

ИСТОРИЯ ХИМИИ

УДК 541.6

DOI 10.26456/vtchem2020.2.19

100 ЛЕТ НАУКЕ О ПОЛИМЕРАХ

П.М. Пахомов

ФГБОУ ВО Тверской государственный университет, г. Тверь

Отмечено, что в 1920 г. Герман Штаудингер вводит понятие «макромолекула», и с этого момента ведет отсчет наука о полимерах. Рассмотрен научный вклад в полимерную науку Г. Штаудингера, У. Карозерса и Г. Марка, являющихся основоположниками этой науки. Перечислены лауреаты Нобелевской премии, исследования которых связаны с полимерной наукой. Рассмотрен вклад российских ученых в становление науки о полимерах. Выделены две научные школы по полимерам в СССР: ленинградская и московская. Отмечена выдающаяся роль академика В.А. Каргина в становлении полимерной науки и создании научной полимерной школы в СССР.

Ключевые слова: макромолекулы, полимеры, наука о полимерах, основоположники науки о полимерах, академик В.А. Каргин

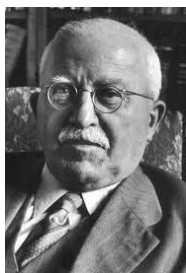
Каждая эпоха развития человечества всегда имела название, связанное с наименованием основного материала, из которого изготавливались орудия производства: *каменный век, бронзовый век, железный век*. Время, в котором мы живем все чаще называют *веком полимеров*, так как с каждым годом полимерные материалы все шире и увереннее проникают во все отрасли техники и быта человека. Человек давно использует природные полимерные материалы (кожу, шерсть, меха, хлопок, натуральный шелк и каучук и др.) в своей жизни для изготовления одежды, обуви, строительных и др. материалов. Такие природные полимеры, как полисахариды, белки и нуклеиновые кислоты, составляют главную часть сухой массы растений и живых организмов.

Синтетические полимеры (полиолефины, полиамиды, полиэфир и др.) впервые синтезировал человек. Их суммарное производство в мире по объему и тоннажу превышает суммарное производство черных и цветных металлов. Уникальные свойства полимеров реализованы в таких материалах, как пластмассы, волокна и пленки, синтетический каучук и резина, лаки и краски и др. В связи с этим возникла

необходимость включения предмета «*Высокомолекулярные соединения*» в программу всех вузов, где изучаются химические дисциплины.

В 2020 г. исполняется 100 лет науке о полимерах. Невозможно перечислить всех ученых, внесших вклад в формирование новой науки. Мы можем упомянуть лишь некоторых из них, чьи имена связаны с развитием науки о полимерах. Хотя первые полимеры были синтезированы еще в 30-х гг. XIX в. (в 1833 г. Берцелиус первым ввел в обиход слово «*полимер*» и путем этерификации получил полиоксипропилен, в 1839 г. Симон провел полимеризацию стирола, а Ч. Гудияр в 1844 г. – вулканизацию природного каучука), однако настоящий прогресс в полимерной химии произошел уже в XX в.

Основоположником (отцом) науки о полимерах следует считать проф. Фрайбургского университета Г. Штаудингера (Hermann Staudinger) [1]. В 1920 г. именно он первым вводит понятие «*макромолекула*» и предлагает цепную теорию строения макромолекул для уже известных тогда полистирола, полиоксиметилена и полиформальдегида. С этого момента ведет отсчет современная наука о полимерах (макромолекулярная химия). Цепная теория впервые дала представление о полимерах как о веществах, размер молекул которых на несколько порядков отличается от размера молекул низкомолекулярных соединений, что приводит к резким качественным различиям в свойствах соединений этих двух классов.



Г. Штаудингер
(1881 -1965)



У.Х. Карозерс (1896 -1937)



Г.Ф. Марк (1895 – 1992)

В 1953 г. Г. Штаудингеру присуждается Нобелевская премия за существенный вклад в развитие науки о полимерах.

