

Е.Б. Свиридов, В.К. Дубовый

КНИГА О ПОЛИМЕРАХ

**СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ,
ИСТОРИЯ И СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

2-е издание, исправленное и дополненное

Архангельск
САФУ
2016

УДК 678.0
ББК 24.7
С24

*Рекомендовано к изданию научно-техническим советом
Северного (Арктического) федерального университета
имени М.В. Ломоносова*

Рецензенты:

доктор химических наук, заведующий аналитической лабораторией
Института высокомолекулярных соединений РАН *В.Д. Красиков*;
доктор технических наук, профессор кафедры технологии бумаги
и картона Санкт-Петербургского государственного технологического
университета растительных полимеров *А.С. Смолин*

Свиридов, Е.Б.

С24 Книга о полимерах: свойства и применение, история и сегодняшний
день материалов на основе высокомолекулярных соединений / Е.Б. Свири-
дов, В.К. Дубовый; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – 2-е изд., испр. и доп. – Ар-
хангельск: САФУ, 2016. – 392 с.: ил.
ISBN 978-5-261-01096-8

Изложенные в книге данные о современном состоянии науки и технологии
высокомолекулярных соединений представлены в форме, облегчающей по-
нимание сложных и необычных свойств и закономерностей, характерных для
этих веществ. Большое внимание уделяется также практическому применению
полимерных материалов, истории отрасли и создавшим ее ученым и техноло-
гам.

Для широкого круга читателей: от старшеклассников, студентов и специ-
алистов в различных отраслях народного хозяйства до всех, кому не чуждо
такое ценное человеческое качество, как любознательность.

УДК 678.0
ББК 24.7

ISBN 978-5-261-01096-8

© Свиридов Е.Б., Дубовый В.К., 2015
© Свиридов Е.Б., Дубовый В.К.,
с изменениями, 2016
© Северный (Арктический) федеральный
университет имени М.В. Ломоносова, 2016

*Всем нашим Учителям
посвящается*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Побудительным мотивом появления этой книги стало то нерадостное обстоятельство, что, несмотря на огромный и незаменимый вклад, который высокомолекулярные соединения вносят в общечеловеческую материальную культуру, широко распространенной остается вопиющая неосведомленность в этой области науки и даже явная недооценка материалов на основе полимеров. Особенно досадно, что все вышесказанное в полной мере относится к молодежи, которая будет жить в мире, насыщенном этими веществами в еще большей степени, чем мир современный. Сложившееся положение связано, на наш взгляд, с тремя основными обстоятельствами.

Во-первых, это внешняя «неяркость», незаметность достижений науки о высокомолекулярных соединениях, которая в этом отношении никак не может конкурировать с компьютерными технологиями или, тем более, с миром гламура, бизнеса, политики и прочего.

Во-вторых, это традиционно невысокий уровень химических знаний и, тем более, знаний в области полимеров среди неспециалистов. Даже хорошо подготовленные в своей области люди не рискуют хоть немного углубиться в такую чуждую им сферу, оставаясь «прикованными» к своим знаниям (безусловно, глубоким и очень ценным), подобно пушкинскому ученому коту, который, как известно, «...все ходит по цепи кругом».

В-третьих, это действительно сложные, необычные и непривычные свойства высокомолекулярных соединений. Заметим попутно, что именно эти свойства и таят в себе практически безграничные возможности применения полимерных материалов, являясь одной из причин их широчайшего распространения.

Итак, в настоящее время существует нечетко очерченная, но реальная дистанция (чтобы не сказать – пропасть) между современным уровнем науки о высокомолекулярных соединениях и уровнем знаний и навыков неспециалиста, а зачастую и выпускника химического вуза. Эта дистанция затрудняет решение технических задач, связанных с применением полимеров, создает даже некое психологическое отторжение и опасение перед такими задачами, ограничивает общую ориентировку в мире современных материалов. А хотелось бы, наоборот, чтобы наука о полимерах не отпугивала, а привлекала внимание молодежи школьной, абитуриентской и студенческой, да и самого

широкого круга людей, не лишенных такого важного человеческого качества, как любознательность.

