


ВЫДАЮЩИЕСЯ РУССКИЕ УЧЕНЫЕ-ХИМИКИ

С.А.БАЛЕЗИН, С.Д.БЕСКОВ



ВЫДАЮЩИЕСЯ  
РУССКИЕ  
УЧЕНЫЕ-  
ХИМИКИ

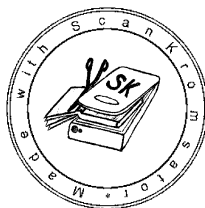
С. А. Балезин и С. Д. Бесков

**ВЫДАЮЩИЕСЯ  
РУССКИЕ  
УЧЕНЫЕ-ХИМИКИ**

*Пособие для учителей*

ИЗДАНИЕ 2-е, ПЕРЕРАБОТАННОЕ

МОСКВА  
«ПРОСВЕЩЕНИЕ»  
1972



Scan AAW

**Балезин С. А. и Бесков С. Д.**

**Б20** Выдающиеся русские ученые-химики. Пособие для учителей. Изд. 2-е, перераб. М., «Просвещение», 1972.

222 с. с ил.

Рукопись содержит биографические очерки о 25 русских ученых-химиках. Биографии распределены по разделам химических наук. В пособии дается описание жизни и деятельности выдающихся химиков: М. В. Ломоносова, Д. И. Менделеева, М. А. Бутлерова, В. В. Марковникова и др. Каждая биография отражает главные и важнейшие с точки зрения современной науки стороны научной деятельности ученого.

Сборник будет служить хорошим пособием для преподавателей химии и окажет большую помощь как при подготовке к урокам, так и в организации внеклассной работы.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Двадцать четвертый съезд КПСС наметил широкую программу дальнейшего всестороннего развития советского общества, конкретизировал пути решения великой исторической задачи — создания материально-технической базы коммунизма. Для этого требуется постоянное совершенствование системы народного образования в соответствии с потребностями развития экономики, науки, культуры и научно-технической революции.

В процессе обучения учителя должны воспитывать у учащихся чувство патриотизма, гордости за свою отечественную науку. В учебной литературе по химии для средней школы не раскрываются достаточно полно достижения лучших представителей русской и советской науки. Поэтому авторы считают целесообразным издание пособия, в котором дается описание жизни и творчества выдающихся ученых, создателей научных направлений в области физической, неорганической и органической химии, и раскрывается их материалистическое миропонимание.

При отборе материала о русских и советских ученых авторы исходили из требования программы средней школы по химии, ставили перед собой задачу показать, что развитие этих разделов химических наук связано прежде всего с именами М. В. Ломоносова, Д. И. Менделеева и А. М. Бутлерова.

Характерной чертой корифеев отечественной науки является патриотизм, стремление поставить науку на службу своей Родине. Эти черты ярко проявляются во всей деятельности передовых ученых нашей страны, и в особенности таких, как М. В. Ломоносов, Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров, В. В. Марковников, Н. Д. Зелинский и др. Ознакомление с жизнью и творчеством великих русских ученых имеет большое значение — воспитывает чувство национальной



гордости и любви к своему народу — созидателю величайших научных творений, развивает интерес к изучаемому предмету.

Предлагаемые очерки о выдающихся русских ученых-химиках не претендуют на оригинальные исследования, а являются в основном обобщением опубликованных в нашей печати материалов. Они предназначены для учителей химии.

В данном пособии осветить работы многих русских и советских ученых, научная деятельность которых является неоценимым вкладом в отечественную и мировую науку, не представляется возможным. Так, в книгу не вошли целые разделы химии — биохимия, аналитическая химия, коллоидная химия, поскольку это выходит за рамки поставленных авторами задач.

Второе издание книги «Выдающиеся русские ученые-химики» значительно переработано. В него помещены вновь написанные статьи о Л. В. Писаржевском, В. А. Кистяковском и исключены, как не имеющие прямого отношения к химии, статьи о В. В. Петрове, Б. С. Якоби и А. Е. Ферсмане.

Авторы приносят глубокую благодарность профессору Н. А. Фигуровскому, доцентам Б. Л. Розену, Н. З. Бондаренко, которые оказали большую помощь при переработке рукописи. Они признательны также С. А. Погодину, Ю. И. Соловьеву и О. А. Слизковской за ценные замечания и советы при подготовке рукописи к изданию.

## ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Возникновение физической химии как науки связано с именем гениального русского ученого М. В. Ломоносова. Он первый в мировой науке создал учебный курс физической химии, наметил обширный план исследовательских работ в области этой дисциплины, в значительной мере осуществил его, разработал методы и приемы химического анализа.

Для его исследований в области химии характерны теоретические обобщения экспериментального материала, неразрывная связь теории с практикой, стремление поставить науку на пользу и славу отечества.

Корпускулярная теория строения материи М. В. Ломоносова является непревзойденной в XVIII в. трактовкой атомно-молекулярного учения. Крупнейшие открытия, сделанные в течение XIX столетия, в области химии: законы электролиза, теории растворов, учение о теплоте, учение о скоростях химических реакций и катализ, теория строения органических соединений и др.— разработаны на основе атомно-молекулярной теории. Вершиной торжества атомистического учения является периодический закон Д. И. Менделеева.

Следовательно, М. В. Ломоносов по праву считается одним из основоположников теоретических основ химической науки.

*Михаил Васильевич Ломоносов*  
(1711—1765)

Благородные черты великого русского народа, его ясный ум, стойкий характер и терпение, пламенный патриотизм и самоотверженность проявились не только во много-



Рис. 1. М. В. Ломоносов.

вековой истории нашего национального государства, но и в создании великих духовных ценностей в области науки и культуры. Вклад русского народа в сокровищницу мировой науки и культуры неоценим.

Одной из характерных черт передовых деятелей науки и культуры является демократизм, стремление служить народу, родине, которые с наибольшей полнотой проявились в многогранной и кипучей деятельности гениального русского ученого М. В. Ломоносова.

Он принадлежит к тому кругу немногочисленных ученых в истории мировой на-

уки, чье имя связано с развитием многих наук и разработкой широких научных обобщений в области естествознания в целом. «Только теперь, спустя два века, можно с достаточной полнотой охватить и должным образом оценить все созданное этим богатырем науки»<sup>1</sup>, — писал академик С. И. Вавилов.

М. В. Ломоносов был выразителем передовых тенденций современной ему науки. Он внес неоценимый вклад почти во все отрасли знаний: физику, химию, астрономию, приборостроение, геологию, географию, языкознание и историю. М. В. Ломоносов положил начало многим химическим производствам. Он сформулировал фундаментальные законы физики и химии: закон сохранения массы вещества и закон сохранения движения, атомно-молекулярную теорию строения вещества, механическую теорию теплоты и кинетическую теорию газов, явился создателем научных основ химической науки и новой области знаний — физической химии.

А. С. Пушкин, характеризуя М. В. Ломоносова, писал: «Соединяя необыкновенную силу воли с необыкновенною силою понятия, М. В. Ломоносов обнял все отрасли просве-

---

<sup>1</sup> С. И. Вавилов. Тридцать лет советской науки. М., Изд-во АН СССР, 1947, стр. 6.

щения. Жажда науки была сильнейшей страстью сей души, исполненной страстей. Историк, ритор, механик, химик, минералог, художник и стихотворец — он все испытал и все проник»<sup>1</sup>. «Он создал первый университет. Он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом»<sup>2</sup>.

М. В. Ломоносов — гордость русской науки, воплотившей в себе народный гений, широту и силу русского характера, на все века оставил своей родине пример того, как наука может и должна служить своему народу.