Утверждению идей Г. Штаудингера в значительной степени способствовали блестящие экспериментальные работы У.Х. Карозерса (Wallace Hume Carothers) отца синтетических полимерных волокон, который работал на американской фирме «Дюпон». Предвоенные годы (Вторая мировая война) ознаменовались быстрым развитием автомобильной и авиационной промышленности. Ограниченные поставки природных материалов, таких как шелк и каучук, обусловили необходимость увеличения производства синтетических заменителей,

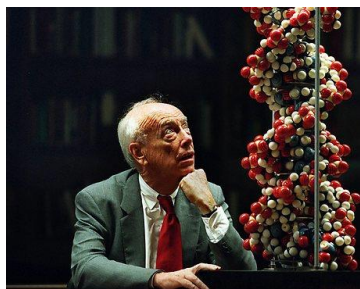
таких как нейлон и синтетический каучук. Исследования Карозерса [2], как раз, и явились основой для создания целого ряда новых полимеров (полиамиды, полиэфиры и др.) и волокон на их основе, так необходимых промышленности.



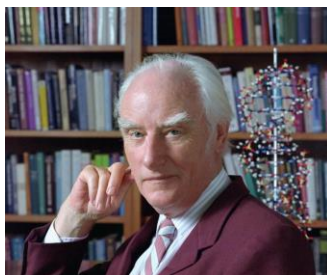
Велик вклад в современную науку о полимерах американского химика австрийского происхождения, обладателя множества учёных степеней и научных наград Г. Марка (Herman Francis Mark) [3,4]. В 1946 г. Герман Марк основал Исследовательский институт полимеров в Бруклинском политехническом институте, первом в США исследовательском центре, посвященном изучению полимеров. Он развил науку о полимерах как отдельную область химических знаний, разработал первую программу обучения науке о полимерах. Его основные научные труды посвящены использованию различных экспериментальных и теоретических методов для исследования строения и свойств полимеров. Благодаря работам Г. Марка, Е. Гута, В. Куна, У.Г. Стокмайера, Я.И. Френкеля, М.В. Волькенштейна, П.П. Кобеко, А.П. Александрова, С.Н. Журкова, В.А. Каргина, С.С. Медведева, К.А. Андрианова, В.В. Коршака и многих других зарубежных и отечественных ученых сформировалась современная теория строения полимеров, согласно которой полимеры построены из длинных гибких нитевидных молекул, способных изменять свою форму, молекулярная масса полимеров достигает десятков и сотен тысяч. Из зарубежных ученых остановимся лишь на лауреатах Нобелевской премии, чьи работы внесли существенный вклад в развитие науки о полимерах.

Блестящие результаты в настоящее время достигнуты в области синтеза биополимеров, особенно после открытия в 1953 г.

Дж. Уотсоном (James Dewey Watson), Ф. Криком (Francis Harry Compton Crick) и М. Уилкинсом (Maurice Hugh Frederick Wilkins) двойной спирали ДНК (Нобелевская премия 1962 г.) [5,6].



Дж. Уотсон (1928)

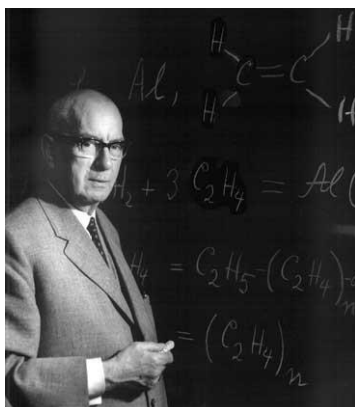


Ф. Крик
(1916-2004)



М. Уилкинс
(1916-2004)

Значительным событием в химии полимеров явилось открытие К. Циглером (Karl Waldemar Ziegler) и Дж. Натта (Giulio Natta) в 1955 г. метода синтеза стереорегулярных полимеров, отличающихся регулярностью структуры и чрезвычайно высокими физико-механическими характеристиками (Нобелевская премия 1963 г.) [7, 8].



К. Циглер (1898-1973)



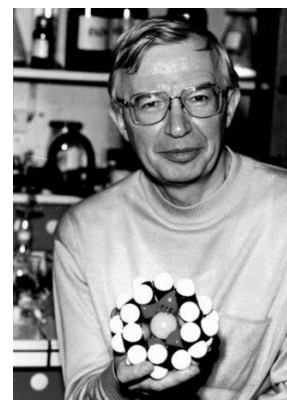
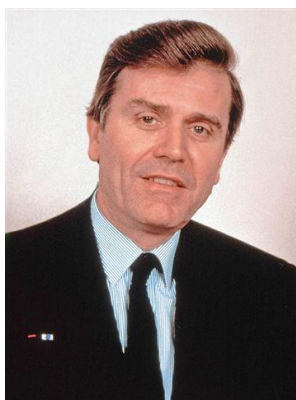
Дж. Натта (1903-1979)

В 1974 г. за выдающиеся достижения в области теоретической физики и химии полимеров Нобелевская премия присуждается американскому ученому П.Дж. Флори (Paul John Flory) [9, 10].