Сложившуюся неблагополучную ситуацию все же можно, по нашему мнению, улучшить за счет усвоения не очень большой по объему, но специально организованной системы знаний и представлений. Разработку такого подхода и поставили перед собой задачей авторы.

Книга не является вводным курсом в химию и технологию высокомолекулярных соединений. Действительно, с необходимым объемом информации по этой тематике читатель может ознакомиться в уже имеющихся учебниках, справочниках и научно-популярных изданиях, дублировать которые нет никакого смысла. Идея книги заключается в подаче материала в более доступной и приближенной к практике форме. Мы исходили из того, что формулы, цифровые данные и определения забываются быстро, но если авторам удастся передать, а читателю понять и «прочувствовать» основные закономерности, управляющие миром полимеров, прямо связать их с предметами и явлениями окружающего мира, с практической деятельностью, то это уже может существенно помочь правильному подходу к решению той или иной технической задачи¹.

Можно сказать, что в книге сделана попытка рассказать просто о вещах заведомо непростых, используя для этого несколько подходов и приемов. Так, используется язык, по возможности неотягощенный «академическим слогом», иногда применяется легко воспринимаемая диалоговая или дискуссионная форма изложения материала. Широко используются образы и сравнения, направленные на преодоление преград между общим (даже химическим) и специфическим (полимерным) менталитетами. Приведены многочисленные примеры практического применения полимерных материалов, в том числе в быту, а также необычные или даже курьезные случаи (гл. 4, 6–7). Отдельная глава посвящена истории развития полимерной химии, рассказам о замечательных ученых, изобретателях и технологах, малоизвестным обстоятельствам открытий и изобретений в этой области (гл. 4). Изложение основного материала сопровождается многочисленными ссылками, техническими, историческими экскурсами, дающими более глубокое представление о рассматриваемом вопросе (приложения к главам). Формированию и закреплению полученных знаний призваны помочь примеры практического решения нескольких нестандартных задач, которые стали возможными именно за счет понимания и использования специфических свойств высокомолекулярных соединений, т. е. всего того, что авторы объединили термином «полимерная специфика» (гл. 10).

Такой подход, как мы надеемся, позволит сформировать более глубокое, «объемное» и имеющее практическую ценность представление об изучаемом

¹ Особое внимание на эту книгу советуем обратить выпускникам технических вузов, которым она облегчит преодоление порога от теории к лабораторной и производственной практике, требующей, в частности, знания свойств современных полимерных материалов и умения их применять.

предмете, а сам текст сделает небезынтересным и небесполезным для вдумчивого эрудированного читателя.

При подготовке издания была использована обширная специальная и научно-популярная литература, а также личный опыт авторов, длительное время работавших в сфере синтеза и применения высокомолекулярных соединений как в научно-исследовательских организациях и в сфере образования, так и на производстве.

ОБРАЩЕНИЕ К ЧИТАТЕЛЮ

Отпускай хлеб твой по водам, потому
что по прошествии многих дней опять
найдешь его.

Екклесиаст

Безграничен современный мир знаний, бесценен опыт поколений. Сколько великих достижений мысли и сердца накоплено за тысячелетия истории человечества: наука, искусство, промышленность! Как много интересного и как много еще надо сделать. Но, с другой стороны, сама безбрежность этого мира, обилие информации усложняет выбор жизненного пути, который должен сделать каждый молодой человек. Многие идут по стопам родителей или пользуются советом друзей. В этом нет ничего плохого, но бывает так, что, сделав поспешный или необдуманный шаг, приходится потом жалеть. Изменить специальность на ту, которая действительно по душе, способен далеко не каждый, особенно с возрастом...