Период, предшествовавший жизни и деятельности М. В. Ломоносова, а именно конец XVII и первую четверть XVIII в., можно считать началом крушения религиозной схоластики и возникновения материалистических взглядов на природу. Это связано было с крупнейшими теоретическими и экспериментальными открытиями, особенно в области физико-математических наук. Галилео Галилей (1564—1642) разрабатывает основные законы механики, а Иоганн Кеплер (1571—1630) на основе наблюдений датского астронома Тихо де Браге (1546—1601) выводит закон движения планет; Эванджелиста Торричелли (1608—1647) открывает существование атмосферного давления и изобретает барометр. Голландский физик, астроном и математик Христиан Гюйгенс (1629—1665) разрабатывает волновую теорию света. Одним из выдающихся научных успехов в области математики и физики в XVII в. явились исследования английского ученого Исаака Ньютона (1643—1727), который, анализируя положения Кеплера о движении планет, вывел закон всемирного тяготения. В этот же период (конец XVII в.) Г. В. Лейбниц и И. Ньютон открыли дифференциальное исчисление, ставшее важнейшим методом научных исследований.

Достижения в области естествознания вызвали большой интерес к научным исследованиям и открытиям. Этот интерес был в значительной мере следствием потребности развивающегося товарного способа производства, торговли и мореплавания. В некоторых странах создаются научные общества, которые позже стали называться академиями. В 1725 г. Петр I организовал Петербургскую академию наук, в которой академиками были иностранцы.

Физики и химики тогда ограничивались изучением отдельных процессов, не делая обобщений. Для объяснения

---

<sup>1</sup> А. С. Пушкин, т. VII, М., Изд-во АН СССР, 1949, стр. 28.

<sup>2</sup> Там же, стр. 227.

многих явлений природы привлекались и старые представления о мистических силах, якобы присущих материи или существующих вне ее. Так, например, широко было распространено представление о невесомых флюидах — особых невещественных жидкостях света, теплоты (огненная материя, или теплород) и электричества. В начале XVIII в. появляется идеалистическое учение философа и математика Г. В. Лейбница. Он считал, что основной материей являются одухотворенные, божественного происхождения «монады» — «элементы вещей». Монады наделены «духом» и поэтому способны к самодвижению. Материя и представляет собой форму существования многообразных духовных монад и образуется в результате их взаимодействия. «Монадология» Г. В. Лейбница получила распространение среди немецких естествоиспытателей и философов. Сторонником этого учения был и Х. Вольф — учитель М. В. Ломоносова.

В 1661 г. была опубликована книга Р. Бойля «Химик - скептик», в которой он утверждал, что универсальная материя состоит из маленьких и движущихся частиц — элементов и корпускул, взаимодействием которых можно объяснить разнообразие химических явлений. Однако Р. Бойль, основоположник нового учения об элементах, оставался сторонником существования невесомых материй, таких, как «огненная материя». Р. Бойль резко отвергал представление Аристотеля и его последователей о четырех элементах (теплота, холод, сухость, влажность) и пятый всеобъемлющий принцип «существо», которое потом получило название «эссенция» (от латинского «essencia» — сущность). Отсюда и возникло выражение квинтэссенция, т. е. пятая сущность. Учение Аристотеля долгое время было господствующим и поддерживалось религией.

Научная деятельность М. В. Ломоносова началась в первой половине XVIII столетия, т. е. в период, когда эти поистине величайшие открытия были сделаны в области естествознания.

Оценивая развитие химии этого периода, Ф. Энгельс писал: «...химия только что освободилась от алхимии посредством теории флогистона»<sup>1</sup>. Будучи широко образованным ученым, в частности в области физико-математических наук, М. В. Ломоносов был хорошо знаком с учениями своих предшественников. Он от них взял все лучшее

---

<sup>1</sup> Ф. Энгельс. Диалектика природы. М., Политиздат, 1969, стр. 9.

и передовое. М. В. Ломоносов был непримиримым противником алхимии, схоластики и мистики вообще. Он стремился пересмотреть те положения в науке, которые унаследованы от прошлых времен и не получили объяснения. Он особенно резко выступал против учения о «невесомых флюидах» и их роли, которую приписывали им для объяснения химических явлений. В своих теоретических воззрениях М. В. Ломоносов исходил из следующих концепций: атомно-молекулярной теории строения вещества, кинетической теории материи, принципа сохранения материи и движения.

Несмотря на глубокое уважение к своему учителю Х. Вольфу, М. В. Ломоносов решительно отвергал его идеалистическое учение о «духовных монадах». В 1754 г. он пишет Л. Эйлеру: «Та же причина (имеется в виду его занятость.— С. Б. и С. Б.) давно уже препятствует мне предложить на обсуждение ученому совету мои мысли о монадах. Хотя я твердо уверен, что это мистическое учение должно быть до основания уничтожено моими доказательствами, однако я боюсь омрачить старость мужу (имеется в виду Х. Вольф), благоденствия которого по отношению ко мне не могу забыть, иначе я не побоялся бы раздражить по всей Германии шершней «монадистов»<sup>1</sup>.

Научная деятельность М. В. Ломоносова протекала в послепетровскую эпоху, когда ускорилось развитие производительных сил России. В своей попытке вывести Россию из рамок отсталости Петр I строит новые заводы и фабрики, насаждает в России образование, создает вооружение нового типа. М. В. Ломоносов писал, отмечая деятельность Петра I в области развития науки в России, что нельзя ни городов надежно укрепить, ни кораблей построить и безопасно пустить в море, не употребляя математики; нельзя ни оружия, ни огнедышащих машин, ни лекарств поврежденным в сражении воинам без физики приготовить.

Бурное развитие и укрепление промышленности, торговли и техники прежде всего характеризуется увеличением количества заводов, особенно на Урале. Так, в 1701 г. были пущены первые на Урале невянский и каменский металлургические заводы, в 1703 г. уже работал алапаевский завод. В 1723 г. стал давать продукцию екатеринбургский

---

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 10. М., Изд-во АН СССР, 1958, стр. 503.



завод, а с 1724 по 1736 г. были построены еще 15 заводов. С организацией новых металлургических заводов быстро росла выплавка чугуна и изделий из черного металла. Уже в 1767 г. в России выплавлялось до 5 млн. пудов чугуна; это удовлетворяло не только нужды страны, но и значительное количество его вывозили за границу. Так, в 1749 г. было вывезено за границу 579 тыс. пудов, с 1758 по 1760 г. — 1798 тыс. пудов, а уже в конце 80-х годов вывоз за границу достигал 2 млн. пудов. В связи с этим наблюдается резкое увеличение роста городского населения и возникновение нового класса — заводских рабочих.

Развитие промышленности, торговли и техники военного дела естественно вызвало интерес и потребность в развитии науки. В этот период создается ряд учебных заведений и научных учреждений. Все эти школы и академии нуждались в учителях, профессорах и научных кадрах. Правящие классы при подготовке специалистов ориентировались прежде всего на дворянское сословие. Однако по окончании той или иной школы или академии мало кто из дворянских детей оставался работать в стенах научных и учебных учреждений (представители высшего сословия предпочитали военную и государственную службу: это давало им чины и привилегированное положение в обществе). Поэтому в качестве учителей приходилось приглашать иностранцев и обращаться к выходцам из других сословий: духовенства, чиновников, крестьян. Для подготовки кадров при Академии наук были созданы университет и гимназия. Однако желающих учиться в этих учебных заведениях из числа дворян почти не оказалось. В результате состав первых гимназистов и студентов был исключительно недворянский.