За разработку обобщенной теории фазовых переходов с конкретными приложениями для описания упорядочения и фазовых переходов в полимерах и жидких кристаллах П.-Ж. де Жену (Pierre-Gilles de Gennes) в 1991 г. присуждается Нобелевская премия. Физика полимеров рассматривается им как новое направление теоретической физики, основанное на глубокой аналогии между статистической теорией

полимеров и современной флуктуационной теорией фазовых переходов и критических явлений [11].

В 1987 г. Нобелевская премия присуждается Жан-Мари Лену (Jean-Marie Lehn), Д.Дж. Краму (Donald James Cram) и Ч.Дж. Педерсену (Charles John Pedersen) «за разработку и применение молекул со структурно-специфическими взаимодействиями с высокой селективностью» [12,13]. Жан-Мари Лен является одним из первых новаторов в области супрамолекулярной химии, т.е. химии молекулярных комплексов типа "гость-хозяин", образующихся в результате слабых межмолекулярных взаимодействий, в том числе супрамолекулярных полимеров, и продолжает новшества в этой области.



П. Флори (1910-1985) Ж.-П. де Жен (1932-2007) Жан-Мари Лен (1939)

В 1987 г. Нобелевская премия присуждается Жан-Мари Лену (Jean-Marie Lehn), Д.Дж. Краму (Donald James Cram) и Ч.Дж. Педерсену (Charles John Pedersen) «за разработку и применение молекул со структурно-специфическими взаимодействиями с высокой селективностью» [12,13]. Жан-Мари Лен является одним из первых новаторов в области супрамолекулярной химии, т.е. химии молекулярных комплексов типа "гость-хозяин", образующихся в результате слабых межмолекулярных взаимодействий, в том числе супрамолекулярных полимеров, и продолжает новшества в этой области.

В 2000 г. А.Г. МакДиармид (Alan Graham MacDiarmid), А. Хигер (Alan J. Heeger) и Х. Ширакава (Hideki Shirakawa) получают Нобелевскую премию за открытие и создание электропроводящих полимеров [14]. У проводящих полимеров большие преимущества перед металлами: они легки и химически более устойчивы.

В 2002 г. Нобелевская премия вручается Дж.Б. Фенну (John Bennett Fenn) и К. Танаке (Koichi Tanaka) за разработку методов идентификации и структурного анализа биологических макромолекул, а также

К. Вютриху (Kurt Wüthrich) за определение пространственной структуры белковых молекул в растворе с помощью ЯМР спектроскопии.

В 2005 г. Нобелевская премия была присуждена французу Ив Шовену (Yves Chauvin) и американцам Роберту Граббсу (Robert H. Grubbs) и Ричарду Шроку (Richard R. Schrock) за открытие и разработку реакции метатезиса (обмена или диспропорционирования) в органическом синтезе. В настоящее время метатезис представляет собой крупную главу в органической химии. Большинство таких реакций проходит в одну стадию и без образования побочных продуктов, что позволяет создавать на их основе экологически безопасные производства. Метатезис открыл возможность синтеза новых лекарственных препаратов, пестицидов, органических реактивов и полимеров со специфическими свойствами.



А. МакДиармид
(1927-2007)



А. Хигер (1936)



Х. Ширакава (1936)



Дж.Б. Фенн
(1917-2010)



К. Танака (1959)



К. Вютрих (1938)



И. Шовен (1930)



Р. Граббс (1942)



Р. Шрок (1945)

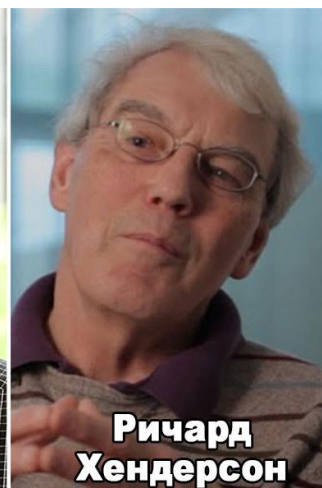
Наконец Нобелевская премия 2017 г. в области химии присуждена за разработку криоэлектронной микроскопии для определения структуры молекул с высоким разрешением в растворе. Лауреатами премии стали Жак Дюбоше (Jacques Dubochet, 1942), Иоахим Франк (Joachim Frank, 1940) и Ричард Хендерсон (Richard Henderson, 1945). Криоэлектронная микроскопия позволяет наблюдать биомолекулы, замораживая их очень быстро с сохранением естественной структуры. В итоге, с помощью электронного микроскопа стало возможным получать трехмерные изображения рассматриваемых живых объектов. К 2013 г. разрешение метода стало феноменальным. Появились изображения всевозможных молекулярных белков, например, тех, благодаря которым у бактерий появляется устойчивость к антибиотикам. Удалось «сфотографировать» даже вирус Зика.



