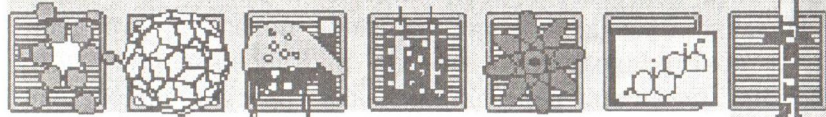


У дапамогу выкладчыку



Т.А.Савицкая, кандидат химических наук,
доцент кафедры физической химии БГУ

НАТУРАЛЬНЫЕ? ИСКУССТВЕННЫЕ? СИНТЕТИЧЕСКИЕ?

Может ли быть медаль, у которой
нет противоположной стороны?

Виктор Гюго

В далеком прошлом натуральные продукты обеспечивали человеческий род всем необходимым. Однако мы будем не правы, если станем утверждать, что в те времена человек не производил синтетические материалы. Некоторые из этих синтетических материалов появились так давно, что их считают «натуральными».

Например, чистая медь в самородном виде встречается редко, поэтому практически вся медь получается синтетическим путем, т.е. химически из медной руды, которая состоит из соединений меди с другими элементами. Бронзу производят синтетически из меди и олова; ни медь, ни олово не существуют в природе в чистом виде. Железный век наступил после того, как наши предки открыли химический процесс получения металла из железной руды. Шкуры животных превращают в кожу с помощью дубильных процессов, в большинстве случаев включающих хими-

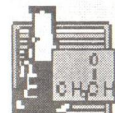
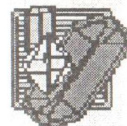
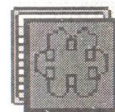
Т.А.Савицкая

ческие реакции. Медь, бронза, стекло, фарфор, кожа не являются натуральными продуктами. Они «синтетические», хотя по историческим причинам так не называются. На самом деле они занимают как бы промежуточное положение между натуральными и современными «истинными» синтетическими материалами, поскольку производятся путем переработки природного сырья.

«Истинно» синтетическими мы привыкли называть материалы, которые отсутствуют в природе и создаются людьми путем химического синтеза. Неспециалисты обычно отождествляют их с пластмассами, которые являются наиболее характерным продуктом современной синтетической химии. Пластмассы, или пластики, относятся к полимерным материалам, поскольку образующие их вещества состоят из больших молекул — макромолекул. Наряду с другими полимерными материалами: смолами, каучуками, волокнами, древесиной, кожей и т.д. — они необходимы современному человеку на протяжении всей его жизни.

Среди полимерных материалов следует выделять **натуральные**, или **природные**, т.е. те, которые используются в первозданном виде; **искусственные**, или **полусинтетические**, т.е. физически или химически модифицированные натуральные материалы, и **синтетические**, т.е. получаемые из полимеров, синтезированных химическим путем. Природные полимерные материалы — это натуральный каучук, хлопок, шерсть, натуральный шелк и т.д. К ис-

Несмотря на то, что большинство синтетических полимеров имеют структуру, не дублирующуюся в природе, установлены случаи, когда полимеры, которые мы привыкли считать «истинно» синтетическими, встречаются в природе. Например, полиметилметакрилат, известный всем как «оргстекло», или «плексиглас», производит жук *Abax ater*. В случае опасности он выстреливает в нападающего жидкостью, состоящей, главным образом, из мономерного метилметакрилата. Мономер полимеризуется на теле врага и делает его неподвижным. Далее, в 1980 г., американские ученые обнаружили природную полиэфирную пластмассу в жилищах пчел рода *Colletes*, живущих в земле. Полиэфирная пленка покрывает стенки сот и предохраняет от порчи запасы пыльцы и нектара, которыми питаются личинки пчел.



кусственным материалам следует отнести, например, резину и эбонит, которые получаются в результате вулканизации*, т.е. высокотемпературной обработки натурального каучука серой. С химической точки зрения, это реакция сшивания макромолекул натурального каучука (цис-полиизопрена) серными мостиками (в случае эбонита серы берется больше).

Искусственным материалом является также пергамент, получение которого основано на кратковременной обработке бумаги серной кислотой. Это физический процесс растворения целлюлозы, из которой состоит бумага; химическая природа макромолекул целлюлозы остается при этом неизменной. К искусственным относятся и первые пластики: паркезит и галалит. Паркезит (в честь разработавшего его в 1862 г. А.Паркса), получали путем переработки смеси нитрата целлюлозы, касторового масла, камфары и красящих веществ. Нитрат целлюлозы, в свою очередь, получали путем взаимодействия целлюлозы со смесью серной и азотной кислот. Впоследствии стали обходиться без касторового масла и пластик, получаемый из нитрата целлюлозы и камфары, стали называть целлулоидом. Он использовался для изготовления рукояток ножей, оправы очков, бильярдных шаров. Для получения галалита (молочный камень, от греч. *gala* молоко и *lithos* — камень) творог отжимали под давлением и, смешивая с горячей водой, полностью удаляли жиры. После этого массу заливали в формы, добавляли красители, фарфоровую пудру и т.п. Это процесс чисто физический. Химическая реакция полученного материала с формальдегидом позволяет получить собственно галалит, который известен как искусственный рог и до сих пор используется в производстве галантереи, так как легко окрашивается в красивые цвета.

