и обладает большим опытом борьбы с вредителями сельского хозяйства.

Советское государство неоднократно помогало соседним странам, например Ирану и Афганистану, в борьбе с саранчой.

Важное значение зачастую могут иметь вещества, отпугивающие насекомых, так называемые репелленты. Такими свойствами обладают, например, эфиры фталевой кислоты (диметилфталат и дибутилфталат), а также ряд других соединений. В этом направлении также проводятся интенсивные исследования.

8. СТИМУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ

Уже давно было замечено, что некоторые химические вещества влияют на скорость развития растений. Достаточно, например, присутствия в воздухе незначительных количеств светильного газа, чтобы ускорить созревание помидоров.

Первым органическим веществом, ускоряющим рост растений, выделенным в чистом состоянии, была бетаиндолилуксусная кислота; обычно ее

называют гетероауксином. Сейчас гетероауксин легко получают синтетическим путем.

Достаточно выдержать черенки растений перед их посадкой в почву в водном растворе гетероауксина (несколько тысячных долей грамма на литр воды), чтобы растение хорошо прижилось на почве и росло быстрее своих соседей, которые не были подвергнуты такой обработке.

В настоящее время синтезировано большое число стимуляторов роста растений. Большинство из них родственно известным нам продуктам перегонки каменноугольной смолы — нафталину и антрацену. Действие этих веществ на растения проявляется в разнообразной форме. Большая часть их ускоряет рост растений и созревание плодов, причем одни действуют преимущественно на корневую систему, а другие — на стебель и листву.

Интересное применение нашел стимулятор роста растений, называемый 2,4Д, на плантациях каучука в Малайе и Индонезии. При обмазывании стволов каучуконосных деревьев узкой полоской смеси 2,4Д с пальмовым маслом выход латекса возрастает на 60%. Старые деревья при этом снова начинают выделять латекс.

Некоторые стимуляторы роста растений действуют совершенно своеобразно. Так, с их помощью можно, например, вырастить помидоры без семян. Стимуляторы роста растений обычно применяются в виде растворов, которыми опрыскивают овощи, кустарники, деревья.

Еще рано судить о масштабах применения этих средств в будущем. Однако ясно одно: в нашей социалистической стране, стране передового сельского хозяйства, все достижения науки используются для увеличения урожая. Новейшее достижение науки — стимуляторы роста растений — также служит этой задаче.

9. КАК ЗАДЕРЖАТЬ ЦВЕТЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Ранней весной пробуждается природа Крыма. Расцветают знаменитые крымские сады, дающие стране огромное количество фруктов. Но если вдруг наступит хотя бы кратковременное, но резкое похолодание, морозы побьют нежные цветы плодовых деревьев, и не жди тогда крымских яблок, вкусного миндаля, сочной черешни...

Если бы можно было задержать цветение садов хотя бы на неделю!

И здесь органическая химия начинает приходить на помощь сельскому хозяйству. Некоторые синтезированные химиками органические кислоты довольно сложного строения могут замедлять развитие растений. Такие вещества называются гербицидами.

Различные гербициды действуют на растения по-разному. Одни задерживают цветение плодовых деревьев, тормозят развитие почек и листьев, что позволяет уберечь растения от заморозков. Другие тормозят развитие кустарников, позволяя весной удлинять сроки посадки. В горячее весеннее время, в разгар сельскохозяйственных работ, это очень важно. Некоторые гербициды задерживают раннее развитие почек в клубнях картофеля.

Химическое вещество альфа-нафтилуксусная кислота оказывает двойное действие на плодовые деревья: оно, например, задерживает цветение яблонь и препятствует опаданию яблок до их созревания.

Особенно интересны некоторые гербициды, действующие на различные растения избирательно: они уничтожают, например, только широколиственные растения, не затрагивая остальных. Такими гербицидами можно уничтожить сорняки на хлебных полях. Недавно предложено проводить предпосевную обработку семян сахарной свеклы гербицидом, называемым «дэвом». Дэв подавляет в течение 2—3 месяцев после посадки свеклы рост сорняков на свекловичных полях. Он безопасен в обращении.

При уборке хлопка комбайнами листья хлопчатника затрудняют работу. Химики нашли вещества, которые вызывают быстрое опадение листьев. Это — дефолианты. У нас в стране для этой цели применяется цинамид кальция, легко получаемый при прокаливании карбида кальция в атмосфере азота. Имеются дефолианты, вызывающие быстрое уничтожение картофельной ботвы, после чего уборка картофеля может быть быстро проведена машинами.

10. ИСКУССТВЕННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Основными элементами продуктов питания человека и животных являются жиры, углеводы и белки. Можно ли их получить искусственным путем? Если говорить о жирах, то проблему их синтеза можно считать принципиально

решенной. Еще сто лет назад было установлено, что жиры являются сложными эфирами глицерина и органических кислот — стеариновой ($C_{18}H_{36}O_2$), пальмитиновой ($C_{16}H_{32}O_2$), олеиновой ($C_{18}H_{34}O_2$). Так, например, тристеарин — $C_3H_5(OOCC_{17}H_{35})_3$ — является главной составной частью человеческого жира и бараньего сала, трипальмитин — $C_3H_5(OOCC_{15}H_{31})_3$ — главная составная часть пальмового масла. В 1854 году Бертло удалось синтезировать жиры, нагревая глицерин с жирными кислотами. После этого проблема синтеза жиров превратилась в проблему экономически выгодного синтеза исходных веществ — глицерина и жирных кислот.

Впервые промышленный синтез пищевых жиров был осуществлен в Германии в годы второй мировой войны. Глицерин получался из пропилена (см. стр. 28). Жирные же кислоты синтезировались в конечном счете из угля следующим образом. Полученная из угля и воды при высокой температуре смесь окиси углерода и водорода превращалась в смесь углеводородов, называемую синтином (см. стр. 16). Окисление синтина при повышенной температуре в присутствии катализаторов приводит к образованию жирных кислот, необходимых для получения жиров. При нагревании глицерина с кислотами получались жиры. Эти жиры имели одно-единственное отличие от естественных пищевых жиров. Дело в том, что естественные жиры — это продукты соединения глицерина только с такими жирными кислотами, молекулы которых содержат четное число углеродных атомов. Искусственные же жиры получались из смеси кислот, содержащих как четное, так и нечетное число углеродных атомов. К счастью, оказалось, что человеческий организм усваивает эти жиры не хуже естественных. В противном случае проблема промышленного синтеза жиров сильно осложнилась бы.

Полученные описанным выше путем жиры были бесцветны, а по консистенции напоминали сливочное масло. Их подкрашивали в слегка желтоватый цвет и витаминизировали. Таким путем в Германии были изготовлены и употреблены в пищу десятки тысяч тонн заменителей сливочного масла.

История исследований по синтезу углеводов или сахаров также насчитывает почти столетие. Как уже рассказывалось ранее (стр. 8), первый синтез сахаров осуществил А. М. Бутлеров. Полученный им из формальдегида

метилениан, относящийся к классу сахаров, был смесью нескольких сахаристых веществ. Однако эти сахаристые вещества не усваиваются организмом человека. Дело в том, что наш организм может усваивать молекулы сахаров лишь со строго определенным расположением атомов в пространстве. Так, например, из многих десятков моносахаридов состава $C_6H_{12}O_6$ он предпочитает только г л ю к о з у и ф р у к т о з у. Синтетические же сахара́ — это пестрая смесь продуктов самого различного пространственного строения.

Проблема промышленного синтеза веществ с определенным пространственным расположением атомов в молекулах еще ждет своего разрешения.

Временные затруднения с синтезом сахаров еще не означают, что сахара́ в настоящее время вообще не могут быть получены искусственным путем. Химики использовали здесь другой путь. При изучении строения молекулы клетчатки было установлено, что эти молекулы-гиганты состоят из многократно повторяющихся звеньев молекул виноградного сахара (глюкозы).

Возникла естественная идея — разрушить молекулы клетчатки и получить виноградный сахар. Это легко осуществить, нагревая древесину с разбавленными кислотами.

Сложнее всего обстоит дело в настоящее время с проблемой синтеза б е л к о в ы х веществ, имеющих чрезвычайно сложное строение. Здесь лишь намечаются пути подхода к решению этой проблемы.

Установлено, что белковые молекулы (например, альбумин яйца, гемоглобин крови и др.) построены из а м и н о к и с л о т, простейшей из которых является г л и к о к о л — H_2NCH_2COOH . Белки — высокомолекулярные соединения. Для различных белков молекулярный вес колеблется от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч и даже миллионов.