Жак Дюбоше



Иоахим Франк

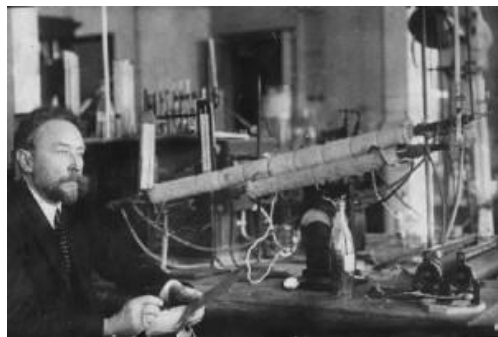


Ричард Хендерсон

Параллельно с исследованиями зарубежных ученых в области полимерной химии аналогичные работы проводились и в России. В 30-40-х гг. XX в. в Советском Союзе можно условно выделить две научные школы по полимерам: ленинградскую и московскую. К ленинградской школе, в первую очередь, следует отнести таких ученых, как С.В. Лебедев, Я.И. Френкель, В.К. Фредерикс, А.П. Александров, С.Н. Журков, П.П. Кобеко, В.Р. Регель, Е.В. Кувшинский, Ю.С. Лазуркин, С.Е. Бреслер и др.

В 1926-1927 гг. академиком С.В. Лебедевым с группой сотрудников был разработан метод получения бутадиенового каучука из этилового спирта. В течение 1930 г. в Ленинграде был построен Опытный завод, на котором впервые в мире в 1932 г. был осуществлен промышленный выпуск синтетического полибутадиенового каучука [15].

Основные работы выдающегося ученого-теоретика Я.И. Френкеля относятся к различным разделам физики: физике твердого тела (в том числе полимерам), магнетизму, физике жидкостей, физике ядра,



С.В. Лебедев
(1874 – 1934)

астрофизике и др. В его монографии [16] отдельная глава посвящена теории высокомолекулярных соединений. Например, в совместных исследованиях с С.Е. Бреслером [17, 18] им заложены основы конфигурационной статистики полимерных цепей.

А.П. Александров



А.П. Александров
(1903-1994)



П.П. Кобеко
(1897-1954)



С.Н. Журков (1905-1997)

совместно с П.П. Кобеко и С.Н. Журковым в Ленинградском физико-

техническом институте разработали статистическую теорию прочности полимеров, показали, что реальные свойства полимеров зависят от кинетики развития высокоэластической деформации и что стеклование полимеров обусловлено возрастанием времени релаксации с понижением температуры. Работы, выполненные в 1933–1941 гг., составили основное содержание докторской диссертации А.П. Александрова «Релаксация в полимерах» [19, 20]. Его идеи послужили основой для ряда разделов современной науки о полимерах, вошли в монографии и учебники и на долгие годы определили пути развития многих разделов физики полимеров в нашей стране.

П.П. Кобеко внес существенный вклад в выяснение природы аморфного состояния полимеров. Его монография «Аморфные вещества» [21] и сегодня является настольной книгой для многих полимерщиков.

Первой крупной работой С.Н. Журкова была монография «Явление хрупкого разрыва» [19], написанная совместно с А.П. Александровым. Он изучил молекулярный механизм стеклования и развил теорию пластификации полимеров [22]. Однако основные исследования С.Н. Журкова посвящены выяснению природы прочности полимеров, изучению общих закономерностей механического разрушения в зависимости от температуры и длительности действия механического напряжения (*формула Журкова*). Его исследования в области физики прочности обобщены в монографии [23] и получили мировое признание.