Первый полностью синтетический пластик был изобретен бельгийцем Лео Бакеландом в 1906 г. и назван бакелитом.

* Процесс был назван вулканизацией в честь римского бога огня Вулкана, поскольку жара и сера — главные факторы отверждения каучука — были его атрибутами.

литом. Его производят нагреванием смеси фенола с формальдегидом и ценят как превосходный электрический изолятор. Затем один за другим стали появляться современные синтетические материалы (см. табл. 1).

Таблица 1

Полимер	Дата начала промышленного выпуска	Типичные применения
Поливинилхлорид	1914	Хозяйственные сумки, оконные рамы, искусственная кожа
Полиметилметакрилат	1928	Фонари, вывески
Полибутадиеновый синтетический каучук	1929	Шины
Полистирол	1936	Шкатулки, мыльницы, игрушки
Полиэтилен	1939	Пакеты, бутылки, изоляция кабелей
Полиизопреновый синтетический каучук	1955	Шины

Дискуссия о том, что лучше — современные синтетические или старые «натуральные» материалы — ведется давно. Эпитеты «пластмассовый» и «ненатуральный» стали синонимами. При этом нередко встречаются две противоборствующие точки зрения: или все только синтетическое, или только натуральное. Например, в популярной песенке 60-х годов, встречаются такие слова:

Говорят, что будет сердце из нейлона*,
Говорят, что двести лет стучать ему,
Может, это по науке и резонно,
А, по-нашему, ребята, ни к чему.

* В действительности первое искусственное сердце, изготовленное в США, имело внутренние стенки из натурального каучука, а внешние — из полиуретанового эластомера.

Есть, конечно, и другие, не столь категоричные, точки зрения. Скажем, можно есть натуральную пищу, но носить синтетическую одежду и, наоборот, есть искусственную пищу, а одежду носить из натуральных материалов. Но это — дело вкуса... Впрочем, о вкусах можно и поспорить, а вот как быть с экономикой?

Ситуация такова, что для производства традиционных природных материалов, как правило, требуются значительные площади. Человечество, таким образом, стоит перед выбором: использовать доступные площади для производства продуктов питания или для создания материалов? В среднем на 10 000 м² земли можно произвести 30 кг шерсти, или 500 кг натурального каучука, или 1000 кг хлопка, или 7000 кг пшеницы, или 10 000 кг риса, или 70 000 кг сахарной свеклы.

Мы не можем одновременно производить натуральные продукты питания и материалы. Даже если бы мы и решили с настоящего момента использовать только натуральные материалы, нам не найти земельных площадей для их производства. Эксперты установили, что натуральный каучук может обеспечить только 50 % мировой потребности в эластомерах. Для замены 23 млн тонн синтетических волокон, выпускаемых во всем мире, хлопком потребовалось бы высвободить дополнительно 300 000 км² лучших плодородных земель; эта площадь равна двум Австриям или всего на 93 000 км² превышает размеры нашей республики.

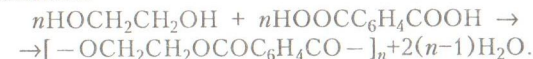
Увеличение выпуска натуральных волокон или кожи не будет способствовать и защите окружающей среды. Шерсть получают главным образом от овец и коз, а эти животные, как показал опыт средиземноморских стран, необратимо губят растительность. При производстве металлов и стекла требуется значительно больше нефти, чем при производстве пластмасс.

На 1 млн м² упаковочной пленки из полипропилена расходуется 76 т нефти, а на такое же количество целло-

фановой пленки (искусственный материал) — 178 т. Затраты нефти на изготовление 1 млн литровых бутылок из поливинилхлорида (ПВХ) составляют 66 тонн, в то время как для производства такого же количества стеклянных бутылок требуется энергия, которую можно получить при сжигании 230 т нефти. При выращивании хлопка нужна энергия для производства удобрений, для работы хлопкоуборочных машин, для управления ирригационной системой. Требуется энергетических затрат и переработка хлопка. Но все-таки для того, чтобы вырастить хлопок, энергии нужно меньше, чем для производства полиэфирных* волокон: соответственно 49 МДж/кг и 179 МДж/кг. Однако стирка хлопчатобумажных рубашек обходится дороже, независимо от того, стирают ли их на речке или нажимают кнопки стиральной машины. Кроме того, рубашки из полиэфира дольше носятся, так как сопротивление полиэфирных волокон истиранию выше, чем хлопковых. На производство 100 км дренажных труб из железа уйдет 1970 т нефти, а из ПВХ — всего 275 т. Таким образом, в большинстве случаев имеет смысл заменять старые энергоемкие материалы энергосберегающими синтетическими. Как это сделать, и стоит ли заменять полностью или только частично — такой вопрос особенно актуален на рубеже нового тысячелетия. Каковы перспективы, и какими должны быть тенденции развития полимерных материалов, например химических волокон?

