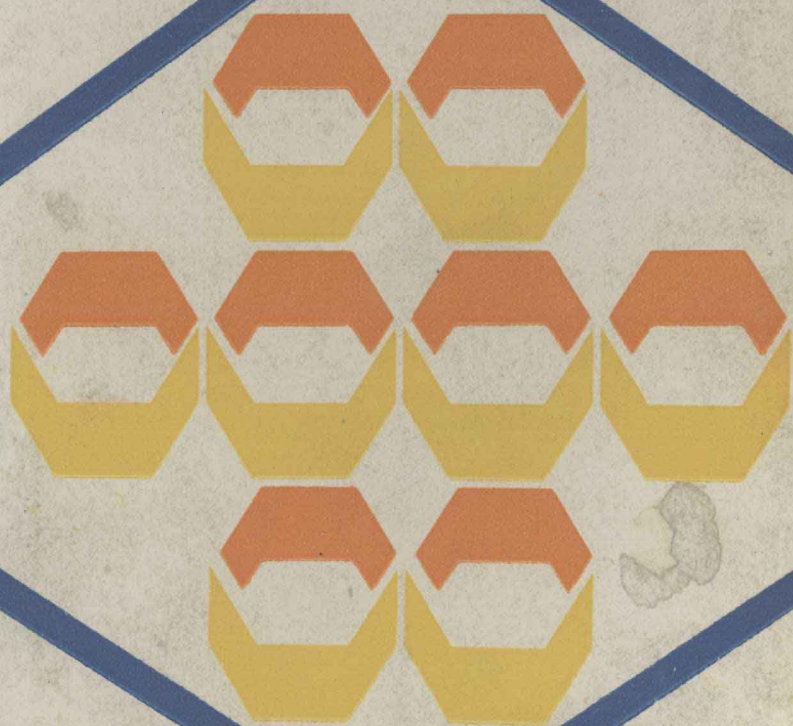


ОСНОВЫ
ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛИМЕРНЫХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ



ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИМЕРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Под общей редакцией
д-ра техн. наук проф. В. М. Хрулева

Изд. 2-е, перераб. и доп.

Допущено Министерством высшего и среднего специального
образования СССР в качестве учебного пособия для студентов
строительных специальностей вузов

МИНСК
«ВЫШЭЙШАЯ ШКОЛА»
1981

ББК 35.719я 73

О-75

УДК 678(075.8)

Авторы: В. М. Хрулев, Г. М. Шутов, С. К. Будько,
Л. М. Безверхая

Рецензенты: кафедра «Органические строительные материалы и пластмассы» МИСИ имени В. В. Куйбышева; В. А. Воскресенский, д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой пластических масс Казанского инженерно-строительного института.

Основы технологии полимерных строительных
О-75 материалов: [Учеб. пособие для строит. спец. вузов/
В. М. Хрулев, Г. М. Шутов, С. К. Будько, Л. М. Без-
верхая]; Под общ. ред. В. М. Хрулева.— 2-е изд.,
перераб. и доп. Мн.: Выш. школа, 1981.— 384 с., ил.

В пер.: 85 к.

В учебном пособии изложены основы технологии полимерных строительных материалов и изделий; кратко освещены общие свойства полимеров и пластмасс; описана технология получения важнейших строительных материалов: синтетического линолеума, плиток, древесных и слонстых пластиков, пенопластов, полимербетонов, пленок, труб. Предназначено для студентов строительно-технологических специальностей вузов.

О 30209—085
М 304(05)—81 91—81 2803090100

ББК 35.719я73
6П7.55

*Валентин Михайлович Хрулев, Геннадий Моисеевич Шутов, Савелий
Корнеевич Будько, Людмила Михайловна Безверхая*

Основы технологии полимерных строительных материалов

Редактор Л. Н. Базулько. Мл. редактор А. П. Берлина. Худож. редактор Ю. С. Сергачев. Техн. редактор П. В. Фрайман. Корректор В. В. Неверко.

ИБ № 864

Сдано в набор 3.11.80. Подписано в печать 24.04.81. АТ 20509. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типогр. № 3. Гарнитура литературная. Усл. печ. л. 20,16. Усл. кр.-отт. 20,48. Уч.-изд. л. 21,08. Тираж 2 500 экз. Зак. 1105. Цена 85 коп.

