ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
Том XIII 1971 № 2

УДК 541.64

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ О ПОЛИМЕРАХ *

В. А. Каргин

Полимеры теперь уже прочно заняли видное место практически во всех отраслях техники, сельского хозяйства и быта. Их производство бурно развивается. Согласно прогнозам специалистов в 80-х годах объем мирового производства полимерных материалов сравняется с объемом производства металлов и в дальнейшем значительно его превзойдет. Рост производства определяется не только увеличением выпуска отдельных полимеров, но также и непрерывным появлением новых полимеров, улучшением свойств и увеличением срока службы уже известных материалов и нахождением новых, ранее неизвестных областей их применения. Все это предопределяет огромный комплекс разнообразных научных проблем.

Современная наука о полимерах — это огромная, чрезвычайно разветвленная и быстро развивающаяся область знания, включающая разделы органической и физической химии, физики и механики. Некоторые ее разделы сливаются с молекулярной биологией, медициной, а получаемые в результате развития полимерной науки материалы широко используются в различных областях техники и сельского хозяйства. Несмотря на такое разнообразие интересов и направлений, полимерная наука — единая область, для которой характерно тесное переплетение частных проблем, задач и подходов. Рассмотрим некоторые из них.

Ассортимент, а часто и запасы высокомолекулярных органических соединений в природе ограничены. Это целлюлоза, белки, натуральный каучук и немногие другие вещества. Поэтому широкое развитие полимеры получили только после разработки методов их синтеза из низкомолекулярных соединений (мономеров) путем полимеризации или поликонденсации. Первая задача в области полимеров — создание высокомолекулярных веществ. Специфические «полимерные» требования здесь начинаются уже на стадии получения исходных мономеров, хотя мономеры являются объектами низкомолекулярной органической химии.

Чтобы какое-либо вещество могло быть названо мономером, недостаточно того, что согласно его химической формуле оно может быть сырьем для получения высокомолекулярных соединений в результате последующей полимеризации или поликонденсации. Существенным дополнительным требованием является чрезвычайно высокая чистота этого соединения. В самом деле, для получения одной молекулы полимера нужно, чтобы соединились тысячи мономерных молекул и за время протекания этой реакции не произошло побочных реакций, поэтому содержание активных примесей в реакционной среде и прежде всего в самом мономере должно быть, по меньшей мере, в 1000 раз меньше, чем мономера. Такие же количества примесей, переходящих в полимер из мономера, если даже они и

* Пленарный доклад В. А. Каргина на XVII Всесоюзной конференции по высокомолекулярным соединениям, Москва, январь, 1969 г.

не сказываются заметным образом на реакции получения полимера, могут резко ускорить старение изделий из этого полимера, сделав его практически не пригодным для использования. Поэтому требование, чтобы содержание основного вещества в промышленных мономерах, выпускаемых в количестве сотен тысяч тонн, было не ниже 99%, а для ряда мономеров 99,9% и выше, является уже обычным. В настоящее время требование к чистоте мономеров приобретает особую важность и в связи с резким расширением объема производства полимеров. Подсчитано, что одним из путей резкого снижения себестоимости полимеров является создание огромных полностью автоматизированных установок для их производства с производительностью 100 и более тысяч тонн в год. Устойчивая и безопасная работа таких агрегатов оказывается невозможной без чистых и стандартных мономеров, количество и качество примесей в которых не меняется от партии к партии.