В настоящее время численность населения в мире составляет 6 млрд человек. В следующем столетии прогнозируют увеличение этой цифры до 11–12 млрд. При этом среднее потребление только химических волокон (без натуральных) составит 15–20 кг на человека, включая потребности повсед-

* Наиболее распространенный полиэфир — полиэтилентерефталат (лавсан) — получают по реакции поликонденсации этиленгликоля и терефталевой кислоты:



невной жизни (одежда, интерьер, туризм, спорт, медицина), а также промышленности, транспорта, строительства.

Заметим, что с момента рождения мировой цивилизации и в течение более чем 100-летней истории производства химических волокон, потребление как натуральных (природных), так и химических (т.е. искусственных и синтетических) волокон увеличивалось год от года. Еще в доисторические времена человек использовал такие природные текстильные (т.е. предназначенные для изготовления текстильных изделий) волокна, как хлопок, лен, шерсть, шелк*.

Хлопковые волокна формируются на поверхности семян хлопчатника. Рост хлопкового волокна начинается в день цветения хлопчатника. Цветок живет только один день, а затем из него развивается плодовая коробочка, в которой и содержатся семена, покрытые волокнами. Волокна состоят из целлюлозы и представляют собой сплюснутые и скрученные трубочки, толщина стенок которых зависит от степени зрелости. Семена хлопчатника, покрытые волокнами, называются хлопком-сырцом. Длина хлопковых волокон 20–30 мм, а толщина стенки волокна 6,3 мкм. Хлопковые волокна путем кручения перерабатывают в пряжу. Они отличаются хорошими механическими свойствами, умеренной гигроскопичностью, хорошими диэлектрическими свойствами.

Льняные волокна выделяют из стебля льна. Они являются целлюлозными волокнами и после специальной обработки используются для изготовления бельевых, костюмно-плательных, декоративных тканей. Из стеблей конопли вырабатывают пеньку (пеньковые волокна), которую используют в веревочно-канатном производстве. Для изготовления мешковины используют волокна, полученные из стеблей джута.

Шерсть характеризуется невысокой прочностью, большой эластичностью, высокой гигроскопичностью, малой теплопроводностью и представляет собой волокна волосяного покро-

* Интересно, что для производства разнообразных по свойствам волокон, природа использует только два полимера — целлюлозу и белок.

ва животных (овец, коз, верблюдов и т.п.). Их максимальная длина составляет 13 см. Поперечное сечение более или менее круглое. Шерстяные волокна состоят из наружного слоя в виде чешуек, одной стороной прикрепленных к стволу волокна, а другой — накладывающихся друг на друга, и коркового слоя (стволу волокна), содержащего веретенообразные клетки, прочно склеенные межклеточным веществом. Чешуйчатая поверхность ответственна за то, что шерсть «колючая» на ощупь. Бикомпонентная структура (стволу и оболочка) шерстяных волокон объясняет их объемную форму и извитость. Обе части волокна состоят из белка — кератина. Белок является основным веществом и шелковых волокон.

Макромолекулы белка фиброина, являющегося основой шелка, состоят из регулярно построенных участков, содержащих 10 сегментов из 6 аминокислотных остатков каждый: $\text{H}(\text{сер-гли-ала-гли-ала-гли})_{10}\text{OH}$, и нерегулярных участков, содержащих 33 аминокислотных остатка, где сер — серин — $\text{HOCN}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$, ала — аланин — $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$, гли — глицин — $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$. Регулярные участки имеют плотную упаковку цепей и именно они отвечают за высокую прочность шелка в направлении волокна.

Шелк вырабатывают многочисленные гусеницы и пауки. Тот шелк, который используют люди для производства одежды, вырабатывают гусеницы шелкопряда *Bombyx mori* (по Линнею). Кокон гусеницы шелкопряда состоит на 78 % из фиброина (собственно шелковое волокно) и на 22 % из серицина (шелковый клей). Куколку, находящуюся в коконе, убивают струей горячего воздуха, серицин размягчается при погружении коконов в горячую воду так, что вращающиеся в водяной бане щетки захватывают концы шелковых нитей каждого кокона. Нити наматывают на катушки и высушивают. Из 3000–4000 м волокна кокона получается только 900 м шелковой нити, а остальное уходит в отходы. Неудивительно, что в Японии за изысканное кимоно

из шелка запрашивают 30 000 долларов. Шелк состоит из гладких волокон с максимальной длиной 4000 м (почти бесконечной длины, их называют моноволокнами). Треугольное поперечное сечение шелковых волокон способствует тому, что они отражают свет во всех направлениях подобно граням алмаза — отсюда блеск и глянец.