Издательство «Вышэйшая школа» Государственного комитета БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 220048, проспект Машерова, 11.

Полиграфический комбинат им. Я. Коласа. 220827, Минск, ул. Красная, 23.

© Издательство «Вышэйшая школа», 1981.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основы технологии полимерных строительных материалов изучаются в вузах СССР более пятнадцати лет. Включение этого курса в учебный план строительно-технологической специальности было продиктовано необходимостью обеспечить кадрами развивающуюся промышленность полимерных строительных материалов, а также расширить профиль подготовки инженеров-технологов по производству строительных изделий и конструкций в связи с возросшим применением пластических масс на предприятиях строительной индустрии.

Основателем фундаментальных курсов по технологии строительных материалов из пластических масс, а также организатором ведущей кафедры этого профиля является заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор, доктор технических наук В. А. Воробьев.

В настоящее время в учебных планах специальности 1207 «Производство строительных изделий и конструкций» предусмотрен курс «Технология строительных изделий из полимеров» для студентов, обучающихся по специализации «Производство строительных изделий на основе неорганического сырья», и более обширный курс «Технология строительных материалов и изделий на основе полимеров» для студентов, обучающихся по специализации «Производство строительных изделий на основе полимеров». Кроме того, часть сведений по технологии полимерных материалов студенты строительных вузов получают при изучении курса «Конструкции из дерева и пластмасс» для специальности 1202 «Промышленное и гражданское строительство». Знакомство с технологией полимерных материалов предусмотрено также в специальных курсах по технологии производства строитель-

ных работ, технологии ремонта строительных машин и оборудования, технологии монтажа санитарно-технических систем.

Таким образом, задача подготовки учебного пособия по основам технологии полимерных строительных материалов выходит за рамки только одной специализации и по замыслу авторов должна охватить интересы несколько более широкого круга строительных специальностей, включая, например, такие, как «Строительные машины и оборудование», «Водоснабжение и канализация», «Теплогаснабжение и вентиляция».

Одновременно с этим следует отметить, что на предприятиях строительной индустрии, ориентированных преимущественно на выпуск изделий из неорганического сырья, заводах железобетонных и асбестоцементных изделий, домостроительных комбинатах, заводах теплоизоляционных материалов и других все более заметную долю составляют производства полимерных материалов — пенопластов, полимербетонов, полимерцементных бетонов, отделочных материалов, мастик, древесных плит, герметиков, защитных составов, клееных изделий и т. п. Такое сочетание производств в строительных организациях позволяет комплексно решать вопросы сборного домостроения и скоростного промышленного строительства. Вместе с тем это предопределяет необходимость знания технологии полимерных материалов студентами разных строительных специальностей.

Отмеченная тенденция в развитии новой отрасли промышленности строительных конструкций и изделий отражена в новом учебном плане специальности 1207, с учетом которого подготовлено данное учебное пособие. Оно составлено в основном по программе курса «Технология строительных изделий из полимеров», утвержденной Министерством высшего и среднего специального образования СССР 20 января 1975 г. для специальности 1207 (индекс УМУ-Т-12/313) с некоторыми дополнениями для смежных строительных специальностей. В частности, в пособие включены разделы по технологии получения и применения модифицированной древесины, технологии изготовления деталей из пластмасс для строительных машин и санитарно-технических систем, технологии получения и применения антикоррозийных полимерных материалов для строительных конструкций. Эти допол-

нения обоснованы тем, что в ряде вузов, имеющих строитель-технологическую специальность, преподаются курсы по защите конструкций от коррозии и технологии ремонтно-восстановительных работ с применением полимерных материалов.

В настоящем пособии учтены изменения, происшедшие в стандартизации и нормировании свойств полимерных материалов, отражено расширение их ассортимента, рассмотрены вопросы модификации и использования отходов химической промышленности, более полно освещена технология механизированных и автоматизированных производств.

Авторы выражают благодарность рецензентам: кафедре «Органические строительные материалы и пластмассы» Московского инженерно-строительного института имени В. В. Куйбышева и зав. кафедрой пластмасс Казанского инженерно-строительного института, заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, д-ру хим. наук проф. В. А. Воскресенскому.