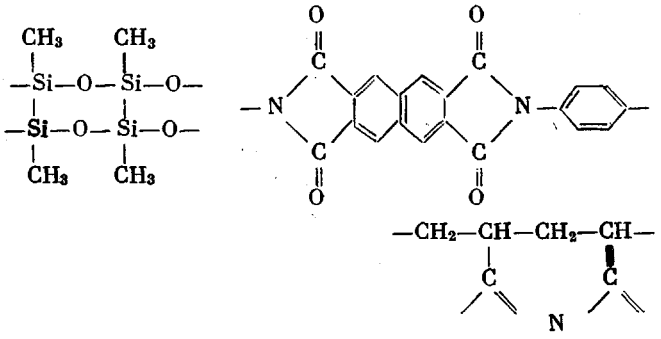
Следующим этапом является превращение мономеров в полимерные соединения. В начальный период развития полимерной химии основные успехи в области синтеза полимеров были достигнуты путем расширения круга мономеров, получения полимеров заданного химического состава и молекулярного веса, однако список дешевых и доступных мономеров был довольно скоро практически исчерпан, и казалось, что это должно привести к замедлению прогресса в области синтеза полимеров, но, оказалось, что это совсем не так. Было показано, что свойства полимеров одинакового химического состава, полученных полимеризацией одного и того же мономера, могут сильно различаться вследствие тонких отличий в структуре макромолекул. Наиболее ценными свойствами обладали полимеры стереорегулярного строения. Методы синтеза регулярных полимеров были разработаны в послевоенные годы, что привело к появлению таких ценных новых материалов как *цис*-полибутадиенового и *цис*-полиизопренового каучуков, не уступающих по свойствам натуральному, изотактического полипропилена и др.

Успехи, достигнутые в регулировании структуры макромолекул, относились к гомополимеризации — получению полимера из одного мономера. При переходе к сополимерам из двух или большего числа мономеров задача регулирования структуры цепи, в частности чередования различных мономерных звеньев, резко осложняется и не решена в общем виде и в настоящее время. Однако легко можно представить, что возможности получения полимеров с разнообразными свойствами и широкими областями применения здесь неизмеримо богаче, чем для гомополимеров. Следует напомнить, что белки, выполняющие все многообразие функций в живых организмах и столь сильно отличающиеся друг от друга по свойствам, являются сополимерами 20 аминокислот. Специфичность белка определяется составом и последовательностью аминокислотных звеньев. Задача синтеза сополимеров с заданным чередованием многих звеньев еще не решена, пока достигнуты лишь некоторые успехи в получении чередующихся сополимеров, которые можно рассматривать как простейший случай регулирования распределения звеньев типа $-A-B-A-B-$.

Несмотря на большое внимание, уделяемое в настоящее время построению регулярных молекулярных конструкций в цепях мономеров, не уменьшились усилия по получению новых полимерных материалов. Одной из важнейших задач в этой области является синтез полимеров повышенной термостойкости, сохраняющих механические свойства (прочность, эластичность), характерные для обычных полимеров. Такие материалы крайне необходимы современной технике (самолетостроение, исследование космоса и т. д.). Полимеры в большинстве своем — органические соединения, термостойкость которых обычно очень низка. Они не выдерживают температур выше 150—200°. Большей термостойкостью обладают неорганические соединения, но они не обладают ценными свойствами органических полимеров (например эластичностью). Поэтому первые шаги в области

синтеза термостойких полимеров были направлены на получение линейных цепных полимеров, в которых часть «органических» атомов (H, C) была заменена на «неорганические» (F, Si, Al, Ti и др.). Так появились фторполимеры, силиконы и другие элементоорганические полимеры. Термостойкость этих полимеров действительно оказалась на 100—200° выше, чем у соответствующих полимеров, состоящих только из углерода и водорода.

После получения таких почти полностью замещенных полимеров одно время казалось, что уже достигнуты предельные величины термостойкости, которые можно получить для органических полимеров, хотя техника требовала материалов значительно более термостойких. И только сравнительно недавно удалось показать, что возможности получения термостойких полимеров далеко не исчерпаны. Успех в этой области связан, в первую очередь, с появлением нового класса лестничных или полициклических полимеров. Молекулы таких полимеров в отличие от молекул обычных линейных полимеров, представляющих собой цепочки связанных между собой атомов, построены как бы из двух цепей, соединенных друг с другом частыми химическими связями, наподобие лестницы



Для разрыва такой макромолекулы требуется одновременно разорвать обе цепи в одном месте, наличие же в цепях термостойких ароматических фрагментов дополнительно стабилизует такую конструкцию. Термостойкость полициклических полимеров достигает 600°.