Такое положение с подготовкой специалистов существовало с начала и до конца XVIII столетия не только в академической (Петербургской), но также и в Московской и Казанской гимназиях. Это, естественно, оказывало непосредственное влияние и на состав учащихся как академического, так и открывшегося в 1755 г. Московского университета. Комплектование студентов академического университета производилось не только из числа учащихся академической гимназии. Сюда посылали на учебу приказами сената также учеников Московской славяно-греко-латинской академии, Петербургской и Новгородской духовных семинарий и других учебных заведений России. Нередко в академический университет и гимназию приглашали в качестве преподавателей иностранцев. Среди них были такие

замечательные математики, как Д. Бернулли и Л. Эйлер. Однако большинство членов академической коллегии не соответствовало по своей квалификации тем задачам, которые предстояло разрешить Академии наук. Химическую кафедру в доломоновский период возглавляли случайные люди. Так, первый профессор (академик) по кафедре химии И. Бюргер был доктором медицины, состоял в штате Академии менее пяти месяцев и фактически к работе не приступал. Приглашенный вслед за ним на кафедру химии И. Гмелин, по специальности ботаник, химией совершенно не занимался, и т. д.

Вслед за этими первыми академиками-иностранцами появляются и русские академики, научная деятельность и исследования которых приносят им мировую известность. В подавляющем большинстве русские академики были выходцами из разных недворянских сословий: первый русский академик М. В. Ломоносов — сын крестьянина, В. М. Севергин — сын вольноотпущенного, С. П. Крашенников, Н. П. Соколов, Н. Я. Озерецковский, В. В. Петров, П. С. Иноходцев, А. П. Протасов, С. К. Котельников — из среды духовенства, и т. д. Такое же соотношение в профессорско-преподавательском составе этого периода наблюдалось и в Московском и других университетах. В университетах зарождались наиболее прогрессивные демократические и революционные идеи, что вызывало тревогу у царского правительства и правящих классов. В ранний период развития науки в России патристические и демократические тенденции наиболее ярко проявились в деятельности первого русского академика М. В. Ломоносова.

Михаил Васильевич Ломоносов родился 8 (19) ноября 1711 г. в семье крестьянина-помора Василия Дорофеевича Ломоносова, в одном из отдаленных уголков бывшей Архангельской губернии — в деревне Мишанинской (Денисовке) Куростровской волости Двинского уезда.

В детстве М. В. Ломоносов вместе с отцом принимал участие в рыбной ловле, они на гукоре «Чайка» побывали на Двине, в Северном море и Северном Ледовитом океане.

Будучи от природы весьма наблюдательным, М. В. Ломоносов подмечал особенности жизни, природы края и быта его обитателей. Из рассказов поморов он узнал об удивительных костях вымерших животных, которые находили по берегам рек, и в своем воображении создавал фантастические образы животных, некогда населявших землю. Такие природные явления, как северное сияние, разливы



Рис. 2. Деревня Мишанинская — родина М. В. Ломоносова.

Северной Двины, разрушавшие берега, и ледяные горы Северного океана, сохранились на всю жизнь в его памяти.

Разъезжая с отцом, он познакомился с различными производствами. Особенно большое впечатление произвели на него верфи Северной Двины, где строились военные и торговые корабли. Побывал он и на приморских солеварнях Северного моря и хорошо изучил производство соли. Поэтому понятен тот интерес к промышленности, который сохранился у М. В. Ломоносова на всю жизнь.

Грамоте М. В. Ломоносов научился рано у своего односельчанина Ивана Шубного. Особенно увлекали его грамматика М. Г. Смотрицкого и арифметика Л. Ф. Магницкого, которые он называл «вратами своей учености». Большое влияние оказала на него арифметика Л. Ф. Магницкого, где не только излагались правила простейших математических исчислений, но и сообщались некоторые сведения по физике, геометрии, навигации, астрономии и т. д.<sup>1</sup>

Чтение таких книг для М. В. Ломоносова было большой радостью и будило в нем непреодолимое стремление к зна-

---

<sup>1</sup> Л. Ф. Магницкий (1669—1739) — русский математик. С 1701 г. до конца жизни преподавал математику в Московской школе математических и навигационных наук. В 1703 г. была напечатана его знаменитая «Арифметика», которая долгое время была основным учебником в России. Этот учебник не отвечал своему названию «Арифметика», а был своеобразной математической энциклопедией.

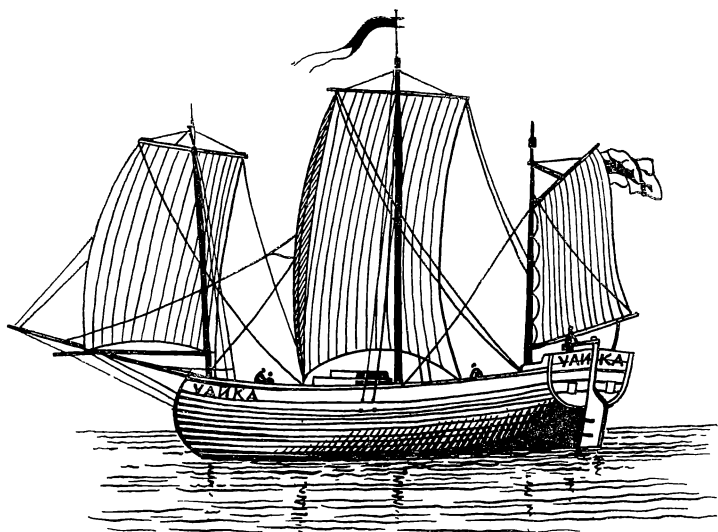


Рис. 3. Гукор «Чайка».

ниям, которое он не мог осуществить у себя на родине. Это заставило его уйти из родного дома. Зимой 1730 г. М. В. Ломоносов отправляется в Москву, где поступает в Славяно-греко-латинскую академию: она считалась единственным высшим учебным заведением в России того времени. Из нее вышли такие выдающиеся ученые и педагоги, как Л. Ф. Магницкий, замечательный русский сатирик А. Д. Кантемир, основоположник нового стихосложения В. К. Тредьяковский и др.

В академии М. В. Ломоносов получил хорошую подготовку по древним языкам, но занятия там его не удовлетворяли, так как не изучались естественные науки. Условия жизни М. В. Ломоносова в академии были очень трудными. «Обучаясь в Спасских школах,— пишет он, вспоминая о своей жизни в академии,— имел я со всех сторон отвращающие от наук пресильные стремления, которые в тогдашние лета почти непреодоленную силу имели... имея один алтын в день жалованья, нельзя было иметь на пропитание в день больше как на денежку хлеба и на денежку кваса, прочее на бумагу, на обувь и другие нужды. Таким образом жил я пять лет и наук не оставил» <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 8. М., Изд-во АН СССР, 1959, стр. 124—125.

Еще до окончания академии его в числе 12 лучших учеников направили в Петербург для продления образования в академическом университете. Здесь он обучается немецкому языку, математике, риторике, географии, истории. В это время в Сибири работала академическая экспедиция, изучавшая природу и минеральные богатства края. Для нее требовались специалисты-химики, знакомые с основами металлургии и горного дела. Было решено подготовить таких специалистов, направив в Германию М. В. Ломоносова, Д. В. Виноградова, Г. Райзера — наиболее способных студентов.

Для организации горного дела требовались знания по математике, механике, физике, химии. Поэтому русских студентов сначала направляли для обучения в Марбург к крупному естествоиспытателю и философу Х. Вольфу с тем, чтобы, освоив эти науки, они затем отправились в Фрейберг к профессору И. Генкелю, у которого и изучили горное и рудное дело.

В Марбурге у Х. Вольфа М. В. Ломоносов и его товарищи успешно занимались математикой, механикой, гидростатикой, гидравликой, аэрометрией, маркшейдерским делом, физикой, логикой, философией, геометрией, тригонометрией, немецким и французским языками. Освоив метод своего учителя философа Х. Вольфа, М. В. Ломоносов, однако, не сделался его последователем. Ему была чужда идеалистическая, реакционная сторона философии Х. Вольфа, очень близкая к взглядам идеалиста-философа Г. В. Лейбница. В работе, написанной в то время, «О различии смешанных тел, состоящем в сцеплении корпускул», которую для упражнения написал Михайло Ломоносов<sup>1</sup>, была высказана идея, над которой он в дальнейшем трудился всю жизнь, — понять и объяснить качества тел на основании изучения свойств материальных частиц. Х. Вольф с большим интересом следил за своим одаренным учеником и через три года, когда обучение в Марбурге закончилось, он отправил в Петербург блестящий отзыв о М. В. Ломоносове. Трехлетнее пребывание в Марбурге расширило круг знаний М. В. Ломоносова и в области философии. Здесь он познакомился с достижениями европейской науки того времени, и это подготовило его к дальнейшей научной и практической деятельности.