Наше время имеет то преимущество, что доступны огромные массивы информации, казалось бы: «Юноше, обдумывающему житье...»¹, смотри, думай, выбирай! Компьютерные технологии, естественные и гуманитарные науки, нано- и биотехнологии, литература, бизнес, политика. Но выбор сделать все равно трудно. Ведь фактически идет выбор не только специальности, выбираются приоритеты, система ценностей, образ жизни, а главное, выбираются люди, которые будут Вас окружать. Вот если бы была возможность понять и почувствовать «the zest for life»², отличающий специалистов в разных областях и типах профессиональной деятельности, то, что определяет их цели, виденье мира, реальные мотивы деятельности!

Но, внимание! Есть риск, что нас поймут слишком буквально. Разговор идет не о стяжании, разговор о тех не часто встречающихся людях, которые стремятся к целям, вряд ли доступным для корыстных глаз, о тех, кто идет по жизни трудной, но осмысленной и достойной дорогой. Разговор об ученых, изобретателях и всех Созидателях. Разговор о тех, кто не стремится к публичности, о тех, кому искренне нравится их работа, о тех, кто не ждет с нетерпением конца рабочего дня, о тех, для кого «понедельник начинается в субботу»³, о тех, кому вообще интересно жить. Разговор идет о тех, кто, по

¹ В. В. Маяковский (1893–1930), поэма «Хорошо!».

² The zest for life (англ.) — интерес к жизни, жажда жизни.

³ А.Н. Стругацкий и Б.Н. Стругацкий, одноименная повесть.

словам классиков, «хочет странного»⁴. Странного для многих, но не для Созидателей, Творцов, которые во все времена очень раздражали людей другого рода (имя им – легион), преследующих в жизни совсем иные цели и исповедующих совсем иные ценности (см. *Приложение к главе 4, Исторический экскурс № 2, п. 12; Техничко-исторический экскурс № 20, п. 6*).

Очень точно выразился Д. И. Менделеев: «Зная, как привольно, свободно и радостно живется в научной области, невольно желаешь, чтобы в нее пошли многие...». Но как дать молодежи возможность почувствовать и полюбить атмосферу творчества, любви и уважения к знаниям, смелости мышления, высоты целей и помыслов, блестящего образования и эрудиции? Наверное, это можно сделать только во время личного общения, а точнее, при совместной работе с людьми, несущими эти качества. А поскольку судьба не ко всем так благосклонна, как она была к авторам, то, может быть, полезной окажется эта книга, посвященная только одной из большого числа интереснейших отраслей науки и техники, а именно свойствам и применению высокомолекулярных веществ (полимеров) и, конечно, людям, создававшим и создающим эту науку.

⁴ Они же в рассказе «Попытка к бегству».

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Обращение к читателю	6
Глава 1. Что такое полимер и чем полимеры отличаются от других веществ	8
1.1. Что может быть интересного в этих полимерах.....	10
1.2. Особенности поведения полимеров при приложении механической нагрузки	20
1.3. Высокоэластическое состояние полимеров	22
1.4. Склонность полимеров к переходу в анизотропное состояние	23
1.5. Зависимость величины деформации от скорости приложения нагрузки.....	25
1.6. Растворы и расплавы полимеров	26
Приложение к главе 1	28
Глава 2. Кому, когда и зачем потребовались полимеры	32
Глава 3. Какие бывают полимеры	38
Глава 4. Очерки истории развития химии и технологии полимеров ..	43
4.1. Немного о природных полимерах	44
4.2. Первые искусственные полимеры и их создатели.....	45
4.2.1. Первые искусственные пластмассы	49
4.2.2. Первые искусственные волокна.....	56
4.2.3. Искусственные пластмассы, волокна и пленки начала XX века	59
4.3. Сок «плачущего дерева» и синтетические каучуки	63
4.3.1. Натуральный каучук	63
4.3.2. Краткий и простой рассказ о долгой и трудной истории создания синтетических каучуков	69
4.4. Путь к вершине, или как создавались синтетические полимеры	75
4.4.1. Первые, «случайные» синтетические полимеры	76
4.4.2. Начало эры синтетических полимеров	78
4.4.3. Кто доказал, что полимер – это полимер, и почему это так важно	82
4.4.4. Бурное послевоенное развитие химии и технологии полимеров	85
4.4.5. Поликонденсация и судьба Уоллеса Карозерса.....	88
Приложение к главе 4	90