В послевоенный период существенное влияние на развитие науки о полимерах оказали работы Б.А. Долгоплюска, С.Н. Данилова, С.Н. Ушакова, А.А. Короткова, М.М. Котона, М.В. Волькенштейна, В.Н. Цветкова и др. Остановимся лишь на некоторых наиболее значимых работах. В 1950-60-е годы сначала М.В. Волькенштейн [24], а затем его ученики [25] заложили основы применения методов статистической физики в науку о полимерах. Разработали поворотнo-изомерную теорию гибкости полимерных цепей, с помощью которой можно проводить количественные расчёты размеров полимерных клубков и другие характеристики полимерных цепей.



М.В. Волькенштейн
(1912-1992)



В.Н. Цветков
(1910-1999)

Значительный вклад в молекулярную физику полимеров и жидких кристаллов внес В.Н. Цветков – ученик В.К. Фредерикса. Он исследовал конформационные, оптические и гидродинамические свойства макромолекул. Сформулировал представления о равновесной и кинетической гибкости макро-

молекул различных классов, их конформациях. Развил общую теорию мезоморфного (промежуточного) состояния. Изучил молекулярное строение конкретных жесткоцепных и мезоморфных полимеров. Результаты его экспериментальных и теоретических исследований наиболее полно отражены в монографиях [26,27].

К московской научной школе по полимерам следует отнести П.П. Шорыгина, И.П. Лосева, С.С. Медведева, И.Л. Кнунянца, Х.С. Багдасарьяна, В.А. Каргина, К.А. Андрианова, С.Р. Рафикова, В.В. Коршака, А.Н. Праведникова, А.И. Китайгородского, Г.Л. Слонимского, Г.В. Виноградова, Ал.Ан. Берлина, Б.А. Кренцеля и многих других.

В 1928 г. под руководством П.П. Шорыгина была организована в МВТУ первая в СССР кафедра, готовившая специалистов по производству вискозного шёлка. В 1930 г. при разделении МВТУ на несколько вузов эта кафедра была передана в состав ВХА РККА, а в 1934 г. кафедра была переведена в МХТИ им. Д.И. Менделеева, где П.П. Шорыгин заведовал ею до сентября 1937 г. В 1931 г. по



П.П. Шорыгин
(1881-1939)

инициативе П.П. Шорыгина создается НИИ искусственного волокна (г. Мытищи), где под его научным руководством организуется ряд производств синтетических и целлюлозных волокон и работают такие молодые ученые, как А.Б. Пакшвер, З.А. Роговин, С.М. Липатов, В.А. Каргин, Н.В. Михайлов и С.П. Папков [28].

Доказав в 1937-1943 гг., что полимеризация – цепной процесс, С.С. Медведев, наряду с Карозерсом, заложили основы теории синтеза полимеров. Исследования академиком С.С. Медведевым (выпускником

Гейдельбергского университета) механизма реакций полимеризации и окисления, а также радикальной и ионной полимеризации получили всеобщее признание и послужили основой для создания промышленных процессов синтеза многих полимеров в СССР [29].



С.С. Медведев
(1891-1970)



К.А. Андрианов
(1904-1978)



И.Л. Кнунянц
(1906-1990)

Фундаментальные исследования К. А. Андрианова в области химии кремнийорганических соединений и И.Л. Кнунянца в области химии фторорганических соединений явились теоретической основой для создания в Советском Союзе производства кремний- и фторорганических полимеров.

Выдающийся химик К.А. Андрианов (уроженец Зубцовского района Тверской обл.) создал отечественную школу кремнийорганической химии. В 1937 г. он первым синтезирует новый тип элементоорганических полимеров – полиорганосилоксаны. К.А. Андрианов сочетал фундаментальные исследования с разработкой и внедрением в промышленность технологии получения широкого спектра ценнейших промышленных продуктов: пластмасс, кремнийорганических жидкостей, лаков, каучуков и смол [30-32]. К.А. Андрианов – академик, четырежды лауреат Сталинской премии и лауреат Ленинской премии, награждён шестью орденами, в том числе четырьмя орденами Ленина, Герой Социалистического Труда.

И.Л. Кнунянц совместно с З.А. Роговиным в 1947 г. получают полиамидное волокно «капрон». В дальнейшем И.Л. Кнунянц в ИНОЭС работает в области синтеза фторполимеров и фторкаучуков [33]. На основе полученных академиком И.Л. Кнунянцем фторорганических мономеров в г. Дзержинске на химическом комбинате были созданы органические стекла, термостойкие покрытия, материалы для вулканизации фторкаучуков. И.Л. Кнунянц – академик, генерал-майор, трижды лауреат Сталинской премии и лауреат Ленинской премии,

награждён многими орденами и медалями, Герой Социалистического Труда.