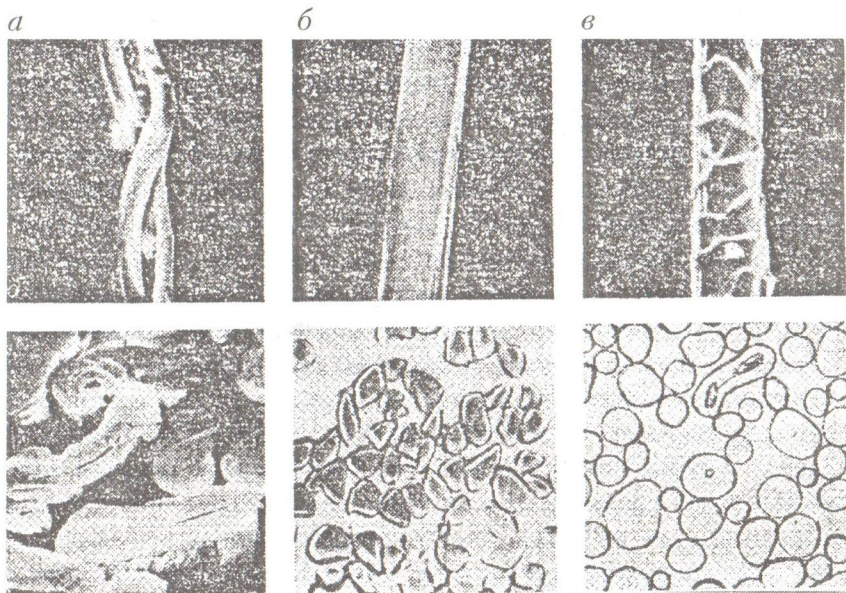


Рис. 1. Микроскопические изображения различных натуральных волокон:

верхний ряд: хлопковое волокно (а), шелк (б), овечья шерсть (в);
нижний ряд: соответствующие поперечные сечения

Шелк обладает высокой прочностью, эластичностью, большим влагопоглощением. Именно шелком, а не льном, хлопком или шерстью восхищался Роберт Гук, когда писал: «Мне часто приходило в голову, что можно найти способ создать искусственную клейкую композицию, которая бы напоминала или даже была бы лучше, чем экскременты или другое какое-то вещество, из чего шелкопряд прядет нити

для своего кокона. Если бы такой состав был найден, несомненно, можно было бы легко и быстро научиться вытягивать из него тонкие нити, представляющие большую пользу».

Однако не только замечательные свойства шелка, но и регулярные болезни шелколичных гусениц заставили ученых искать способ получения искусственного шелка.

Первым таким материалом был «шелк Шардонне» из нитрата целлюлозы. Шардонне изобрел способ формования искусственного волокна из раствора нитроэфира целлюлозы в ацетоне с последующим превращением горючих нитроцеллюлозных волокон в негорючие целлюлозные волокна. Для этого превращения была использована реакция омыления эфира. Салфетки из «шелка Шардонне» были выставлены в 1883 г. на Международной выставке в Париже, а двумя годами позже было организовано промышленное производство таких волокон.

В 1892 г. американцы Гросс, Бевэн и Бидл изобрели вискозный шелк. Торговое название «rayon» (от английского ray — луч) он получил из-за своего блеска. При производстве этих волокон измельченный целлюлозный картон (он получен из древесины) обрабатывают водным раствором NaOH и получают «щелочную» целлюлозу (это стадия активации целлюлозы). После этого «щелочная» целлюлоза реагирует с сероуглеродом с образованием оранжевого ксантогената целлюлозы (от греческого *xanthos* — желтый). Ксантогеновые

Формование — процесс, заключающийся в продавливании вязкого раствора полимера через мелкие отверстия **фильеры** (различные варианты фильер изображены на рис. 2) в среду, вызывающую затвердевание полимера в виде тонких волокон. Средой, вызывающей затвердевание (высаждение) полимера, может быть нерастворитель (это так называемый мокрый способ формования) или горячий воздух («сухой» способ). Формование можно также вести из расплава полимера.

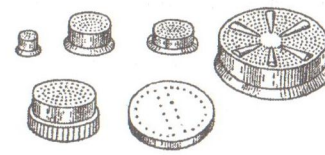
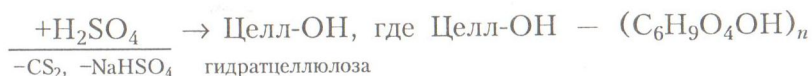
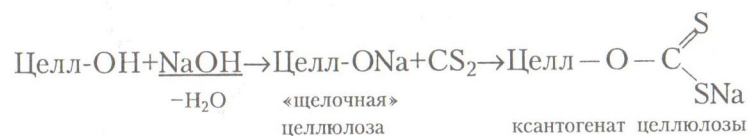


Рис. 2

кислоты — это сложные кислые эфиры дитиоугольной кислоты и спиртов. Они нестойки, поэтому образование их солей — ксантогенатов — проводят в присутствии оснований. Раствор ксантогената целлюлозы в NaOH вязкий, отсюда происходит его название «вискоза» (от латинского *viscosus* — вязкий). Раствор продавливается через фильеру и поступает в ванну с кислотой, где ксантогенат целлюлозы снова превращается в целлюлозу, которая не растворяется в серной кислоте и медленно образует волокно.



Волокно состоит уже из гидратцеллюлозы, которая имеет тот же химический состав, что и исходная целлюлоза, но другую структуру.