Еще большей термостойкости можно достичь, если перейти к структурам, построенным из конденсированных ароматических циклов. Веществом, имеющим такую структуру, является графит, выдерживающий температуру до 2000°. Обычный графит хрупок, однако, если подвергать пиролизу высокоориентированные волокна из некоторых полимеров, например из целлюлозы или поливинилового спирта, то при этом можно получить анизотропные нитевидные ориентированные графитоподобные структуры, обладающие термостойкостью обычного графита и не уступающие и даже превышающие по своей гибкости и прочности на разрыв исходные волокна. Прочность таких волокон достигает 300 *кГ/мм*^{2} при удельном весе ниже двух. Они являются самыми прочными из технически доступных материалов.

Наконец, эластичные волокна могут быть образованы из длинных нитевидных кристаллов неорганических соединений, примером чему может служить асбест. Недавно, используя тот же принцип, удалось изготовить чисто неорганические волокна на основе соединения бора с азотом, обладающие исключительной термической (2000°) и химической стойкостью, а также прекрасными электроизоляционными свойствами вплоть до очень высоких температур. Таким образом, для получения материалов, обладающих высокой устойчивостью к действию очень высоких температур, пришлось отойти от полимеров, построенных из одиночных гибких цепей, и создавать молекулярные конструкции, которые даже не всегда можно

назвать полимерными молекулами. Характерным свойством этих структур является наличие очень длинных и тонких частиц, обладающих вследствие этого достаточной гибкостью формы, аналогичной гибкости тонких стеклянных нитей. Доказательство того, что подобные конструкции могут обладать комплексом свойств, которые, как считалось раньше, присущи только полимерам с цепными молекулами, открывает большие перспективы для поиска совершенно новых полимероподобных материалов.

Однако, несмотря на успехи в создании новых полимеров с исключительными свойствами, сохраняют свое значение и уже хорошо известные полимеры. Список крупнотоннажных полимеров, составляющих основную массу материалов, выпускаемых промышленностью, не велик, в него входит немногим более десятка веществ. От этих полимеров обычно не требуют совершенно исключительных свойств. Основным условием для них является достаточно малая стоимость. Поэтому они относятся обычно к веществам, хорошо известным на протяжении многих лет в химии полимеров, таким как полиэтилен, поливинилхлорид и др., список их определяется списком дешевых и доступных мономеров и практически не растет.

Роль стоимости исходных мономеров такова, что если на какой-либо мономер, находивший ранее ограниченное применение, снижается цена в связи с развитием технологии его получения, то немедленно возникает задача поисков способов его эффективной полимеризации и областей применения. Примером может служить акриловая кислота. Этот мономер известен давно, но в силу сравнительно высокой стоимости мономера и высокой гидрофильности полимера он не имел большого значения. Разработка способа получения акриловой кислоты каталитическим окислением пропилена, когда из 1 *кг* пропилена можно получить до 1,3 *кг* акриловой кислоты, сразу поставила задачу найти пути использования этого мономера для получения материалов с достаточно высокими свойствами, в том числе и водостойкостью. Путь к решению этой проблемы — получение комплексов полиакриловой кислоты с некоторыми другими полимерами, когда две цепочки контактируют друг с другом, образуя как бы лестничный полимер. При этом резко возрастает водостойкость, улучшаются и другие свойства. Получение комплексов между макромолекулами может оказаться новым эффективным способом химической модификации свойств полимерных материалов.

Одной из главных задач совершенствования массовых полимеров является дальнейшее улучшение методов и технологии их получения, улучшение свойств и стабильности. Даже не очень существенное удешевление производства или увеличение срока службы полимерного материала может дать большой экономический эффект, учитывая огромные масштабы производства таких полимеров. Направления поиска могут быть различными. Так, на примере поливинилхлорида было показано, что при переходе к более чистому мономеру этот, казалось бы, совершенно изученный полимер, приобретает новые качества, резко повышается его свето- и термостойкость, он становится прозрачным. Это соответствует, с одной стороны, увеличению долговечности, что эквивалентно повышению объема производства, а, с другой — возникновению новых качеств, что эквивалентно появлению нового более ценного полимерного материала. Этот пример указывает на уже упоминавшуюся выше роль чистоты мономеров.