Авторы

Глава 1. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1.1. Решения Коммунистической партии и правительства СССР по вопросам развития химии полимеров и производства пластмасс

Промышленность полимерных строительных материалов — одна из самых молодых. На майском (1958) Пленуме ЦК КПСС было принято решение ускорить развитие химической промышленности и особенно производства синтетических материалов и изделий из них для удовлетворения потребностей населения и нужд народного хозяйства. Пленум отметил, что применение синтетических материалов в промышленности и строительстве повышает производительность труда, позволяет заменять черные и цветные металлы и сплавы и способствует дальнейшей индустриализации строительных работ. В Постановлении Пленума указывалось на необходимость комплексного использования химического сырья для получения синтетических материалов, резкого увеличения выпуска оборудования для предприятий химической промышленности, широкого развития научных исследований и значительного улучшения подготовки специалистов для промышленности полимерных материалов.

Ноябрьский (1962) Пленум ЦК КПСС отметил необходимость дальнейшего расширения работ по применению полимерных материалов в народном хозяйстве. В частности указывалось на необходимость улучшения структуры потребления древесины и развития производства древесно-пластических материалов, на возможность значительного снижения веса, габаритов и стоимости изделий из пластмасс по сравнению с другими материалами. С точки зрения экономики решающим оказался тот факт, что синтетические материалы, превосходя по многим свойствам черные и цветные металлы, древесину, требуют меньших капитальных затрат на организацию

их производства и обходятся народному хозяйству значительно дешевле. Например, капитальные затраты на устройство пола из линолеума по сравнению с деревянным в 1,5—2 раза ниже; производство полиэтиленовых труб в 2—2,5 раза дешевле, чем стальных.

К 1961 г. объем применения пластмасс возрос более чем в полтора раза, были созданы новые и реконструированы действующие предприятия по выпуску полимерных материалов, освоено производство сотен различных деталей, узлов и изделий из них.

Декабрьский (1963) Пленум ЦК КПСС обсудил вопросы дальнейшего ускоренного развития химической промышленности и широкого внедрения достижений химии во все отрасли народного хозяйства. Как одну из важнейших Пленум выдвинул задачу быстрой химизации строительства. В Постановлении декабрьского Пленума по этому вопросу говорится, что дальнейшая индустриализация строительства, сокращение сроков и снижение его стоимости во многом будут зависеть от того, какое место продукты химии займут в строительстве и промышленности строительных материалов.

Пленум отметил важность и экономическую целесообразность развития промышленности полимерных строительных материалов, учитывая, что капитальные вложения в нее в 2—3 раза меньше по сравнению с производством традиционных материалов. Полимерные строительные материалы способствуют улучшению качества строительства, значительному снижению веса зданий, повышению заводской готовности сборных элементов. Синтетические материалы позволяют сэкономить большое количество растительных масел и пищевых продуктов.

Значение современной химии и полимерных материалов для создания материально-технической базы коммунизма отражено в Программе Коммунистической партии СССР, принятой на XXII съезде КПСС: «Одна из крупнейших задач — всемерное развитие химической промышленности, полное использование во всех отраслях народного хозяйства достижений современной химии, в огромной степени расширяющей возможности роста народного богатства, выпуска новых, более совершенных и дешевых

средств производства и предметов народного потребления. Металл, дерево и другие материалы будут все более заменяться экономичными, практичными и легкими синтетическими материалами»*.

За годы восьмой пятилетки производство пластических масс и синтетических смол выросло более чем вдвое — с 821 до 1672 тыс. т. За 1971—1975 гг. объем производства пластических масс и синтетических смол увеличился в 1,7 раза и достиг 2840 тыс. т, а за 1976—1980 гг. — примерно 4 млн. т. При этом расширилось производство высокопрочных, коррозиестойчивых и других новых видов полимерных материалов и улучшилось качество выпускаемых пластических масс.

«Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» намечено развивать производство полимеров с заданными свойствами, в том числе армированных, для конструкционного применения при доведении общего выпуска синтетических смол и пластмасс до 6—6,25 млн. т. Повысится комплексность переработки сырья, улучшится качество изделий из пластмасс и клееной древесины. Дальнейшее развитие получит промышленность строительных конструкций и деталей, в частности производство пластмассовых труб, панелей, клееных деталей, санитарно-технических изделий, облицовочных и теплоизоляционных материалов на основе полимеров.