Академик Коршак В.В. (ученик П.П. Шорыгина) в 1938 г. организовал в Институте органической химии Академии наук СССР лабораторию высокомолекулярных соединений, которой руководил до 1988 года. Установил ряд закономерностей процесса поликонденсации, в т. ч. исследовал механизмы равновесной и неравновесной поликонденсации. Впервые в СССР синтезировал волокнообразующие полиамиды (1940, совм. с С.Р. Рафиковым). Открыл (1950-е гг.) новые реакции синтеза полимеров: полирекомбинацию, полиперearилирование, полициклоконденсацию; разработал (1960-е гг.) методы синтеза ряда термостойких полимеров: полипиразолов, полибензимидазолов, полиимидов, полифениленов и др.; синтезировал карбин. Автор 28 монографий по химии полимеров, в том числе [34-36].



В.А. Каргин
(1907-1969)



В.В. Коршак (1909-1988)



Х.С. Багдасарьян
(1908-2000)

Труды академика Х. С. Багдасарьяна посвящены исследованию кинетики и механизма реакций свободных радикалов и элементарных реакций фотохимии и радиационной химии. Он внёс большой вклад в развитие теории радикальной полимеризации, с его именем связано открытие и развитие новой области физической химии — двухквантовой фотохимии. Автор 4-х монографий, одна из которых — «Теория радикальной полимеризации» переведена на несколько иностранных языков [37].

Академик В.А. Каргин, детские годы которого прошли в г. Твери, сыграл определяющую роль в становлении современной науки о полимерах в СССР, как интегрированной области знания. В середине 30-х годов XX в., когда еще только зарождалась полимерная наука, он

свою научную деятельность полностью связал с изучением высокомолекулярных соединений. В конце 1930 гг. впервые показал (совместно с С.П. Папковым и З.А. Роговиным), что растворы полимеров являются термодинамически обратимыми системами, подчиняющимися правилу фаз. Исследования механических свойств полимеров привели В.А. Каргина к принципиально важным выводам о природе их физических и фазовых состояний. Во всех разделах полимерной химии (синтез, структура, свойства, технология и применение полимеров) Валентин Алексеевич Каргин оставил заметный научный след: разработка термомеханического метода и термовесы Каргина, правило Каргина при пластификации полимеров, модель Каргина-Слонимского, описывающая механические релаксационные свойства полимеров и т.д. [38-42].

В 1955 г. он открывает на химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова кафедру высокомолекулярных соединений. В основу новой



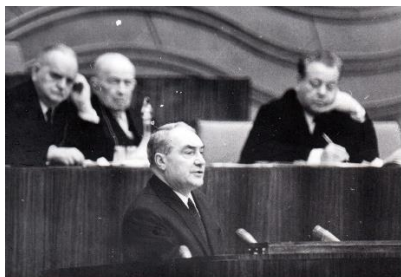
В.А. Каргин и П.В. Козлов со студентами кафедры ВМС МГУ

кафедры была заложена стратегическая концепция, интегрирующая химию и физику полимерных веществ в единую научную область. В 50-60-е годы его называют полимерщиком №1. В. А. Каргин вместе с академиком Н. Н. Семеновым внес решающий вклад в бурное развитие химической науки и промышленности СССР после Пленума ЦК КПСС в мае 1958 года,

посвященного химизации народного хозяйства.

Именно идеи Каргина о роли химии вообще и в особенности химии полимерных материалов в создании экономического потенциала страны легли в основу доклада Н. С. Хрущёва на этом Пленуме. Последовавшие затем организационные мероприятия ускорили развитие химических науки, образования и промышленности в стране. В.А. Каргин проводил большую организационную работу в Академии наук СССР, принимал активное участие в работе Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике. По его инициативе и поддержке в системе АН СССР были созданы новые НИИ, специализирующиеся в области полимеров: Научно-исследовательский институт химии и тех-

нологии полимеров им. академика В. А. Каргина, Институт химии высокомолекулярных соединений в Киеве, Институт механики полимеров в Риге, Институт механики металлополимерных систем в



Майский пленум ЦК КПСС 1958 г. об ускоренном развитии науки и промышленности.