Другое направление связано с возможностью непосредственного превращения мономерных или олигомерных веществ в полимерное изделие, минуя этап переработки полимера. Такой путь получения изделий должен несомненно удешевлять производство, а в ряде случаев может оказаться единственно возможным, поскольку обычно все заинтересованы в том, чтобы изделия из полимеров не теряли своих свойств и формы под действием температуры и растворителей, а значит обычные способы переработки, связанные с растворением или плавлением полимера, оказываются для таких веществ непригодными.

Метод жидкого формования с получением полимера непосредственно в форме был известен уже на заре полимерной химии. Так получали первые пластики — бакелиты и продолжают получать изделия из фенолформальдегидных, мочевиноформальдегидных и ряда других полимеров. Реакция в форме обычно приводила к получению нерастворимых и неплавких сшитых сетчатых полимеров, не обладающих высокими механическими свойствами из-за несовершенства молекулярной и надмолекулярной структур. Такая структура являлась следствием полифункциональности исходных мономерных или олигомерных соединений. Использование полифункциональных исходных соединений было необходимо на первом этапе развития полимерной химии, когда не были доступны чистые исходные вещества, так как в противном случае было бы просто невозможным получать высокомолекулярные продукты. Сейчас возникает задача получать методом жидкого формования линейные полимеры с высокими физико-механическими свойствами. Исходными соединениями для синтеза должны служить олигомеры с реакционноспособными концами, которые реагируя друг с другом дают линейные цепи. Очевидно, что и здесь для успешного решения задачи требование высокой химической чистоты исходных олигомеров является решающим.

Не меньший интерес представляет получение полимерных изделий непосредственной полимеризацией мономера. Уже известны краски, представляющие собой суспензию или раствор пигмента — красителя в мономере, который способен быстро полимеризоваться, будучи нанесенным на окрашиваемую поверхность. При этом сразу образуется прочная полимерная пленка, а процесс крашения не требует расходования больших количеств органических растворителей. Известны клеи, например цианакрилатный клей, представляющие собой быстро полимеризующийся между склеиваемыми предметами мономер. Препятствием для широкого использования этого метода, в частности для получения крупных по размерам изделий, является необходимость обеспечить, с одной стороны, высокую скорость процесса, с другой — отвод тепла реакции и снятие внутренних напряжений. Указанные трудности удается устранить, если соединить реактор для проведения полимеризации с экструдером. Первая промышленная установка такого рода была создана для производства изделий, например труб из поликапроамида, получаемого в том же аппарате быстрой анионной полимеризацией мономера — капролактама. Большой интерес представляет получение волокнистых материалов экструзией полиэтилена из реактора, в котором получается этот полимер. На выходе экструдера полиэтилен вспенивается, растягивается и сразу же дает волокнистые нити, сочетающие свойства пленочного материала со свойствами волокнистых тел.

Проблема получения полимерного материала с желаемым комплексом свойств не заканчивается синтезом макромолекул определенного строения и молекулярного веса. Дело в том, что в полимере, даже если он аморфен, макромолекулы не перепутаны беспорядочным образом, а образуют сложные и разнообразные надмолекулярные структуры, размеры которых могут достигать долей миллиметра. Наиболее типичными для аморфных полимеров являются фибриллярные структуры, собранные из вытянутых цепей и глобулярные, состоящие из свернутых самих на себя макромолекул. В кристаллических полимерах разнообразие структур значительно больше. Оно включает в себя фибриллярные образования, сферолиты и монокристаллы. Оказалось, что свойства полимерного материала зависят от надмолекулярной структуры. К структуре оказываются чувствительными, в первую очередь, механические свойства (прочность на разрыв, ударная вязкость, удлинения, износоустойчивость и т. д.). От структуры зависит и ряд других физико-химических свойств (например диэлектрические свойства). Наконец, оказалось, что старение полимеров в процессе эксплуатации, которое всегда рассматривалось как чисто химический процесс разрушения

и изменения молекул под действием кислорода, тепла, света и других воздействий, также есть результат сложных структурных и химических превращений, происходящих в результате воздействия на полимер различных факторов, в том числе механических нагрузок.