Каждая тонна пластмасс экономит 5,6 т стали, 3,4 т цветных металлов, 485 руб. капитальных вложений и 510 руб. трудозатрат. Например, коэффициент эффективности в результате замены традиционных материалов пластмассами составляет в машиностроении 2,2, в транспорте — 3,4, в строительстве — 10,7, в гидротехнике — 11,0. Применение 10 тыс. т полимерных пленок позволяет снизить капитальные затраты в строительстве на 280 млн. руб., расход металлов на 100 тыс. т. Производство 170 тыс. т полимерных труб экономит 312 млн. руб. капитальных вложений, 1,25 млн. т металла и высвобождает 35 тыс. рабочих.

* Программа Коммунистической партии Советского Союза. — М., 1972, с. 70.

1.2. Развитие промышленности полимерных строительных материалов в СССР

Одним из первых предприятий промышленности полимерных строительных материалов является Мытищинский комбинат синтетических строительных изделий и материалов *. В прошлом это завод силикатного кирпича, где в 1960 г. был построен цех промазного поливинилхлоридного линолеума на тканевой основе. В 1961 г. комбинат полностью прекратил производство кирпича и перешел на выпуск погонажных изделий, линолеума, плиток, полистирольного пенопласта. В 1963 г. было смонтировано оборудование по производству стеклопластика непрерывным методом и освоено производство теплозвукоизоляционного линолеума на войлочной основе. В 1965 г. комбинат стал выпускать ворсовые ковры на вспененной латексной основе, а в 1969 г. — ворсолин. К 1971 г. освоено производство декоративного бумажно-слоистого пластика, а в последующие годы — самоклеющейся пленки и пенополистирольных плит, облицованных фольгоизолом. В настоящее время Мытищинский комбинат является крупнейшим и наиболее оснащенным предприятием полимерных строительных материалов, использующим новейшие достижения науки и передового опыта.

Одновременно с Мытищинским комбинатом были созданы предприятия полимерных строительных материалов в Ленинграде. Одним из них является ленинградский завод «Полимерстройматериалы», который выпускает теплозвукоизоляционный и бесосновный поливинилхлоридный линолеум и кумароно-каучуковую мастику. В 1972 г. на этом заводе освоено производство ворсолина, в 1973 г. — пенополистирола, а в последующие годы — поливинилхлоридных пленочных отделочных материалов: пеноплена, печатной пленки и др.

Первой продукцией Колпинского завода синтетических материалов и деталей, созданного в 1963 г. на базе завода «Вулканизатор», выпускавшего резинотехнические изделия, были поливинилхлоридные плитки для полов общественных и промышленных зданий (100 тыс. м^2 в

* В настоящее время — Мытищинское производственное объединение синтетических отделочных и изоляционных строительных материалов «Стройпластмасс» управления Главмоспромстройматериалы Мосгорисполкома.

1963 г.) и мастика для их крепления. Затем завод начал выпускать погонажные изделия, безосновный поливинилхлоридный линолеум и мастики. С вводом нового корпуса (1969 г.) завод достиг мощности 5 млн. м² поливинилхлоридного линолеума на теплой основе, 2,7 млн. м³ двухслойных поливинилхлоридных плиток, 10 млн. м погонажных изделий.

Строительные изделия из пластмасс (декоративные бумажно-слоистые пластики, стеклопластики др.) выпускает Ленинградский завод слоистых пластиков.

На Украине в 1961—1962 гг. были созданы предприятия, выпускающие строительные стеклопластики, асбесто-кумароновые и поливинилхлоридные плитки, поливинилхлоридный линолеум, погонажные изделия, пенополистирол, полистирольные плитки, мастики.

В 1965 г. в г. Ирпень Киевской области был создан комбинат стеновых материалов и строительных пластмасс «Прогресс». Уже к концу 1965 г. комбинат выпускал полистирольные плитки, вентиляционные решетки, клеящую кумароновую и герметизирующую полиизобутиленовую мастики. В 1976 г. ассортимент выпускаемой комбинатом продукции включал 35 наименований, в том числе рулонные материалы на губчатой основе, трубы из жесткого поливинилхлорида и полиэтилена, полистирольный пенопласт, моющиеся обои, поливинилхлоридный линолеум на тканевой основе, плитки для полов, клеящая мастика «Гумилакс».