Глава 5. Почему у полимеров необычные свойства	134
5.1. Релаксационные явления	134
5.2. Три агрегатных состояния вещества и четыре физических состояния полимеров	138
5.3. «Стеклянные» полимеры	143
5.3.1. Вынужденная высокоэластичность полимеров.....	148
5.3.2. Волокна полимерные и не только	151
5.4. Каучук – ни на что не похожее вещество. Энтропия и «энтропийная упругость»	154
5.5. Растворы, расплавы, студни и смеси полимеров	161
5.5.1. Пластификация полимеров и полимерные студни	167
5.5.2. Смеси полимеров	170
5.6. Кристаллы и надмолекулярные образования в полимерах	171
<i>Приложение к главе 5</i>	171
 Глава 6. Современные синтетические полимеры. «Большая четверка»	190
6.1. Полиэтилен – полимер «счастливчик»	195
6.1.1. Полиэтилен высокого давления	196
6.1.2. Открытие Карла Циглера. Полиэтилен низкого давления.....	204
6.1.3. Полиэтилен среднего давления и другие виды этого полимера	207
6.2. Открытие Джулио Натта. Полипропилен	211
6.3. Поливинилхлорид	214
6.4. Полистирол	218
<i>Приложение к главе 6</i>	221
 Глава 7. Полимерная «мозаика» (экспресс-путешествие по миру полимеров)	227
7.1. Полиэфирные смолы	227
7.1.1. Полиэтилентерефталат	228
7.1.2. Алкидные смолы	231
7.1.3. Полиэфиры предельные и непредельные	234
7.1.4 Полиарилаты	236
7.1.5. Поликарбонат	236
7.1.6. Поливинилацетат	240
7.1.7. Полиформальдегид	242
7.2. Кремнийорганические полимеры	247
7.3. Полиуретаны	249
7.4. Эфиры и другие производные полиакриловой кислоты	254
7.5. Фторопласты	262
7.6. Эпоксидные смолы	266
7.7. Полиамиды	270
7.8. Фено- и аминопласты	276
7.9. Композиционные материалы	279
7.10. Что и как можно склеить с помощью полимеров	284
<i>Приложение к главе 7</i>	293

Глава 8. Термостойкость и термостойкие полимеры	304
8.1. Как сделать макромолекулу прочнее	307
8.2. Зачем нужно растворять термостойкие полимеры	318
8.3. Как сделать термостойкие полимеры растворимыми	320
<i>Приложение к главе 8</i>	323
Глава 9. Неорганические полимеры	332
9.1. Природные неорганические полимеры	333
9.2. Синтетические неорганические полимеры	335
9.2.1. Полифосфазены	335
9.2.2. Прекерамические неорганические полимеры	338
<i>Приложение к главе 9</i>	342
Глава 10. Несколько примеров решения нестандартных технических задач с помощью полимеров	344
10.1. Случай первый. Покрытие, к которому ничего не липнет	344
10.2. Случай второй. Полимер, который умел сам себя «лечить»	347
10.3. Случай третий. Полимер, который «хотел быть слишком большим»	354
10.4. Случай четвертый. «Водолюбивый» полиэтилен	361
<i>Приложение к главе 10</i>	366
Глава 11. Основные способы переработки полимерных материалов	370
Закключение.....	376
Полимерный словарь	377
Список литературы	388