Таким образом, синтез полимера — это лишь первый этап создания полимерного материала, следующим этапом является создание оптимальной надмолекулярной структуры полимера и ее сохранение в процессе эксплуатации изделия из полимера. Такой подход сближает полимеры с металлами, комплекс свойств которых в значительной мере задается направленным созданием структуры, например в процессе термообработки. Известно, что значение термообработки в том, чтобы получить кристаллиты нужной морфологии и размера. Как было показано в последнее время, оптимальную структуру кристаллизующегося полимера также можно получить подбором условий кристаллизации образца. Другой путь состоит во введении искусственных зародышей кристаллизации.

Аналогию полимеров с металлами можно продолжить. Использование чистых металлов является скорее исключением, чем правилом. Переход к сплавам происходит, с одной стороны, путем изменения физико-химических свойств металлов, например повышения их коррозионной устойчивости, с другой — способом модификации их структуры. О сополимерах, макромолекулы которых представляют собой «сплав» мономерных звеньев различной природы, и о задачах в этой области мы уже говорили, однако цепь сополимера — это уже новая макромолекула со своим комплексом свойств. Представляет интерес получить сплав из макромолекул разных полимеров, чтобы реализовать комбинацию «полимерных» свойств компонентов смеси. Однако взаимная растворимость полимеров наблюдается довольно редко. Обычно при смешении полимеров имеет место макрорасслаивание, предотвратить которое можно, соединив цепи разных полимеров химическими связями — это блок- и привитые сополимеры. Как правило, они обладают повышенными физико-химическими свойствами, в известной мере аддитивно складывающимися из свойств компонентов, например, жесткость, присущая одному полимеру, может сочетаться с эластичностью другого. Как показали исследования структуры таких полимеров, в них также имеет место расслаивание компонентов, но уже на микрообласти. Структурообразование в таких областях оказывается заторможенным на начальной стадии, например на стадии фибриллярных образований, что и является причиной проявления высоких характеристик этих продуктов и аддитивности их физико-механических свойств. Таким образом, переход к блок- и привитым полимерам оказался способом не столько химической, сколько структурной модификации полимеров. Если пользоваться металлургическими терминами, то переход к сополимерам и смесям представляет собой своеобразное легирование полимера.

Аналогичным образом обстоит дело и в случае химической модификации полимера в результате обработки полимера каким-либо низкомолекулярным реагентом. Уже сравнительно небольшие изменения структуры исходных цепей могут существенно повлиять на процессы образования и развития структур в полимере, а следовательно, и на физико-механические свойства полимерного материала.

Одним из наиболее важных видов модификации полимеров является вулканизация каучуков — процесс, известный еще в прошлом веке и до сих пор играющий решающую роль в производстве резины. В результате вулканизации изделия, с одной стороны, не теряют форму даже при повышенных температурах, а с другой — механические свойства изделий (например прочность, удлинение) резко возрастают. Обычно считалось, что смысл вулканизации в образовании молекулярных мостиков (сшивок) между цепями каучука, равномерно распределенных по объему. Однако, как показали исследования последних лет, каучуки, так же как и большинство других полимеров, небесструктурны; существование четких надмолеку-

лярных структур является характерным и для этого класса полимеров. Далее оказалось, что после вулканизации структуры не только не исчезают, но в ряде случаев даже совершенствуются. Эти данные подвергают сомнению представления о равномерности сетки поперечных связей в вулканизатах. Наконец, было показано, что свойствами вулканизатов обладают каучуки, модифицированные, например, введением карбоксильных групп, где химических сшивок между цепями нет вообще. Таким образом, оказывается неверным и второе общепринятое представление, что суть вулканизации в образовании редких поперечных связей между макромолекулами, хотя возможность возникновения таких связей и их роль в устранении текучести каучука в ряде случаев несомненна. Понять же резкое изменение физико-механических свойств в результате вулканизации можно, по-видимому, только в том случае, если считать, что вулканизация есть химическая модификация каучука (не обязательно состоящая в образовании сшивок), способствующая возникновению оптимальных надмолекулярных структур, устойчивых в широком интервале температур и сохраняющихся под действием нагрузок. Модифицированные участки макромолекул каучука образуют вследствие плохой растворимости каучука микрообласти, играющие роль эффективных узлов молекулярной сетки. Таким образом, вулканизацию можно рассматривать как способ структурно-химической модификации каучука.