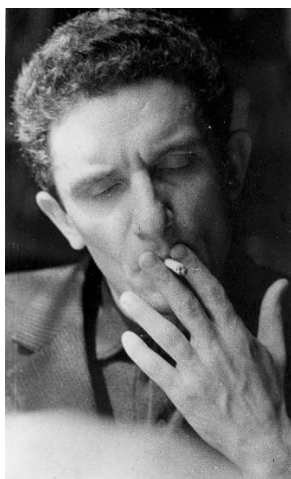
Гомеле. В составе некоторых академических институтов были организованы крупные отделы: Отдел полимерных покрытий в Институте физической химии АН СССР, Отдел стабилизации полимеров в Институте химической физики АН СССР, лаборатории по полимерам в Институте нефтехимического синтеза АН СССР, Институте общей и неорганической химии АН СССР, Институте органической химии АН СССР,

Институте элементоорганических соединений АН СССР, а также ряд научно-исследовательских лабораторий в Казахстане, Азербайджане и Узбекистане. Становление полимерной промышленности и науки в Твери также во многом обязано В.А. Каргину. Многие химические предприятия Твери, такие как «Химволокно», завод «Тверь-стеклопластик», завод «Искож», НИИ синтетического волокна (ВНИИСВ) были созданы по инициативе или при непосредственном участии Валентина Алексеевича.

В.А. Каргин создает мощную школу по физикохимии полимеров. Трое из первого поколения выпускников кафедры ВМС МГУ, непосредственные ученики Каргина (В.А. Кабанов, Н.А. Платэ, Н.Ф.



Н.А. Платэ (1934-2007)



Н.Ф. Бакеев
(1932-2016)



В.А. Кабанов
(1934-2006)

Бакеев), стали действительными членами Российской Академии наук. Кроме того, учениками В.А. Каргина являются Ю.С. Липатов, А.А. Тагер, Х.У. Усманов, С.Х. Факиров, М.М. Иовлева и многие другие.

С 1959 г. В. А. Каргин был главным редактором журнала «Высокомолекулярные соединения», издаваемого по его инициативе. При деятельной поддержке В. А. Каргина был начат выпуск журнала «Механика полимеров».

В.А. Каргин – академик, трижды лауреат Сталинской премии, лауреат Ленинской и Государственной премий, награждён шестью орденами, в том числе четырьмя орденами Ленина, Герой Социалистического Труда.

В настоящее время существенный вклад в развитие современной науки о полимерах внесли и вносят исследования академиков А.А. Берлина, А.Р. Хохлова, А.М. Музафарова, чл.-корр. А.Б. Зезина, В.П. Шибаева, В.Г. Куличихина, А.Н. Озерина, А.Л. Волынского и А.А. Ярославова также являющихся членами научной школы Каргина или тесно связанными с нею.

Список литературы

1. Staudinger H. Die Hochmolekularen Organischen Verbindungen. Berlin: Springer. 1932. 241 S.
2. Carothers W.H. Linear Condensation Polymers. U.S. Patent 2 071 250. filed July 1931, issued February 1937; Carothers W.H. High polymers. N.Y.: Interscience Publ. 1940.
3. Meyer K.H. and Mark H. Der Aufbau der hochpolymeren organischen Naturstoffe. 1930.
4. Mark H. Physical Chemistry of High Polymers. 1938; Mark H. Scientia. 1932. Band 51. S. 405–421.
5. Watson J.D. The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA. N.Y.: Atheneum. 1968.
6. Crick F. The double helix: a personal view // Nature. 1974. Vol. 248, № 5451. P. 766-769. Doi: 10.1038/248766a0.
7. Ziegler K., Breil H., E. Holzkamp E., Martin H., Verfahren zur Herstellung von hochmolekularen Polyäthylenen, DBP Patent 973626 . 1960.
8. G. Natta, P. Pino, P. Corradini, F. Danusso, E. Mantica, G. Mazzanti, G. Moraglio. Crystalline high polymers of α -olefins. JAMC. 1955. V.77. N6. P. 1708-1710.
9. Flory P. Principles of Polymer Chemistry. Ithaca. N.Y.: Cornell University Press. 1953. 672 p.
10. Flory P. Statistical Mechanics of Chain Molecules. N.Y.: Wiley-Interscience. 1969. 388 p.