Итак, вискозные волокна — это искусственные или полусинтетические волокна, поскольку сырьевая основа производства — это целлюлоза, являющаяся натуральным продуктом. К искусственным относят также **медноаммиачные волокна** (это тоже целлюлозные волокна, однако для их получения используют раствор целлюлозы в водном растворе комплексного соединения гидроксида меди с аммиаком — $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_m](\text{OH})_2$ — куприаммингидрате, где максимальное значение $m=4$), **ацетатные волокна** (волокна на основе ди- и триацетата целлюлозы (т.е. сложных эфиров целлюлозы и уксусной кислоты), которые в быту называют ацетатным шелком).

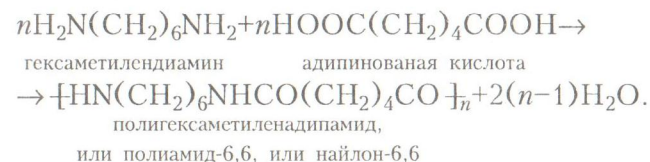
Несмотря на стремительность развития производства вискозных волокон после изобретения процесса, его объем уже многие годы не увеличивается. Это связано с тем, что

по большинству показателей синтетические волокна превосходят вискозные: синтетика меньше чем вискоза мнется, имеет более высокую прочность в мокром состоянии, не усаживается при стирке и носке, более устойчива к истиранию, а кроме того, производство вискозного волокна загрязняет воду и воздух. Поэтому развитые страны, в которых необходимость строительства очистных сооружений делает производство вискозы неэкономичным, переносят его в развивающиеся страны, для которых текстильная продукция важнее защиты окружающей среды. В нашей республике вискозное производство сосредоточено в Светлогорске (ПО «Химволокно») и в Могилеве (Завод искусственного волокна). Однако вернемся к историческим фактам.

За вискозой (не совсем правильное, но укоренившееся название вискозного волокна) последовало большое количество синтетических волокон: полиамидное (зарубежом известно в быту как найлон, у нас — капрон), полиэфирное (полиэстер, лавсан), полиакрилонитрильное (нитрон, ПАН), полипропиленовое и др.

Патент на первое полностью синтетическое волокно был выдан Уоллесу Карозерсу в Нью-Йорке в 1931 г. Он писал: «Я глубоко уверен в том, что создание искусственного волокна способно серьезно улучшить материальное положение малоимущих классов, сберечь природу и повысить престиж науки в самых широких слоях общества».

Именно Карозерс показал, что макромолекулы могут быть синтезированы с помощью реакций хорошо известных в химии низкомолекулярных соединений, если их применить к концевым группам малых молекул. Особенно полезной оказалась реакция:



Из расплава полученного таким образом полимера можно вытягивать длинные нити. Из них стали делать зубные щетки, струны, рыболовные лески, оболочки дирижаблей и многое другое. А в 1939 г. на Всемирной выставке в Сан-Франциско были продемонстрированы первые чулки из синтетического полиамидного волокна (до этого чулки изготавливали из вискозного волокна). Это был переворот в моде XX столетия. Полимер стали называть найлоном (нейлоном). Откуда взялось это название? По одной из версий на упаковке чулок значилось сокращение «Нью-Йорк-Лондон» — «New-York-London» — *nylon*. Это звучало красиво. Женщины всех возрастов мечтали купить такие чулки, раскупая только в Америке по миллиону пар в день.

В СССР массовое производство полиамидного волокна (его называли капроном, так как получали на основе поликапроамида) началось в 50-е годы. В 1959 г. химики подарили миру сверхэластичную ликру — полиуретановое волокно, которое можно считать дочкой найлона. Тут же появились обтягивающие колготки, а потом их естественное дополнение — мини-юбки. Эти новинки стали могучим орудием «сексуальной революции» 60-х, а найлон, таким образом, сыграл роль ее первой ласточки. Известный модельер В.Зайцев вспоминает: «Помню безумие людей, вызванное появлением на рынке болоньевых плащей, нейлоновых сорочек, платьев-рубашек, белья. Это массовое сумасшествие трудно объяснить. Вожде ленные сорочки в жару прилипали к телу, когда приходилось снимать их — они трещали, искрились, кололись... Но вот «нейлоновый» бум отшумел. Скорее всего, это объясняется усталостью от дискомфорта. Как модельер и простой смертный, я предпочитаю иметь дело с натуральными тканями. Но, увы, они так непрактичны и так легко мнутся. Поэтому при создании коллекции повседневной одежды я использую ткани из смеси натуральных и синтетических волокон... Сегодняшний мир текстиля на сезонных международных

выставках являет великолепные по своим эстетическим характеристикам ткани, в которых полностью отсутствуют натуральные волокна».