В Белорусской ССР в начале 60-х годов был организован выпуск синтетических лакокрасочных материалов, древесностружечных и древесноволокнистых плит на базе фенолформальдегидных и карбамидных полимеров. Введенный в эксплуатацию в 1965 г. Борисовский завод пластмасс стал выпускать полиэтиленовую пленку и трубы. Впервые на этом заводе было освоено производство гофрированных полиэтиленовых труб для гидромелиоративных работ, при этом расход полиэтилена по сравнению с гладкостенными трубами уменьшился более чем на 30 %.

На Полоцком заводе стекловолокна организовано производство высокоэффективной стеклопластиковой арматуры для армополимербетонных и других химически стойких конструкций. В 1968—1969 гг. в Минске на заводе крупноблочных конструкций построена и пущена в

эксплуатацию первая в СССР линия непрерывного производства пенополистирола мощностью 30 тыс. м³. Освоено производство полистирольных плиток и кумаронофурфурольной мастики для их крепления.

В Литовской ССР в 1960 г. основан экспериментальный завод полимерных строительных изделий, который выпускает резиновые плитки, поливинилхлоридные плитки и линолеум, погонажные изделия, волнистый полиэфирный стеклопластик, кумароно-каучуковую мастику. В производстве мастик завод добился значительного усовершенствования технологических процессов. В 1963 г. на Гаргждайском комбинате строительных материалов освоен выпуск автоклавного беспрессового пенополистирола на установке производительностью 10 тыс. м³.

Эстонские химики предложили строительству новые алкилрезорциновые клеи и мастики, производство которых было налажено в 1963—1965 гг. на сланцехимическом комбинате в г. Кохтла-Ярве. На заводе «Куныстсарветехасед» организовано производство павинола с клеевой основой для облицовки стен.

Большое значение для индустриализации строительства в республиках Закавказья имело введение в строй в 1967—1970 гг. Сумгаитского комбината полимерных строительных материалов в Азербайджанской ССР. Комбинат освоил выпуск линолеума, полистирольных изделий, погонажных изделий, теплоизоляционных материалов. В последние годы налажено производство ворсонита и пленок для отделочных работ. Определилось также новое направление в использовании полимерных материалов. В Кировакане был создан институт полимерных клеев (1968), разработан и внедрен ряд новых клеевых материалов для машиностроения, строительства, электротехники.

В соответствии с решениями партии и правительства о химизации народного хозяйства в 1963—1964 гг. создан крупный комбинат полимерных строительных материалов в г. Ахангаран Ташкентской области, обслуживающий стройки Средней Азии. Построенный по типовому проекту института «Гипростройматериалы» комбинат оснащен современным отечественным оборудованием, располагает крупными мощностями по переработке разных полимерных материалов. На комбинате вырабатывают поливинилхлоридный линолеум, полиэтиленовую

пленку и трубы, погонажные и санитарно-технические изделия, пенополистирол, ворсолин, мастику для наклейки линолеума и плиток, полистирольные изделия и др. Применение этой продукции позволяет экономить в год около 2,5 млн. руб.

В настоящее время производство полимерных строительных материалов в СССР организовано более чем на 100 предприятиях различных ведомств. Из 36 предприятий Министерства промышленности строительных материалов СССР 13 — специализированные, оснащенные высокопроизводительными технологическими линиями. Наиболее важной их продукцией являются рулонные и плиточные материалы для покрытия полов жилых и гражданских зданий, пенопласты для теплоизоляции стен и покрытий, герметизирующие материалы, погонажные изделия, различные виды отделочных материалов (краски, пленки, бумажные и слоистые пластики, облицовочные плитки), трубы и санитарно-техническое оборудование.

Среди специализированных предприятий, созданных в последние годы, следует отметить комбинат полимерных материалов в г. Отрадном Куйбышевской области.