---

<sup>1</sup> М. В. Л о м о н о с о в. Полн. собр. соч., т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1950, стр. 25.

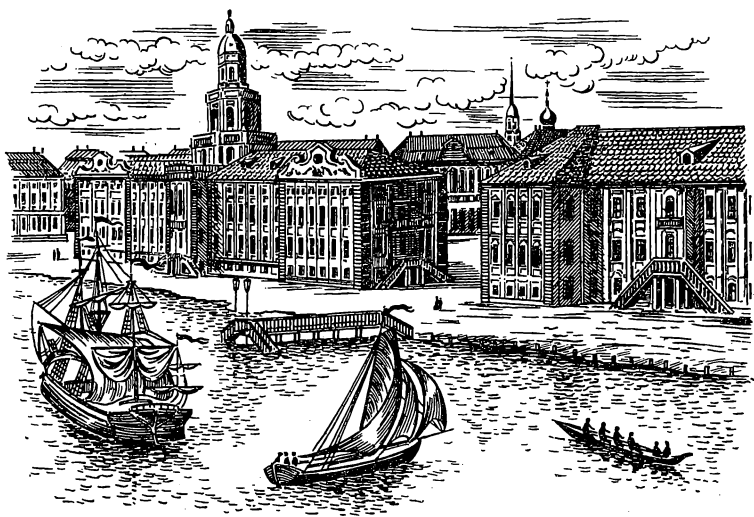


Рис. 4. Здание Академии наук в XVIII в.

Нужно отметить, что М. В. Ломоносов чрезвычайно критически относился к тому, что узнавал, отбирая истинное и достойное и отбрасывая ложное и вредное. Во всех дальнейших работах он всегда шел своим путем, не изменяя своих взглядов, даже если они расходились с мнениями величайших авторитетов того времени. Из Марбурга М. В. Ломоносов вместе с товарищами в 1739 г. переехал в Фрейберг в лабораторию И.-Ф. Генкеля. Здесь он изучал химию и горное дело. Однако методы обучения И.-Ф. Генкеля и его научные взгляды резко расходились с уже сформировавшимися взглядами М. В. Ломоносова.

В 1741 г. он покинул лабораторию И.-Ф. Генкеля и возвратился в Петербург. Вернувшись из заграничной командировки, М. В. Ломоносов в совершенстве владел, кроме русского и церковно-славянского языков, латинским, немецким и французским. В Марбурге и Фрейберге он усвоил необходимые знания по математике, химии, философии, логике, физическим наукам, минералогии, горному делу, ботанике и зоологии. М. В. Ломоносов познакомился также и с прикладными науками, в частности с металлургией, начиная с рудного дела и кончая обработкой металлов. Знал он и стекольное производство, мореходное дело, астрономию, географию, не говоря уж о





Рис. 5. Титульный лист книги «Вольфианская экспериментальная физика».

других отраслях знаний, как риторика, грамматика, история, политическая экономия и т. д. Можно сказать, что за это время М. В. Ломоносов стал ученым с большим научным кругозором, знанием промышленности, что подготовило его к дальнейшей самостоятельной деятельности. В январе 1742 г. М. В. Ломоносов был назначен адъюнктом Академии наук, а в 1745 г. — профессором химии. Звание профессора улучшило его материальное положение и дало возможность более широко развернуть исследовательскую работу. В 1748 г. он переводит на русский язык курс физики своего учителя Х. Вольфа, который вышел под названи-

ем «Вольфианская экспериментальная физика». При выполнении этого перевода ученый столкнулся с бедностью научного русского языка того времени, поэтому он вынужден был подыскивать слова для обозначения некоторых физических инструментов, действий и натуральных вещей. Эта научная терминология сохранилась и сейчас, например «полюс магнита», «преломление лучей» и др.

Хорошо понимая значение эксперимента, он добивается строительства химической лаборатории при Академии наук. На постройку лаборатории М. В. Ломоносов затратил много сил, оборудовал он ее не только химическими, но и физическими приборами, ведь «химик без знаний физики подобен человеку, который во всем искать должен оцупом...». Эта научная химическая лаборатория стала колыбелью химических и физических лабораторий в России, где были обоснованы основные законы физики, химии и впервые в истории русской науки М. В. Ломоносов читал созданный им «курс истинной физической химии». Здесь проводились работы по изучению минеральных богатств нашей родины, заложены основы химии силикатов, а также методы получения цветных стекол, которые затем производились на

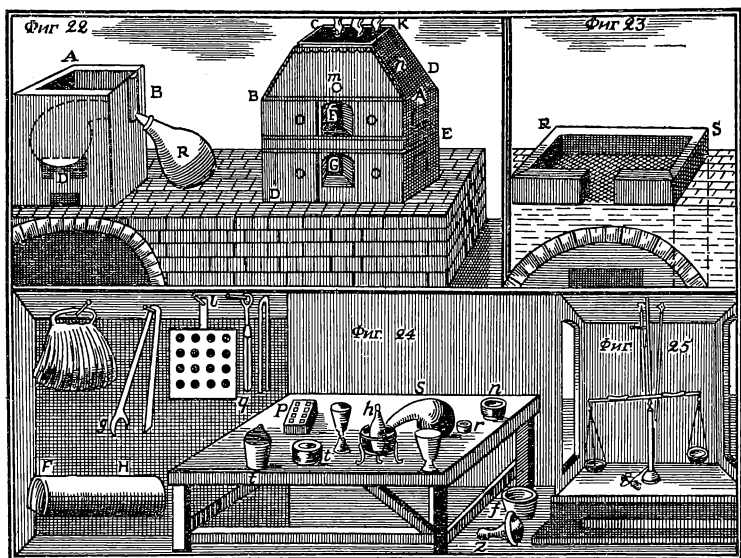


Рис. 6. Научная химическая лаборатория (макет в разрезе).

заводе в Усть-Рудице, организованном М. В. Ломоносовым.

Творческую деятельность М. В. Ломоносова можно разделить на три периода. Первый период с 1741 по 1748 г. (до постройки химической лаборатории) был посвящен главным образом теоретическим исследованиям в области физики.

Второй период охватывает время от постройки химической лаборатории до 1757 г. В эти годы М. В. Ломоносов в основном занимается решением различных вопросов теоретической и экспериментальной химии.

И, наконец, третий период — это период с 1757 г. до конца его жизни. В течение этого времени М. В. Ломоносов, помимо общих занятий, уделяет много времени работам в области различных прикладных наук и административной деятельности.

Несмотря на разнообразие научных интересов, М. В. Ломоносов придавал большое значение химическим и физическим исследованиям. В письме И. И. Шувалову от 4 января 1753 г. он писал: «Что же до других моих в физике и

химии упражнений касается, чтобы их вовсе покинуть, то нет в том ни нужды, ни возможности»<sup>1</sup>.

В предисловии к переводу книги «Экспериментальная физика» Х. Вольфа он писал: «Изыскание причины цветов... мне всегда было приятнее всех физических исследований, особливо же для того, что оно больше всего зависит от химии, моей главной профессии»<sup>2</sup>.

Капитальные работы М. В. Ломоносова, такие, как «О нечувствительных физических частичках, составляющих тела природы», «О причине теплоты и холода», «Попытка теории упругой силы воздуха», «Элементы математической химии», «О действии растворителей» и др., характеризуют его как физика и химика, как основоположника теоретических основ химических и физических наук.