Сегодня семейство химических волокон можно представить в виде пышного «генеалогического древа, которое непрерывно продолжает ветвиться». Наиболее успешен рост «большой четверки», как часто называют текстильщики и химики волокна из целлюлозы (вискозные), полиамида, полиакрилонитрила и полиэфиров. Именно они преимущественно используются для производства одежды. При этом, несмотря на интенсивное развитие промышленности волокон из синтетических полимеров, потребность в производстве изделий из целлюлозы не только не уменьшается, но и постоянно растет. Это обусловлено, во-первых, доступностью практически неисчерпаемой сырьевой базы целлюлозы, самого распространенного в растительном мире природного полимера и низкой стоимостью изделий из нее; во-вторых, тем, что целлюлозные материалы имеют полезные свойства, которые отсутствуют у изделий из синтетических полимеров. Например, в них одновременно сочетаются высокая прочность и повышенная гидрофильность, большая впитывающая способность и способность легко окрашиваться в яркие цвета, устойчивость к действию органических растворителей и легкость биохимического разложения. В то же время наряду с ценными гигиеническими свойствами, которые делают целлюлозные волокна незаменимыми при изготовлении нижнего белья и верхней одежды, им присущи и ряд недостатков, в частности легкая сминаемость, низкая эластичность, усадка и потеря прочности в мокром состоянии и т.д. Отметим, что вышеперечисленные специфические свойства целлюлозных волокон обусловлены тем, что исходный полимер для их производства — целлюлоза — обладает одновременно высокой степенью полимеризации, линейной и сравнительно вытянутой формой макромолекул и наличием большого числа полярных гидроксильных

груп, забезпечують формування міцних зв'язей між макромолекулами. Це рідке поєднання властивостей і забезпечує унікальність целюлози як волокнообразуючого полімера. Що ж стосується синтетических волокон, то вони не мають всім необхідним комплексом властивостей, роблять одяг комфортним. Наприклад, вироби з них не мнуться, не витягуються при носці, т.е. формостійкі, легко стираються і т.д. Однак при цьому вони недостатньо поглинають вологу, накопичують електростатическі заряди і швидко забруднюються. Вчені багатьох країн світу постійно і, в ряді випадків успішно, намагаються модифікувати як целюлозні, так і синтетическі волокна шляхом зміни хімічного складу вихідних полімерів або їх фізическої структури. Крім того, практикується виготовлення одягу з суміші целюлозних і синтетических волокон.

Так що ж перевага? Природне або синтетическе? Або компромісний варіант розумного поєднання того і іншого? Або для різних цілей — різні матеріали? Звичайно, купуючи ту або іншу подобавшася одяг, ми незаметно для себе робимо цей вибір. Для того щоб він був осознаним, можна використати таблицю властивостей деяких волокон (табл. 2).

Таблиця 2

Свойства некоторых текстильных волокон

Волокна	Модуль упругости, ГПа	Разрывная прочность, МПа	Удлинение, % (сухое волокно)	Устойчивость			Гигроскопичность, %
				к истиранию	к действию		
					щелочей	кислот	
<i>Шелкоподобные</i>							
Натуральный шелк	7–10	350–600	20–25	4	0	0	11

Найлоп-6,6	6	800	19	6	5	0	6–8
Полиэфир	15	900	20	5	3	4	0,5
Кевлар	150	2800	4	5	6	2	0
<i>Шерстеподобные</i>							
Овечья шерсть	1–3	150–200	30–40	2	0	0	14
Акриловые (ПАН)	5	280	35	3	2	4	0,1
<i>Хлопкоподобные</i>							
Хлопок	6–11	250–800	6–8	2	6	0	6
Вискоза	9	340	25	2	6	0	13
Конопля	29	850	2	2	6	0	—

Примечания.

* *Кевлар* — торговое название волокна на основе поли-*n*-фенилен-терефаламида $[-\text{NH}\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}\text{COC}_6\text{H}_4\text{CO}-]_n$. Его макромолекулы имеют форму стержня, что обеспечивает высокую прочность волокна, из которого изготавливают шинный корд и пуленепробиваемые жилеты.

Модуль упругости — нагрузка, необходимая для вытягивания волокна на 1 % от его первоначальной длины. Этот показатель характеризует деформируемость (легкость деформации, податливость) волокон при приложении к ним определенной нагрузки. Чем больше его величина, тем меньше изменяют свою форму изделия при их эксплуатации.

Разрывная прочность — прочность волокна при разрыве.

Удлинение характеризует отношение длины волокна после приложения определенной нагрузки к исходной длине волокна. Этот показатель определяет условия переработки волокна и эксплуатационные свойства изделий.

Устойчивость к истиранию — один из основных показателей, определяющих носкость изделий. Определяется при трении натянутого волокна о вращающийся валик до разрыва волокна. Устойчивость указана в баллах: 6 — очень хорошая, 4 — хорошая, 2 — удовлетворительная, 0 — неудовлетворительная.

Что же касается перспектив на XXI век, то пока еще нет достаточных данных для того, чтобы с достоверностью

предсказать всю картину. Однако прогнозы, касающиеся новых методов производства и судьбы основных многотоннажных волокон, делаются уже сегодня.