Возникает естественный вопрос о том, какие надмолекулярные структуры являются оптимальными. Ответ на этот вопрос не так прост, как это может показаться на первый взгляд. Дело в том, что структура полимера может изменяться в процессе деформации, а не фиксирована раз и навсегда. В этом существенное отличие полимеров от металлов. Обычно считается, что макромолекула, свернутая в клубок, утрачивает комплекс полимерных свойств, в том числе способность к высоким деформациям — высокоэластичность. Однако, если такие глобулы способны разворачиваться под действием нагрузки, то эластичность и высокие деформации не только проявятся, но и возможности деформации или предельных изменений оказываются даже выше, чем у полимеров с фибриллярной структурой. Примером полимера с такими свойствами является фторкаучук.

Отсюда следует, что для получения количественной связи между структурой и свойствами полимеров необходимо иметь четкое представление не только об исходной структуре полимера, но и о структурных превращениях при деформации и в процессе эксплуатации изделия из полимеров.

Весь этот комплекс проблем можно объединить под названием структурной механики полимеров — нового раздела науки о полимерах, оформившегося лишь в последнее время. Достигнутые успехи в области физической и физико-химической модификации полимеров указывают на ее большое будущее в деле создания полимерных материалов с высокими свойствами. Примером могут служить химические волокна. Построение оптимальной надмолекулярной структуры в волокнах путем подбора условий формований, но без изменения химического состава и строения, позволило в последнее время поднять прочность волокон в несколько раз. Максимально достигнутая величина прочности волокна в настоящее время достигает 300 *кГ/мм*^{2}, что уже близко к теоретической прочности, определяемой энергией разрыва химических связей в макромолекулах, и значительно превышает прочность металлической нити в расчете на единицу веса.

Рассматриваемые до сих пор проблемы относились в основном к области создания технических полимерных материалов. Но имеется и другая большая область, которую составляет круг проблем, практически все из которых находятся в настоящее время в самом начале своего развития. Речь идет о создании биоподобных полимерных систем. Общеизвестно, что ткани всех животных и растений построены из макромолекул, выполняющих самые разнообразные функции с необычайно высокой эффектив-

ностью (конструкционные материалы, ферменты, переносчики кислорода, разделительные мембраны, ткани мышц и т. д.). Первым и простейшим вопросом является создание конструкций из полимеров, работающих в живых организмах,— искусственных внутренних органов, кровеносных сосудов, сухожилий, костей, кожи, сердца, легких, поскольку по своим задачам и подходам эта проблема близка к получению обычных изделий из полимеров. Специфическими здесь являются вопросы реакции организма на присутствие инородного тела и устойчивости полимера в контакте с физиологической средой. Так, например, при поиске материала для искусственных зубов оказалось, что, несмотря на то, что такой полимер как поликарбонат намного лучше по своим механическим свойствам, чем полиметилметакрилат, зубы из поликарбоната никуда не годятся, так как этот полимер быстро разрушается в результате специфического гидролиза в полости рта. При изготовлении элементов внутренних органов из найлона оказалось, что уже через несколько недель после пребывания в организме этот полимер с весьма высокими исходными механическими свойствами превращается в набухшее тело и практически полностью выходит из строя. Хорошо, если такой искусственный орган выполняет временные функции, а потом организм будет сам справляться со своими функциями без полимера. Если же это необратимая замена выбывшему участку органа, то через некоторое время операцию нужно повторять.

Важными проблемами являются создание таких сложных систем как искусственная кожа, кровь, почки и сердце. Искусственная кожа, необходимая, например, при сильных ожогах, является полимерной системой, которая должна обладать функциями механической защиты, эластичностью, прочностью и в то же время должна быть достаточно пористой, чтобы обеспечить функции дыхания и пропускать пот, должна иметь бактерицидные свойства и не вызывать тромбоз. Сейчас уже созданы материалы на основе полиуретанов, во многом отвечающие перечисленным требованиям. Однако решение проблемы создания искусственной кожи — дело будущего.