Большое историческое значение имеет определение М. В. Ломоносовым предмета химии и основных путей ее дальнейшего развития. Чтобы оценить это, следует напомнить, что в начале XVIII столетия химия была придатком медицины и фармации. Ее преподавали в университетах только на медицинских факультетах. Почти все крупные химики того времени были врачами или аптекарями. Во всех учебниках XVII—XVIII вв. химия рассматривалась как «искусство», в первую очередь обслуживающее медицину и некоторые практические нужды.

В отличие от физики, сделавшей крупнейшие открытия еще в XVI и XVII вв. (в эпоху И. Ньютона), химия значительно отставала в своем развитии. К концу XVIII в. в области химии был накоплен довольно обширный фактический материал. Однако он не был систематизирован, так как отсутствовали теоретические обобщения, не были установлены общие закономерности химических процессов, а главное не было исходных теоретических положений для объяснения физико-химических явлений.

В основном химия сводилась к искусству «познать отдельные полученные продукты и причины их действия, а также применение этих продуктов в различных искусствах». Основоположник теории флогистона Э. Шталь (1659—1734) в своей книге «Основная химия» писал: «Химия, иначе алхимия или спагирия,— есть искусство разложения тел смешанных, или составных, или смесей, на их составные части, или искусство соединения составных частей тела...

---

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 10. М., Изд-во АН СССР, 1957, стр. 475.

<sup>2</sup> Там же.

Цель ее — саморазложение и соединение или разрушение и возрождение»<sup>1</sup>.

Такое определение предмета химии повторяется и в работах французского физика и химика А. Лавуазье. Это в ту эпоху было вполне естественно, ведь химия в XVIII в. находилась в периоде своего «аналитического развития».

М. В. Ломоносов ставит новые задачи перед химией, которые далеко выходят за рамки определения ее как «искусства». Прежде всего он впервые сформулировал ее как науку, которая основывается на корпускулярной теории (атомно-молекулярной). В диссертации «Элементы математической химии» он писал: «Химия — наука об изменениях, происходящих в смешанном теле, поскольку оно смешанное»<sup>2</sup>. В своем введении в истинную физическую химию М. В. Ломоносов отмечал, что химическая наука рассматривает количества и изменения тел. И далее он раскрывает содержание этой науки: «Практическая часть химии состоит в историческом познании изменений смешанного тела... Теоретическая часть химии состоит в философском познании изменения смешанного тела. Истинный химик должен быть теоретиком и практиком»<sup>3</sup>.

Создание М. В. Ломоносовым первой научно-химической лаборатории<sup>4</sup>, его педагогическая и научная деятельность неразрывно связаны с развитием химической науки в России. Он не только указал место химии среди наук, но и разработал научные методы этой науки. В своем «Слове о пользе химии», высказанном на публичном собрании академии в сентябре 1751 г., он отметил, что «химия руками, математика — очами физическими по справедливости называться может»<sup>5</sup>... И далее показал, что химия тогда станет наукой, когда будет пользоваться точными математическими, количественными методами.

Определяя роль ученого-химика, он предъявлял к нему следующие требования: «Химик требуется не такой, кото-

---

<sup>1</sup> Цит. по кн.: Б. Н. М е н ш у т к и н. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. М., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 512.

<sup>2</sup> М. В. Л о м о н о с о в. Полн. собр. соч., т. 1, М., Изд-во АН СССР, 1950, стр. 67.

<sup>3</sup> Т а м же, стр. 69—71.

<sup>4</sup> При аптеках с давних пор в России были лаборатории, которые не носили названия химических лабораторий. В 1720 г. по указу Петра I в Петербурге основана химическая лаборатория, в ней проводились испытания строительных материалов, пробы красок и анализы руд.

<sup>5</sup> М. В. Л о м о н о с о в. Полн. собр. соч., т. 2, М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 354.

рый только из одного чтения книг понял сию науку, но который собственным искусством в ней прилежно упражнялся; и не такой, напротив того, который хотя великое множество опытов делал, однако, больше желанием великого и скорого приобретаемого богатства поощряясь, спешил к одному только исполнению своего желания и ради того, последуя своим мечтаниям, презирал случившиеся в трудах своих явления и перемены, служащие к истолкованию естественных тайн»<sup>1</sup>. Достижения химической науки М. В. Ломоносов связывал с решением практических задач. Эту мысль он ясно выражает следующими словами: «Широко распространяет химия руки свои в дела человеческие» — и поясняет ее такими примерами: «Химия, выжимая из трав и цветов соки, вываривая коренья, растворяя минералы и разными образами их между собой соединяя... тем сколько нас украсила...»<sup>2</sup>.

М. В. Ломоносов отмечал также, что ни одно художество (промышленное производство и искусство) не может обходиться без химии. Он не только поставил химию в ряд наук, не только ввел количественный метод, сыгравший исключительно большую и благотворную роль в развитии химии, но и создал теоретические основы для развития этой науки. «Все изменения тел происходят посредством движения, без движения нельзя представить никакого изменения. В основе этого движения лежат элементы (по-современному, атомы), которые, соединяясь между собой, образуют корпускулы... Элемент есть часть тела, не состоящая из каких-либо меньших и отличающихся от него тел»<sup>3</sup>.

«Корпускула есть собрание элементов, образующее одну малую массу. Корпускулы однородны, если состоят из одинакового числа одних и тех же элементов, соединенных одинаковым образом... Корпускулы разнородны, когда элементы их различны и соединены различным образом или в различном числе; от этого зависит бесконечное разнообразие тел»<sup>4</sup>.

«Начало есть тело, состоящее из однородных корпускул. Смешанное тело есть то, которое состоит из двух или несколь-

---

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 354.

<sup>2</sup> Там же, стр. 362.

<sup>3</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1950, стр. 79.

<sup>4</sup> Там же стр. 79—81.

ких различных начал, соединенных между собой так, что каждая отдельная его корпускула имеет такое же отношение к частям начал, из которых она состоит, как и все смешанное тело к целым отдельным началам»<sup>1</sup>. М. В. Ломоносов все физические и химические явления в природе рассматривал с точки зрения этой теории. Корпускулы, состоящие из элементов, находятся в движении, чем и определяются (по мнению М. В. Ломоносова) все изменения тел. Следовательно, химические превращения могут быть изучены только методами математики, физики, химии, тесно связанными между собой. Он ввел впервые понятие «элемента» — простейшей частицы вещества, а корпускулы он считал сложными из элементарных частиц. Корпускулы химически различны, если составляющие их частицы элементов не одинаковы или по-разному сложены, поэтому агрегатные состояния тел и многообразие их М. В. Ломоносов объяснил расположением элементов и тем или иным способом связи частиц. Принципиально новым и существенным в корпускулярной теории было признание атомов и молекул как качественно различных ступеней в процессе образования частиц материи (вещества) и последовательное проведение атомистических представлений при объяснении физических и химических явлений. Атомно-молекулярная теория, разработанная М. В. Ломоносовым, неразрывно связана с движением — материя и движение неразрывны.

Одним из важнейших научных подвигов М. В. Ломоносова является открытие и экспериментальное обоснование всеобщего закона сохранения массы вещества и движения. За 40 лет до А. Лавуазье (которому приписывается открытие закона сохранения массы вещества) М. В. Ломоносов сформулировал закон сохранения массы вещества и движения как единый всеобщий «естественный закон природы». «Если не ошибаюсь, первый, весьма известный Роберт Бойль доказал на опыте, что тела увеличиваются в весе при обжигании и что можно сделать части огня и пламени стойкими и взвешиваемыми. Если это действительно может быть показано для элементарного огня, то мнение о теплотворной материи нашло бы себе в подтверждение твердый оплот. Однако большая часть, почти что все опыты его над увеличением веса при действии огня показывают лишь, что либо части пламени, сожигающего тело, либо части воздуха, во время обжи-

---

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1950, стр. 81.