Прежде всего, как предполагается решить сырьевую проблему в будущем? Поскольку природные месторождения нефти, газа и угля не являются неисчерпаемыми, то в начале столетия в первую очередь должна возрасти цена на эти сырьевые материалы, которые необходимы для производства волокнообразующих синтетических полимеров. В связи с этим возрастет значимость возобновляемых сырьевых материалов, и в первую очередь целлюлозы. Причем предполагается для получения целлюлозы помимо древесины использовать и однолетние растения, например коноплю, солому, камыш, багассу и т.д. При этом химикам полезно будет сотрудничать с селекционерами, поскольку возникает потребность в селекции растений (деревьев) с высоким содержанием целлюлозы, которую можно будет легко выделять. Целлюлозу, выделенную из растений можно будет также использовать для производства целлюлозных волокон, а также в качестве исходного сырья для превращения в органические мономеры и полимеры. Например, уже есть способ получения таким путем алифатических полиамидов. Кроме того, будут развиваться микробиологические (с помощью микроорганизмов) методы синтеза целлюлозы и других полисахаридов, а также полиэфиров. В ближайшем будущем станет возможным и микробиологический синтез фиброиноподобных полипептидов. Исследования в этой области очень интенсивно ведутся во многих странах мира, и каждый день приносит новые результаты. Интересна возможность создания мономеров и волокнообразующих полимеров на основе диоксида углерода, азота и водорода из воздуха и воды. Этот путь технически возможен уже сегодня, но для его реализации необходимо создание альтернативных источников энергии.

В новом тысячелетии для удовлетворения возрастающих потребностей человечества необходимо будет интенсифицировать существующие производства химических волокон. К сожалению,

этот путь, а именно увеличение скоростей формования, повышение температуры, концентрации полимера и т.п., имеет чисто технические ограничения. Не следует ждать ошеломляющих результатов и от создания нового оборудования, принципиально новых конструктивных решений и автоматизации.

С этой точки зрения из трех возможных способов формования волокна наиболее перспективен процесс формования из расплава. Этим способом получают полиамидные (ПА), полиэфирные (ПЭ) и полипропиленовые (ПП) волокна. Из них наибольшие успехи будут достигнуты в производстве полиэфирных, затем полипропиленовых, а на третьем месте окажутся полиамидные волокна (рис. 3). Эта тенденция сложилась уже сегодня.

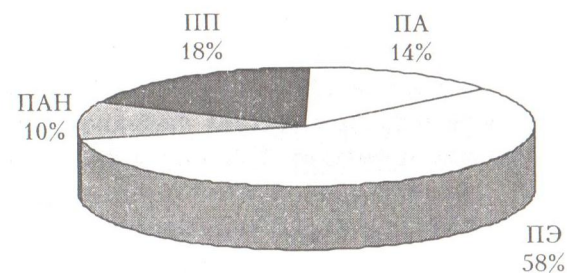


Рис. 3. Мировое производство основных синтетических волокон в 1998 г.

Затем идет мокрый способ формования. Так получают вискозные и полиакрилонитрильные волокна. Из них вискозное волокно выигрывает по гигиеническим показателям и возобновляемой сырьевой базе, но его подводит экология*.

* Вискозный процесс является самым вредным в промышленности химических волокон. Вискозные заводы в наибольшей степени загрязняют окружающую среду. На их долю приходится более 56 % всех загрязнений, сбрасываемых в сточные воды, 81 % газовых выбросов в атмосферу и почти 96 % всех не утилизируемых твердых отходов. Кардинальным решением проблемы охраны окружающей среды при производстве гидратцеллюлозных волокон является создание нового процесса, обеспечивающего перевод целлюлозы в растворенное состояние без использования сероуглерода.

В связи с этим перспективны альтернативные способы получения гидратцеллюлозных волокон с применением новых растворителей, не содержащих сероуглерода, а следовательно, позволяющих осуществить экологически безвредный технологический цикл.

Например, в результате усилий ученых и технологов США был создан процесс получения гидратцеллюлозного волокна из растворов целлюлозы в N-метилморфолин-N-оксиде. В 1992 г. фирма Куртольдс построила первый завод на 58 тыс. тонн волокна в год. В настоящее время волокно, которое получило название «Лиоцелл», производят на небольших заводах в Великобритании, Австрии и Германии, и в 2002 г. планируется выпустить 300 тыс. тонн*. А в конце 80-х — начале 90-х годов белорусскими учеными из НИИ ФХП Белгосуниверситета (Д.Д.Гриншпан и сотрудники) были разработаны бессероуглеродные процессы получения волокон из раствора целлюлозы в диметилформамиде, содержащем тетраоксид диазота (камилон), а также из раствора целлюлозы в водном растворе хлорида цинка. Выпуск опытных партий волокон был осуществлен на опытно-промышленных установках ВНИИ синтетических волокон (г. Тверь, в то время г. Калинин) и ПО «Химволокно» (г. Светлогорск).

Предложенные процессы, и в особенности водно-солевой, явились прекрасной альтернативой вискозному, так как обеспечивали сокращение числа технологических стадий, снижение выбросов вредных веществ в атмосферу в 10 и более раз, а в сточные воды более, чем в 100 раз. При этом готовые волокна по основным физико-механическим показателям не уступали вискозному и имели ряд отличительных особенностей. Например, волокно «камилон» (сокращение от

* Общий объем производства целлюлозных химических волокон в этом году должен составить 2,6–2,8 млн тонн. При этом хлопковых волокон будет выпущено 18–20 млн тонн, шерстяных — 1,8–1,9 млн тонн, синтетических — 23–26 млн тонн.