Необходимость в искусственной крови возникает, в первую очередь, для восполнения больших потерь крови. Нет смысла пытаться заменить кровь человека на синтетическую, поскольку при нормальном функционировании костного мозга восстановление крови происходит за сравнительно короткий срок. Поэтому первое требование к заменителю крови — обеспечение необходимого внутреннего давления. Был предложен целый ряд заменителей плазмы крови на основе инертных полимеров, таких как поливинилпирролидон, декстраны и другие. Сейчас успешно решается проблема создания активного заменителя, способного быть переносчиком кислорода. Решение этой проблемы сразу сняло бы все трудности с групповыми параметрами донорской крови.

Другая важная группа вопросов связана с получением физиологически активных полимеров. Первый тип полимеров этой группы — пролонгаторы активных лекарственных веществ. Для этого на инертный полимер-носитель химически прикрепляют молекулы активного лекарственного вещества с целью задержания их в организме и уменьшения единовременной дозы лекарства. Последнее является особенно необходимым, когда разница между лечебной и вредной или летальной дозой невелика. В качестве полимеров-носителей используют поливиниловый спирт, полисахариды и другие полимеры. Сейчас уже известны полимерные лекарственные препараты для лечения силикоза и нервно-стимулирующие вещества. Однако проблема полимерных лекарственных препаратов еще далеко не решена. Например, неясен вопрос о судьбе полимера-носителя: выводится ли он из организма или он может откладываться в определенных тканях, например в почках, печени, что приведет в конечном итоге к вредным побочным явлениям; как зависят эти процессы от молекулярного веса полимера-носителя, от его химической природы. Без выяснения этих вопросов сколько-

нибудь широкое применение полимерных лекарственных препаратов невозможно.

Синтез физиологически-активных веществ не единственная возможность создания синтетических биоподобных систем на молекулярном уровне. Сейчас вполне реальной становится проблема создания синтетических полимерных катализаторов, приближающихся по селективности и избирательности к ферментам, полимерных сорбентов и разделительных мембран, которые по своей селективности не уступали бы тканям, выполняющим эти функции в живом организме. Задача создания подобных систем, основанных на сравнительно простых синтетических полимерах, заключается не в воспроизводстве неизмеримо более сложных природных полимеров, а в моделировании некоторых принципов работы биологических объектов для получения более эффективных промышленных катализаторов. Первые успехи, достигнутые в этой области, находятся пока лишь на уровне лабораторных экспериментов. Совсем недавно получены эффективные полимерные катализаторы гидролиза сложных эфиров, во многом имитирующие поведение фермента α-химотрипсина и на несколько порядков превышающие по активности соответствующие им низкомолекулярные аналоги.

В заключение хотелось бы отметить, что наука о полимерах сформировалась лет 30 тому назад как самостоятельная отрасль знания из пограничной области между коллоидной, физической и органической химии. Широкое применение полимеров в различных областях (технике, медицине и т. д.) неизбежно должно привести к возникновению на границах между полимерной наукой и соответствующими областями применения новых самостоятельных дисциплин, изучающих специфику применения полимеров в этих областях. Так использование полимеров в машиностроении потребовало создания «сопромата» и теории прочности полимеров, поскольку механическое использование представлений, развитых для металлов или силикатов для описания свойств полимерных материалов, часто приводило к грубым ошибкам, дискредитирующим и саму идею использования полимеров в данной отрасли. Формирование и развитие таких дисциплин является, по-видимому, залогом как дальнейшего успешного развития науки о полимерах, так и широкого применения этих перспективных материалов.

SOTE SEVERAL PROBLEMS OF POLYMER SCIENCE

V. A. Kargin

Summary

A review of the basic problems of modern polymer science in the fields of polymer synthesis, chemical reactions of polymers, the structure of polymers and several aspects of their application are given.