гания, проходящего над прокаливаемым телом, обладают весом»<sup>1</sup>

И далее М. В. Ломоносов доказывал, что в процессе обжигания к телам присоединяется материя, однако не та, которая приписывается огню. Ученый не ограничивался только общими рассуждениями по этому вопросу, а проверял опыты Р. Бойля (во вновь организованной лаборатории Академии наук), прокаливая металлы в закрытых сосудах.

Р. Бойль прокаливал свинец в запаянной реторте, взвешивая реторту после опыта, предварительно впустив в нее воздух, и наблюдал увеличение массы металла. Исходя из этого, он объяснял увеличение массы металла тем, что при обжиге участвует теплотворная материя, которая, по мнению Р. Бойля, настолько тонка, что проходит сквозь стенки стеклянного сосуда.

М. В. Ломоносов ставил опыт по-другому. Он взвешивал запаянную реторту с металлом до прокаливания и после, не впуская воздуха, и обнаружил, что масса запаянного сосуда не изменяется. В докладе (1758) «Об отношении количества материи и веса», основываясь на своих опытах, М. В. Ломоносов сформулировал вывод, что в процессе обжига металла участвует воздух. «Нет никакого сомнения,— говорит он,— что частички из воздуха, текущего непрерывно над подвергаемым обжиганию телом, соединяются с последним и увеличивают его вес». М. В. Ломоносов установил, что прибавление массы металла при прокаливании есть результат соединения его с воздухом, причем при прокаливании металла в закрытом сосуде масса его увеличивается на столько же, на сколько уменьшается масса воздуха.

Ученый много раз возвращался к вопросу о сохранении массы вещества. В своем классическом труде, опубликованном в 1760 г., «Рассуждение о твердости и жидкости тел» М. В. Ломоносов вновь повторяет формулировку закона сохранения массы, связывая его с законом сохранения энергии. «Но как все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимается, столько присовокупится к другому, так ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте. Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения: ибо тело, движущее своею силою другое,

---

<sup>1</sup> Цит. по кн.: Б. Н. М е н ш у т к и н. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. М., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 112—113.

столько же оныя у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает»<sup>1</sup>. Таким образом, закон сохранения массы не является случайным высказыванием М. В. Ломоносова. Все научные обобщения он делал на основе этого закона.

Закон сохранения энергии обычно не связывали с именем М. В. Ломоносова. Однако, изучая его работы, можно с полной определенностью признать, что в общей форме этот закон был впервые высказан также М. В. Ломоносовым. Так, в своей диссертации «О действии химических растворителей вообще», он писал: «Когда какое-либо тело ускоряет движение другого, то сообщает ему часть своего движения; но сообщить часть движения оно не может иначе, как теряя точно такую же часть. Поэтому частицы воды, ускоряя вращательное движение частиц соли, теряют часть своего вращательного движения. А так как последнее — причина теплоты, то нисколько не удивительно, что вода охлаждается при растворении соли»<sup>2</sup>. Здесь М. В. Ломоносов совершенно четко указывает, что одна форма движения, механическая, может переходить в другую — тепловую. Необходимо отметить, что ученый рассматривал закон сохранения массы вещества и движения в единстве, как всеобщий естественный закон природы.

Утверждение о том, что А. Лавуазье независимо от М. В. Ломоносова открыл закон сохранения массы вещества, неверно. А. Лавуазье, блестяще образованный человек, член Французской академии наук, жил в то время, когда слава о русском ученом гремела во всем мире (М. В. Ломоносов был почетным членом Болонской и Шведской академий); он не мог не знать о работах М. В. Ломоносова. Основной причиной того, что М. В. Ломоносова как физико-химика «забыли», является то, что он в своих работах последовательно проводил материалистические взгляды на природу, страстно боролся с мистицизмом, схоластикой и религией. Он считал, что всякое знание должно опираться на опыт и наблюдения: из наблюдений следует устанавливать теорию, через теорию исправлять наблюдения — это есть, по его мнению, лучший способ к изысканию знаний. Он, следовательно, не был узким эмпириком, а из своих опытов

---

<sup>1</sup> Цит. по кн.: Б. Н. Меншуткин. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. М., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 253.

<sup>2</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1950, стр. 381.

умел делать выводы и широкие теоретические обобщения. М. В. Ломоносов высмеивал тех химиков, которые дальше «пеплу и дыму» не могли ничего видеть. С исключительной убежденностью М. В. Ломоносов верил в могущество науки и возможность познания мира.

Материалистические взгляды М. В. Ломоносова особенно ярко выражены в его классической работе «Размышление о причине теплоты и холода», в которой он опровергает широко признанное в то время учение Р. Бойля о том, что в горении участвует особая теплотворная материя — теплород.

Выступая против теплорода, М. В. Ломоносов доказывал, что теплота получается в результате внутреннего движения вещества. В одном из своих трактатов он писал: «... теплота возбуждается движением: от взаимного трения руки согреваются, дерево загорается пламенем; при ударе кремня об огниво появляются искры; железо накаливается докрасна от проковывания частыми и сильными ударами, а если их прекратить, то теплота уменьшается и произведенный огонь гаснет» <sup>1</sup>.

Вскрывая причины теплоты, ученый отмечал: «...движение может настолько уменьшиться, что тело достигает наконец состояния совершенного покоя — и никакое дальнейшее уменьшение движения невозможно. Следовательно, по необходимости должна существовать наибольшая и последняя степень холода (температура абсолютного нуля. — С. Б. и С. Б.), которая должна состоять в полном прекращении вращательного движения частиц» <sup>2</sup>.

После подробного рассмотрения этого вопроса М. В. Ломоносов делает окончательный вывод, что причиной теплоты является внутреннее вращательное движение, связанное с материей.

Иронизируя над сторонниками теплотворной теории, он писал: «В наше время причина теплоты приписывается особой материи, называемой большинством теплотворной... Это мнение в умах многих пустило такие глубокие корни и настолько укрепилось, что повсюду приходится читать в физических сочинениях о внедрении в поры тел названной выше теплотворной материи, как бы привлекаемой каким-то притворным зельем или, наоборот, — о бурном выходе ее из

---

<sup>1</sup> М. В. Л о м о н о с о в. Полн. собр. соч., т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 9.

<sup>2</sup> Т а м же, стр. 39.

пор, как бы объятый ужасом. Поэтому мы считаем нашей обязанностью подвергнуть эту гипотезу расследованию»<sup>1</sup>.

Отвечая сторонникам теплотворной теории, М. В. Ломоносов утверждает, что теплота не слетает на тело неизвестно откуда, а является результатом движения мельчайших частичек, из которых состоит тело. Этим он объясняет расширение и сжатие, плавление и испарение тел.

Механическая теория теплоты, разработанная М. В. Ломоносовым, опережает на столетие воззрения современных ему ученых. Достаточно сказать, что А. Лавуазье, безусловно знавший о работах М. В. Ломоносова, не мог подняться до его уровня и в своей систематике химических элементов на одно из первых мест ставил теплород.

А. Лавуазье, с именем которого связывается разрушение теории флогистона, все-таки окончательно не избавился от предрассудков своих предшественников и верил в наличие теплорода.