Разработкой научных основ технологии полимерных строительных материалов и внедрением новых разработок в производство занимается Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт полимерных строительных материалов (ВНИИстройполимер), в котором имеются лаборатории и отделы по важнейшим видам полимерных материалов и технологических процессов их получения с конструкторским бюро для проектирования технологических линий, оборудования и приборов для испытания свойств материалов. Опробование новых технологических процессов и опытно-промышленный выпуск новых полимерных материалов осуществляются на Тучковском экспериментальном предприятии института ВНИИстройполимер.

Среди выпускаемых полимерных материалов наибольшее применение находят материалы для покрытия пола (линолеум, плитки, ворсовые ковры, мастичные составы). Если в 1975 г. доля применения полимерных материалов в общем объеме покрытия полов составляла 13,5 %, то в 1980 г. она возросла до 20,8 %.

Развитие производства полимерных покрытий пола происходит в основном за счет поливинилхлоридных

материалов и ворсовых ковров. Их доля в общем объеме выпуска синтетических материалов для покрытий полов увеличилась в 10-й пятилетке почти в 2 раза, в то время как выпуск резинового линолеума увеличился незначительно, а выпуск алкидного линолеума сохранился на уровне 1975 г.

Примерно в 3,5 раза увеличился объем производства материалов для отделки стен (бумажно-слоистые пластики, облицовочные панели из сухой гипсовой штукатурки с поливинилхлоридной пленкой «Декорот», полистирольные плитки, пленочные материалы). Широко применяются декоративные пленочные материалы из поливинилхлорида — бесосновные пленки, материалы на бумажной основе «Изоплен» и с клеевым слоем.

Производство герметизирующих материалов для крупнопанельного домостроения увеличилось в 1,7 раза (мастики «Бутэпрол», «Гэлан», полиизобутиленовая УМС-50 и др.). В 1,5 раза возрос выпуск кумаронокаучуковой мастики КН-3 и более чем в 2 раза — мастики «Полинит» для крепления рулонных материалов. Доля производства мастики КН-3 составила 60 % в общем объеме выпуска клеящих материалов. Существенно увеличился выпуск латексных мастик.

Большое развитие получают полимерные теплоизоляционные материалы — пенопласты, легкие полимербетоны, минераловатные изделия на синтетических связках. В 1980 г. объем производства минераловатных плит повышенной жесткости составил 1,4 млн. м³, это в 17 раз больше по сравнению с 1975 г. Объем применения в строительстве пенопластов возрос к концу пятилетки до 7,4 млн. м³. Особенно интенсивно развивается производство фенольных пенопластов (среднегодовой прирост 38 %). Объем производства пенополистирола увеличился в 2,5 раза. Возрос выпуск пенополиуретанов, что позволит развить конвейерное производство легких трехслойных панелей.

Получило дальнейшее развитие производство профильно-погонажных изделий (поручней, плинтусов, прокладок), лакокрасочных материалов, полимерных бетонов и растворов, модифицированной древесины, древесных пластиков и др. В целом выпуск товарной продукции промышленности полимерных строительных материалов в 10-й пятилетке вырос более чем в 2 раза.

Глава 2. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ПОЛИМЕРАХ

2.1. Классификация полимеров

Понятие «полимер» возникло в первой половине XIX в. Якоб Берцелиус, занимаясь изучением винных кислот и их солей, пришел к выводу о существовании веществ одного и того же элементарного состава, но образованных из частиц разной величины. Такие вещества он назвал *полимерными*.

Основы теоретических представлений о полимерах заложены в работах А. М. Бутлерова, М. Г. Кучерова, Г. Штаудингера, А. Е. Фаворского, С. В. Лебедева. Большой вклад в развитие науки о полимерах внесли советские ученые К. А. Андрианов, А. А. Берлин, А. А. Ваншейдт, В. А. Каргин, И. Л. Кнунянц, В. В. Коршак, С. С. Медведев, Г. С. Петров и др. Высокомолекулярные соединения объединяют вещества, молекулы которых содержат многие тысячи и даже сотни тысяч атомов. Молекулярная масса этих веществ достигает сотен тысяч и миллионов единиц, тогда как у молекул обычных низкомолекулярных веществ она колеблется от единиц до нескольких сотен. Это количественное различие приводит к качественному. Высокомолекулярные соединения резко отличаются по физическим свойствам от низкомолекулярных, поэтому их рассматривают как особый класс материалов.