Восемьдесят лет назад А. Я. Данилевский предпринял первые попытки синтеза белков с помощью э н з и м о в (энзимы или ферменты — органические катализаторы, образующиеся в живых организмах и играющие чрезвычайно важную роль в их жизнедеятельности). Данилевский нашел, что энзим п е п с и н не только способен гидролизовать белки (расщеплять их до более простых веществ), но и при определенных условиях выполнять обратную роль, т. е. синтезировать белковообразные вещества из продуктов их

гидролиза. Такие белковоподобные вещества, названные пластинами, имели молекулярный вес от 2000 до 6000.

В наше время производятся попытки синтеза высокомолекулярных соединений, напоминающих белки, при действии ферментов на продукты гидролиза белков под давлением 5000—10 000 атмосфер.

Однако энзиматический синтез белковых веществ является лишь частичным, так как в этом случае в качестве исходных веществ применяются продукты гидролиза самого белка, представляющие собой сложную смесь веществ далеко не выясненного строения.

Возможность синтеза белков химическими методами доказали 50 лет назад немецкие химики Э. Фишер и Абдергальден. Они синтезировали белковоподобные вещества — полипептиды — из аминокислот. Наиболее сложный из синтезированных полипептидов был получен из 19 аминокислот. Нужно, однако, учитывать, что природные белки построены из аминокислот, связанных в строго определенном порядке, причем в каждой из аминокислот атомы расположены в пространстве строго определенным образом.

Вследствие этого при синтезе белковых веществ химическим путем придется преодолеть большие трудности, заключающиеся в том, что из огромного числа возможных изомерных веществ нужно получить именно то, которое требуется. А число возможных изомерных полипептидов поистине огромно. Так, для полипептидов, молекула которых построена из 1000 остатков 20 различных аминокислот (а встречаются и более сложные полипептиды), число возможных изомеров выражается цифрой 2, после которой нужно приписать 1001 нуль (2^{1000}). Для того чтобы уяснить грандиозность этой цифры, достаточно иметь в виду, что число всех атомов, составляющих земной шар, выражается всего лишь единицей с 50 нулями (10^{50}).

Современные знания о белке еще недостаточны для синтеза индивидуальных природных белков. Однако уже разработаны методы синтеза осколков белковой молекулы и намечаются пути их взаимодействия и связывания.

Нужно сказать, что вопрос о получении искусственных питательных белковых веществ в настоящее время отнюдь не является наиболее важным фактором в разработке проблемы синтеза белка.

Синтез белка — это вообще одна из величайших проблем современной науки. Осуществив синтез белка, мы воспроизведем органическую жизнь, так как, по справедливому определению Ф. Энгельса, жизнь от самых низших до самых высших ее форм является не чем иным, как нормальной формой существования белковых тел.

Длительное время считалось, что организм человека и животных для поддержания работоспособности и здоровья нуждается только в жирах, белках и углеводах, а также в небольших количествах минеральных солей. В дальнейшем, однако, было установлено, что организм человека и животных нуждается также в некоторых дополнительных веществах — в и т а м и н а х, которые он сам не может синтезировать. Отсутствие витаминов в пище ведет к ряду тяжелых заболеваний (цинга, рахит, полиневриты, пеллагра и др.). Уже в настоящее время известно более двух десятков различных витаминов.

Отметим некоторые из них. Г р у п п а в и т а м и н о в А. Недостаток этих витаминов вызывает нарушение нормального состояния оболочки глаз (ксерофтальмию), изменение слизистой оболочки носоглотки и бронхов, а также нарушение функций желез пищеварения. Нормальная доза витамина А для человека составляет 3—5 миллиграммов в день. Витамины группы А содержатся в рыбьем жире, яичном желтке, молоке и др. продуктах.

Недостаток г р у п п ы в и т а м и н о в Д вызывает рахит и остеомалляцию. Витамины группы Д содержатся в рыбьем жире, молоке и др. Недостаток в и т а м и н а С (а с к о р б и н о в о й к и с л о т ы) вызывает цингу. Недостаток группы в и т а м и н о в К вызывает кровоизлияния в тканях.

В и т а м и н ы Е (т о к о ф е р о л ы) необходимы для нормального размножения организма.

Недостаток в и т а м и н а B_1 (т и а м и н а) вызывает заболевание, известное в Японии под названием «бери-бери».