Калинин-Минск и лон- — традиционный суффикс, используемый в названиях волокон), отличалось блеском, формоустойчивостью и в 3–5 раз большей, чем у вискозы накрашиваемостью. Экспериментальное волокно, полученное из водно-солевого раствора целлюлозы, имело более высокие, чем у вискозного, прочность в петле и модуль упругости, а его поперечный срез имел почти правильную круглую форму, характерную для вискозных высокомолекулярных, т.е. очень прочных волокон.

К сожалению, эти очень перспективные научные разработки так и не были внедрены. При этом ситуация с тех пор не изменилась. Причина весьма банальна: создание нового технологического процесса получения такого многотоннажного продукта, каким являются целлюлозные волокна, требует вложения десятков миллионов долларов, что было абсолютно нереально в условиях плановой социалистической экономики и по-прежнему неосуществимо в нынешней экономической ситуации. Сегодня можно внедрить только разработки, касающиеся продуктов, которые выпускаются в малом объеме, т.е. продуктов малотоннажной химии. Поэтому отечественным потребителям химических волокон остается только надеяться, что деньги на внедрение НИР все-таки будут составлять значительную часть государственного бюджета, а те, у кого изобретения еще впереди, не раздумают их делать и внедрять.

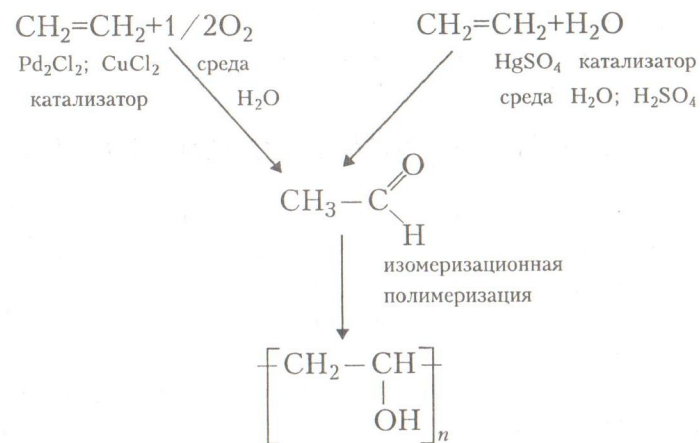
Что же касается метода сухого формования, то он, единственный из трех возможных методов формования химических волокон, не имеет резервных возможностей для интенсификации. Этим способом получают ацетатные волокна.

Как о перспективном направлении следует упомянуть о модификации (химической, физической, физико-химической) химических волокон, которая позволит расширить их ассортимент.

Наибольшие возможности с точки зрения развития производства химических волокон сегодня приписывают мето-

дам биомиметики (химической бионики), т.е. методам, производящим природные процессы. Это направление включает разработку таких процессов формования, которые повторяют процессы образования волокон в природе. Привлекательность природного процесса состоит в меньшем числе стадий и меньшей энергоемкости. Итак, вполне возможно, что ученые смогут воспроизвести действия паука или гусеницы шелкопряда или же процесс формирования растительных волокон. Автоматически это модное направление включает и разработку методов синтеза исходных полимеров для таких процессов, которые представляют собой блок-сополимеры с регулярно чередующимися гибкими и жесткими блоками и т.п. (например, получение фиброиноподобных полипептидов).

В будущем будет интересным обсудить возможность применения воды как растворителя в производстве волокон, так как такой процесс не только экологически чист, но и не требует регенерации растворителя. Именно поэтому возрастает интерес к поливинилспиртовым (ПВС) волокнам (составное повторяющееся звено — $\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})-$), производство которых развивается в течение последних трех-четырёх десятилетий. Для придания устойчивости к воде (ПВС в воде растворим) его химически модифицируют: сшивают ацетальдегидом по гидроксильным группам и т.п. Однако поскольку сегодня синтез ПВС из поливинилацетата путем его гидролиза многостадийен, энергоемок и связан с использованием больших объемов растворителей, будет рассматриваться вариант реализации прямого синтеза ПВС изомеризационной полимеризацией ацетальдегида.



Подводя итог вышеприведенным рассуждениям, можно сделать вывод о том, что еще и в наступающем тысячелетии нам опять предстоит отвечать на вопрос: натуральные? искусственные? синтетические?

1. Элиас Г.Г. Мегамолекулы. — Л.: Химия, 1990. — 270 с.
2. Роговин З.А. Основы химии и технологии химических волокон. — Т. 1. — М.: Химия, 1974. — 518 с.
3. Энциклопедия полимеров. — Т. 1. — М.: Советская энциклопедия, 1972. — 1222 с.
4. Общая газета. — 1999. — № 46. — 18–24 ноября.
5. *Perepelkin K.E.* Principal Regularities and Development Tendencies of Chemical Fiber Formation Processes. View to next century // In Papers of the Intern. Conf. Chem. Fibres-2000. — 2000. — P. 22–48.