Механическая теория теплоты стала известна в Европе и вызвала чрезвычайно сильные возражения со стороны многих ученых того времени. Немецкий физик И.-Х. Арнольд написал диссертацию, которая должна была опровергнуть «нововыдуманную теорию». Свою диссертацию он защищал 12 октября 1754 г. в Эрлангенском университете, об этом Ломоносов узнал из отчета, напечатанного в немецкой газете «Беспристрастный Гамбургский корреспондент», и, ознакомившись с возражениями И.-Х. Арнольда, был глубоко возмущен его недобросовестностью. Он составляет опровержение и 28 ноября 1754 г. посылает его знаменитому русскому академику Л. Эйлеру (жившему в то время в Берлине), который помещает ответ М. В. Ломоносова И.-Х. Арнольду в научном журнале, издававшемся в Амстердаме на французском языке. Л. Эйлер высоко оценил работу М. В. Ломоносова и в ответном письме сообщил, что появлявшиеся до сих пор трактаты о причинах теплоты еще не разъяснили вполне этого предмета, а занимающиеся его исследованием заслуживают величайшей похвалы.

В июле 1755 г. Л. Эйлер в официальном письме в Академию наук по поводу этой же работы писал: «Совсем другое дело сочинение М. В. Ломоносова о причине теплоты: все, что другими было говорено о том,— нелепо или неоснова-

---

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 41.

тельно, и потому весьма далеко от достоверного объяснения; возражения же противников доказывают, с одной стороны, что они его мысли не поняли, а с другой — обличают их грубое невежество»<sup>1</sup>.

Эта работа М. В. Ломоносова не только была известна, но и вызвала большую дискуссию. Одновременно с сочинениями о природе теплоты в журнале Академии, издаваемом на латинском языке и рассылаемом всем иностранным академиям и университетам, были напечатаны еще три статьи М. В. Ломоносова, в том числе его замечательная работа «Попытки теории упругой силы воздуха».

Исходя из механической теории теплоты, М. В. Ломоносов решает такую важную проблему физики и химии, как основы кинетической теории газов. До М. В. Ломоносова упругость воздуха объясняли особыми «блуждающими» жидкостями. Ломоносов фундаментально разрешает этот вопрос в своей работе «Опыт теории упругости воздуха», он пишет: «Отдельные атомы воздуха, взаимно приблизившись, сталкиваются с ближайшими в нечувствительные моменты времени, и когда одни находятся в соприкосновении, вторые атомы друг от друга отпрыгнули, ударились в более близкие к ним и снова отскочили; таким образом, непрерывно отталкиваемые друг от друга частыми взаимными толчками, они стремятся рассеяться во все стороны...

Воздушные атомы действуют друг на друга в зависимости от увеличения или уменьшения степени теплоты более сильным или более слабым взаимным соприкосновением»<sup>2</sup>.

Объясняя упругость воздуха, он утверждает, что действие частиц воздуха друг на друга обусловлено только теплотой. Отсюда, более теплое тело обладает более быстрым вращением частиц, а это ускоряет вращение частиц более холодного тела, причем движение их увеличивается настолько, насколько уменьшается движение первых частиц.

Критикуя теорию «блуждающей жидкости», М. В. Ломоносов пишет: «Действительно, мы считаем излишним призывать на помощь для отыскания причины упругости воздуха ту своеобразную блуждающую жидкость, которую очень многие, — по обычаю века, изобилующего тонкими материями, — применяют обыкновенно для объяснения природных явлений. Мы довольствуемся тонкостью и подвиж-

---

<sup>1</sup> Цит. по кн.: Б. Н. М е н ш у т к и н. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. М., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 119.

<sup>2</sup> Т а м ж е, стр. 135.

ностью самого воздуха и ищем причину упругости в самой материи его»<sup>1</sup>.

Рассматривая воздух как состоящий из громадного количества нечувствительных частиц и объясняя с этой точки зрения упругую силу воздуха, он считал, что «свойство упругости проявляют не единичные частички, не имеющие какой-либо физической сложности и организованного строения, но производится совокупностью их»<sup>2</sup>. Чтобы оценить эти высказывания, достаточно указать, что упругая сила воздуха в современной науке объясняется в основном так же, как в свое время объяснял ее М. В. Ломоносов. Великий ученый не только открыл причины теплоты и холода, не только разработал основы кинетической теории газов, но и боролся с противниками этих теорий за свои взгляды.

Теоретические основы химической науки у М. В. Ломоносова постепенно выкристаллизовывались и получили окончательное завершение в «Слове о пользе химии», а затем в курсе, который он в 1752—1754 гг. читал студентам академического университета. Этот курс был назван «Курсом истинной физической химии».

Определяя задачи физической химии, он писал: «Физическая химия есть наука, объясняющая на основании положений и опытов физики то, что происходит в смешанных телах при химических операциях. Она может быть названа химической философией, но в совершенно другом смысле, чем та мистическая философия, где не только скрыты объяснения, но и самые операции производят тайным образом»<sup>3</sup>.

М. В. Ломоносов не только четко сформулировал задачи в области физической химии, не только читал лекции по этому курсу, но и выполнил научные исследования в области физической химии. Особенно большой интерес представляли работы М. В. Ломоносова по растворам. В программу работ по растворам он включал: 1) поднятие раствора по капиллярным трубкам, 2) влияние электрического тока на растворы, 3) просмотр растворов в микроскоп, 4) что приносит электрическая сила растворам солей, 5) замерзание растворов, 6) растворимость в зависимости от температуры, 7) по-

---

<sup>1</sup> Цит. по кн.: Б. Н. Меншуткин. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. М. Изд-во АН СССР, 1936, стр. 132.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 483.

нижение температуры при растворении некоторых солей, 8) понижение температуры от замерзания растворов <sup>1</sup>.

Один только перечень работ, которые намечал М. В. Ломоносов в области растворов, дает представление о его взглядах на механизм растворения. Так, например, определяя процесс растворения, он пишет: «Растворение имеет место, когда жидкое тело действует на другое — твердое или тоже жидкое — так, что последовательно отрывает его частицы от сцепления и связи с другими, присоединяет их к себе и с разрушенным и присоединенным телом образует смешанное тело. Тело, производящее растворение, у химиков зовется растворителем... Собственно растворение бывает, когда частицы твердого тела, погруженного в растворитель, отрываются последовательно от поверхности и распространяются в самом растворителе. Примеры мы имеем ежедневно, когда растворяем в воде соль или сахар» <sup>2</sup>.

Эти представления М. В. Ломоносова о процессе растворения соответствуют современным, и приходится удивляться гениальности этого человека, который 200 лет назад с предельной ясностью сформулировал основные положения теории растворов. Более того, он считал, что в процессе растворения не только происходит растворение одного вещества в другом, но и взаимодействие растворимых веществ с растворителями, при этом образуется смешанное тело.

М. В. Ломоносов указал также, что растворимость изменяется с повышением температуры, в частности, соль поглощает теплоту. Причем он это объяснял исходя из атомно-молекулярной теории.

М. В. Ломоносов первый открыл, что растворы замерзают при более низкой температуре, чем растворители. В своей работе, посвященной исследованию возможности путешествия по северным морям, он пишет: «Морозы солоного рассолу не могут в лед претворить удобно, как одолевают пресную» <sup>3</sup>.

И далее он отмечает: «Мелкое перед океаном Белое море принимает в себя пресную воду из Двины, Онеги, Мезени и других меньших рек, ради слабости рассола меньшим морозам повинуюсь, в лед обращается» <sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 583.

<sup>2</sup> Там же, стр. 535—537.

<sup>3</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 6. М., Изд-во АН СССР, 1954, стр. 474.

<sup>4</sup> Там же, стр. 476.

М. В. Ломоносов систематически исследовал растворимость металлов в кислотах, обнаружил большую устойчивость благородных (высоких) металлов по сравнению с неблагородными (низкими) и четко сформулировал различие в растворении металлов и солей. Он указал, что при растворении металлов выделяются газы и теплота, а растворение солей не сопровождается выделением газов. Исследуя растворение металлов в концентрированной азотной кислоте, он описал возникновение их пассивности. В связи с этими опытами большой интерес представляют работы М. В. Ломоносова по коррозии металлов. Он писал: «Коррозией зовется такое растворение, при котором корпускулы растворенного тела по большей части падают сами на дно сосуда в виде порошка»<sup>1</sup>.