Так как ряд витаминов в значительных количествах расходуется в качестве добавки к пищевым продуктам или же применяется в медицине, проблема их синтетического получения чрезвычайно актуальна. Она успешно разрешается. Витамин А синтезируют в производственных масштабах в СССР, Швейцарии, США, Англии и других странах. Изготавливают синтетическим путем также витамины B_1 (тиамин),

B_2 (рибофлавин), витамин РР (никотиновую кислоту) и др. Осуществлены лабораторные синтезы ряда других витаминов.

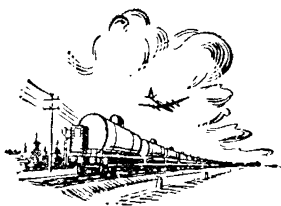
Некоторые витамины (например, витамин B_{12} , оказывающий лечебное действие при злокачественном малокровии) все еще выделяются из природного сырья, однако вопрос их синтеза — вопрос времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достижения современного органического синтеза огромны. Но еще больших успехов в получении искусственных веществ принесет нам ближайшее будущее. Человек научится готовить искусственным путем самые разнообразные, необходимые в повседневной жизни вещи — дешевые продукты питания, красивые и прочные ткани, строительные материалы с разнообразнейшими свойствами и т. д.

Совершенно новые возможности откроются перед органическим синтезом, когда применение атомной энергии в мирных целях, уже начатое в СССР, станет широким. Отпадет необходимость сжигать уголь, нефть и дерево в топках, и все эти продукты смогут целиком пойти для нужд органического синтеза.

При коммунизме все достижения научной и технической мысли будут поставлены на службу всему человечеству.



Цена 1 р. 45 к.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

- Вып. 72. В. А. ЛЕШКОВЦЕВ. Атомная энергия.
Вып. 73. А. Ф. ПЛОНСКИЙ. Радио.
Вып. 74. В. А. ПАРФЕНОВ. Редкие металлы.
Вып. 75. Ф. М. ИВАНОВ и Г. В. БЯЛОБЖЕСКИЙ. Искусственные камни.
Вып. 76. Л. К. БАЕВ. Вертолет.
Вып. 77. Ю. М. БОГДАНОВ. Наука о прочности.
Вып. 78. М. В. БЕЛЯКОВ. Атмосфера.
Вып. 79. С. МОРОЗОВ. Фотография в науке.
Вып. 80. И. А. КАЛИНИН. Катализ.
Вып. 81. К. П. БЕЛОВ. Что такое магнетизм.
Вып. 82. И. Л. ОРЕСТОВ. Холодный свет.
Вып. 83. А. ШТЕРНФЕЛЬД. Межпланетные полеты.
Вып. 84. М. ВАСИЛЬЕВ. Вода работает.
Вып. 85. И. Ф. ДОБРЫНИН. Электроприборы в быту.
Вып. 86. В. П. ЗЕНКОВИЧ. Морское дно.
Вып. 87. А. Ф. ПЛОНСКИЙ. Измерения и меры.
Вып. 88. Л. А. СЕНА. Светящиеся трубки.
Вып. 89. К. Л. БАЕВ и В. А. ШИШАКОВ. Всемирное тяготение.
Вып. 90. Д. Э. ГРОДЗЕНСКИЙ. Атомная энергия — медицине.
Вып. 91. А. А. ЖАБРОВ. Почему и как летает самолет.
Вып. 92. Ф. И. ЧЕСТНОВ. Незримый путеводитель.
Вып. 93. Б. Т. ИВАНОВ и Б. У. БАРЩЕВСКИЙ. Объемные изображения.
Вып. 94. И. А. МЕРКУЛОВ. Газовая турбина.
Вып. 95. Б. В. ФОМИН. Радиоэлектроника в нашей жизни.
Вып. 96. К. В. ЧМУТОВ. Сорбция.
Вып. 97. А. С. БЕРНШТЕЙН. Термоэлектричество.
Вып. 98. Г. С. БОБРОВСКИЙ. Водяной пар.
Вып. 99. Б. С. БЕЛИКОВ. Телеграф и телефон.
Вып. 100. А. И. КРАСНОВ. Волчок.
Ф. М. ИВАНОВ. Вакуум.
Б. Н. СУСЛОВ. Тяжелая вода.