К высокомолекулярным соединениям принято относить вещества, молекулярная масса которых превышает 5000, к низкомолекулярным — вещества с молекулярной массой менее 500. Соединения с промежуточными значениями молекулярной массы называют *олигомерами*.

Многие природные органические материалы, такие, как дерево, хлопок, лубяные волокна, кожа, мех, шерсть, шелк, каучук, представляют собой высокомолекулярные

соединения. Несмотря на сложность их структуры, удалось выяснить, что эти соединения состоят в основном из одинаковых групп атомов — элементарных звеньев. Такие высокомолекулярные соединения, построенные из большого числа одинаковых звеньев, называют *полимерами*. В настоящее время большинство полимеров получают путем синтеза из простых низкомолекулярных веществ, причем в образовании полимера может принимать участие не один, а несколько типов элементарных звеньев. В зависимости от состава звеньев и вида химической связи в молекулах различают органические, элементоорганические и неорганические полимеры.

Органическими полимерами называют соединения, содержащие в главной цепи и боковых радикалах атомы углерода, водорода, кислорода, азота, серы и галогенов. Это могут быть также вещества, в состав молекул которых входят и другие элементы, если атомы их не образуют главную цепь и не соединены непосредственно с атомами углерода.

К *элементоорганическим полимерам* относятся соединения, цепи которых построены из атомов углерода и элементов, не входящих в состав природных органических соединений (атомы кремния, алюминия, титана, олова и др.). Это соединения с неорганическими цепями, если они содержат боковые группы с атомами углерода, водорода и других элементов органической природы, и соединения, главная цепь которых состоит из атомов углерода, а в боковые радикалы входят элементоорганические группы, непосредственно соединенные с углеродом цепи (например, кренийорганические соединения).

Неорганическими полимерами называют высокомолекулярные соединения, не содержащие атомов углерода. Эти соединения имеют цепи, построенные из разных атомов, соединенных химическими связями, в то время как между самими цепями действуют более слабые межмолекулярные силы.

Простые низкомолекулярные соединения, из которых построены цепи полимеров, а также исходные вещества, образующие полимеры при различных реакциях, называют *мономерами*.

В зависимости от строения макромолекул различают *гомополимеры* — соединения, построенные из одинаковых

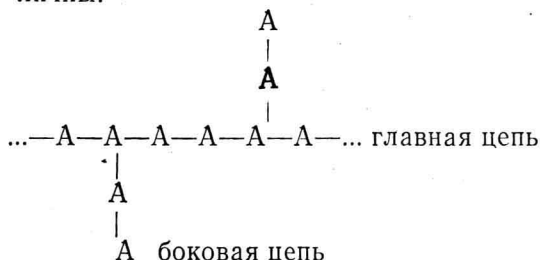
мономеров, и *сополимеры* — соединения, цепи которых содержат несколько типов мономерных звеньев.

По способу соединения мономерных звеньев различают полимеры линейные, разветвленные и сетчатые.

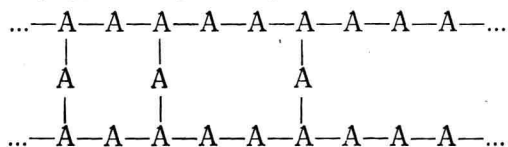
Линейные полимеры — это соединения, макромолекулы которых представляют длинные цепи:



Разветвленные полимеры образованы цепями с боковыми ответвлениями. Число ответвлений и их длина различны:



Сетчатые, или пространственные, полимеры построены из длинных цепей, соединенных друг с другом в трехмерную сетку поперечными химическими связями:



По строению основной цепи различают *карбоцепные полимеры*, у которых цепь построена из связанных между собой атомов углерода, и *гетероцепные*, у которых, кроме углерода, в цепь включены атомы кислорода, азота, серы, фосфора. Гетероцепные соединения характеризуются более высокой энергией связи между атомами. Это высокопрочные и тепло- (термо-) стойкие вещества.

2.2. Способы получения полимеров

По химическому характеру реакций, лежащих в основе получения синтетических полимеров, их разделяют на полимеризационные и поликонденсационные.