11. De Gennes P.C. The Physics of Liquid Crystals. L.: Oxford Univ. Press. 1976; Де Жен П. Идеи скейлинга в физике полимеров. М.: Мир. 1982. 368 с.
12. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы. Новосибирск: Наука. 1998. 334 с.
13. Cram J.M. Container Molecules and their Guests. Great Britain: Royal Society of Chemistry. 1994. 223 p.
14. Shirakawa H., McDiarmid A., Heeger A. Twenty-five Years of Conducting Polymers. // Chem. Communication. 2003. P. 1-4.
15. Лебедев С.В. Жизнь и труды, Л. 1938.
16. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. М.: АН СССР. 1945. 424 с.
17. Bresler S. and Frenkel J. // Acta Physicochimica URSS. 1939. V.11. P.485.
18. Бреслер С.Е. и Френкель Я.И. // ЖЭТФ. 1939. Т.9. С. 1094.
19. Александров А.П., Журков С.Н. Явление хрупкого разрыва. Л.: Гостехтеориздат. 1933. 100 с.
20. Александров А.П. Собрание научных трудов. М.: Наука. 2006. Т.1. 360 с.
21. Кобеко П.П. Аморфные вещества. М.: АН СССР. 1952. 432 с.
22. Журков С.Н. Молекулярный механизм отвердевания полимеров. ДАН СССР. 1943. Т.17. №7. С. 493.
23. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука. 1974. 560 с.
24. Волькенштейн М.В. Конфигурационная статистика полимерных цепей. М.-Л.: АН СССР. 1959. 466 с.
25. Бирштейн Т.М. и Птицын О.Б. Конформации макромолекул. М.: Наука. 1964. 391 с.
26. Цветков В.Н., Эскин В.Е., Френкель С.Я. Структура макромолекул в растворах. М.: наука. 1964. 719 с.
27. Цветков В.Н. Жесткоцепные полимерные молекулы. Л.: Наука. 1986. 378 с.
28. Шорьгин П.П. Избранные труды. М.: АН СССР. 1950. 544 с.
29. Медведев С.С. // ЖОХ. 1939. Т.8. С.10 и ЖФХ. 1939. Т.13. С.1191 и 1201.
30. Андрианов К.А., Соболевский М.В. Высокомолекулярные кремнийорганические соединения. М.: Оборонгиз. 1949.
31. Андрианов К.А. Кремнийорганические соединения. М.: ГНТИХЛ. 1955. 520 с.
32. Андрианов К.А., Хананашвили Л.М. Технология элементоорганических мономеров и полимеров. М.: Химия. 1973. 400 с.
33. Кнунянц И.Л. // Успехи химии. 1963. Т.32. С.1052.
34. Коршак В.В. Химия высокомолекулярных соединений. М.: АН СССР. 1950. 528 с.
35. Коршак В.В. и Фрунзе Т.М. Синтетические гетероцепные полиамиды. М.: АН СССР. 1962. 524 с.
36. Коршак В.В. Термостойкие полимеры. М.: Наука. 1969. 381 с.

37. Багдасарьян Х.С. Теория радикальной полимеризации. М.: Наука. 1966. 300 с.
38. Каргин В.А. и Слонимский Г.Л. Краткие очерки по физикохимии полимеров. М.: Химия. 1967. 231 с.
39. Каргин В.А. Коллоидные системы и растворы полимеров: Избр. тр. М.: Наука. 1978. 331 с.
40. Каргин В.А. Синтез и химические превращения полимеров: Избр. тр. М.: Наука. 1981. 393 с.
41. Каргин В.А. Структура и механические свойства полимеров: Избр. тр. М.: Наука. 1979. 451 с.
42. Каргин В.А. Проблемы науки о полимерах: Избр. тр. М.: Наука. 1986. 278 с.

Об авторах:

ПАХОМОВ Павел Михайлович – доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой физической химии Тверского государственного университета, e-mail: pavel.pakhomov@mail.ru

100 YEARS OF POLYMER SCIENCE

P.M. Pakhomov

Tver State University

It is noted, that in 1920, Hermann Staudinger introduced the termin of “macromolecule”, and from that moment the polymer science is started. The contribution to the polymer science of H. Staudinger, W. Carothers and H. Mark, who are the founders of this science, is considered. The Nobel Prize laureates, whose studies are related to polymer science, are listed. The contribution of Russian scientists to the formation of the science of polymers is considered. In the USSR two scientific schools on polymers - Leningrad’ and Moscow’ - are distinguished. The outstanding role of academician V.A. Kargin in the formation of polymer science and the creation of a scientific polymer school in the USSR is noted.

Keywords: *macromolecules, polymers, polymer science, founders of polymer science, academician V.A. Kargin*