М. В. Ломоносов высоко оценивал свои труды по растворам. Так, в своем конспекте важнейших теорем он писал: «Основанная на химических опытах и физических началах теория растворов есть первый пример и образец для основания истинной Физической Химии, где именно явления объясняются по твердым законам механики, а не на жалком основании притяжения»<sup>2</sup>.

Результаты работы в области физической химии оправдывают слова М. В. Ломоносова, что химические эксперименты, будучи соединены с физическими, особое действие вызывают.

М. В. Ломоносов физическую химию называет философией химии, этим самым подчеркивает теоретическое значение этого раздела химической науки. В статье «Рассуждения о большой точности морского пути» он писал о том, что следует из наблюдений устанавливать теорию, через теорию исправлять наблюдения — это лучший из всех способов к исканию правды. Так он теоретически обосновал наличие низких температур, предполагая, что раз причиной теплоты является движение частиц, то должна существовать температура, при которой частицы находятся в полном покое. И эта температура, следовательно, является «низшим градусом холода».

С полным правом можно считать, что основателем физической химии, начертавшим гениальную программу работ в этой области и разработавшим основные разделы этой

---

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 6. М., Изд-во АН СССР, 1954, стр. 541.

<sup>2</sup> Цит. по кн.: Б. Н. Меншуткин. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. М., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 486.



науки, является М. В. Ломоносов, а не В. Оствальд и не С. Аррениус, как это было принято утверждать.

Исследования М. В. Ломоносова в области физической химии, а также по физике были отмечены передовыми учеными того времени. Великий русский математик XVIII в. Л. Эйлер в 1745 г. писал:

«Все сии сочинения не токмо хороши, но превосходны, ибо он изучает физические и химические материи, самые нужные и трудные, кои совсем неизвестны и невозможны были к истолкованию самым остроумным ученым людям, с таким основательством, что я совсем уверен в точности его доказательств. При сем случае я должен отдать справедливость господину Ломоносову, что он одарован самым счастливым остроумием для объяснения явлений физических и химических»<sup>1</sup>.

С именем М. В. Ломоносова связано развитие фарфоровой, стекольной, металлургической, горноразрабатывающей, соледобывающей промышленности. Ему принадлежат работы в области добычи золота. Он первый в России создал мозаику, где проявил не только свое искусство как художник, но прежде всего как химик и химик-технолог. В своей химической лаборатории М. В. Ломоносов с большим упорством производит тысячи плавок для того, чтобы разработать способы получения цветного стекла (смальты) для мозаичных картин. Одновременно он является изобретателем красок для окрашивания стекла и фарфора.

В наше время, когда подъем промышленности достигает гигантских размеров, когда во всех областях проявляется небывалый в истории человечества пафос труда, которым охвачен весь советский народ, невольно вспоминаются слова М. В. Ломоносова, сказанные им 220 лет назад (1751): «Веселитесь, места ненаселенные; красуйтесь, пустыни непроходные: приближается благополучие ваше... скоро украсят вас великие города и обильные села... Но тогда великой участнице в населении вашем Химии возблагодарить не забудьте, которая ничего иного от вас не пожелает, как прилежного в ней упражнения, к вящему самих вас украшению и обогащению»<sup>2</sup>.

Как бы для решения этих задач М. В. Ломоносов в 1763 г. предложил составить карту «о продуктах российских», в ко-

---

<sup>1</sup> М. В. Л о м о н о с о в. Полн. собр. соч., т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 649.

<sup>2</sup> Цит. по кн.: Б. Н. М е н ш у т к и н. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. М., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 384.

торой было бы отражено, «сколько наших продуктов и прочего экономического в России родится, или на фабриках и заводах делается... Так определить можно карту рудокопных мест и разных, яко то: железных, медных и прочих заводов, карту фабрик, мануфактур и всего того, чем российское государство избыточествует»<sup>1</sup>.

М. В. Ломоносов предполагал получать со всех концов России не только списки всех фабрик и заводов, сведения обо всех усольях и варницах, но и образцы квасцов, мрамора, мела, нефти, яшмы, различные пески, глины, минералы. Это показывает, что ученый проявлял большой интерес к природным богатствам своей страны с целью их практического использования. Он предлагал организовать обучение молодых людей металлургии и пробирному делу, чтобы подготовить специальные кадры для промышленности.

К сожалению, это грандиозное по своему замыслу предприятие, одобренное сенатом, не было осуществлено из-за преждевременной смерти М. В. Ломоносова.

С его именем связано развитие горнозаводского дела и металлургии. Он по праву может считаться учителем русских горщиков-рудознатцев и металлургов.

Первая научная техническая книга в области металлургии и горнорудного дела «Первые основания металлургии или рудничных дел» принадлежит М. В. Ломоносову. В ней научно обоснованы все процессы по выплавке металла и добыче руд. Книга получила широкое распространение, сотни замечательных русских металлургов и горных инженеров учились по ней.

М. В. Ломоносов изобретает фарфоровую массу, о чем в свое время писал так: «Трудясь многими исследованиями, изобрел фарфоровую массу... все составы к мозаичному делу, для чего сделал более четырех тысяч опытов, коих не только рецепты сочинял, но и материалы своими руками по большей части развешивал и в печь ставил, несмотря на бывшую тогда жестокую ножную болезнь»<sup>2</sup>. Эта работа была тесно связана с изготовлением цветных стекол.

В 1752 г. он добился разрешения на организацию производства стекла, бисера, стекляруса и других галантерейных изделий. (Здесь же был выполнен первый мозаичный пор-

---

<sup>1</sup> Цит. по кн.: М. П. Л у к ъ н о в. История химических промыслов и химической промышленности в России, т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1938, стр. 256.

<sup>2</sup> М. В. Л о м о н о с о в. Полн. собр. соч., т. 10. М., Изд-во АН СССР, 1958, стр. 373.

трет Петра I.) М. В. Ломоносов открыл при фабрике химическую лабораторию, в которой выполняли аналитические опыты, связанные с изготовлением новых фарфоровых масс, производили тысячи опытных плавок стекла и разрабатывали состав цветного хрусталя.

М. В. Ломоносов создал основы аналитической химии и в своей лаборатории исследовал образцы соли, поташа, пороха, селитры и руд. Большинство химических анализов было выполнено им по заданию правительственных учреждений. Так, например, подвергнуты сравнительному анализу соли различных месторождений: илецкое, астраханское, печорское, пермское и др. В рапорте (от 2 февраля 1745 г.) он сообщает результаты этих работ: «Сего февраля 2 числа даны мне из оного Кабинета (Кабинета императрицы.— С. Б. и С. Б.) разные соли для пробования их крепости и доброты одной против другой, также гирьяской слюды, и оные соли и слюда мною опробированы, а в пробе явились следующей крепости и доброты»<sup>1</sup>. В трудах Академии наук имеются документы о том, что академик М. В. Ломоносов опробовал краски, поташ, соду, руды, при этом он сам получал краски.

Большой интерес представляла его деятельность в области исследования добычи золота. Он первый пришел к мысли, что россыпное золото можно добывать из песков во многих местах России, и создал теорию образования россыпного золота, указывая, что после открытия золотоносного песка нужно искать коренное месторождение золота, поднимаясь вверх по рекам.

Научные исследования М. В. Ломоносова связаны также и с развитием промыслов в России.

«Речения и трудов для сыскания металлов требует пространная и изобильная Россия,— говорит он в своем слове «О пользе химии».— Мне кажется, я слышу, что она к сынам своим вещает: Простирайте надежду и руки ваши в мое недро и не мыслите, что искание ваше будет тщетно... Химическое искусство в средину гор проникнет, и что в них лежит без пользы, очистит для умножения нашего блаженства; и сверх сего сильного в Металлургии действия, иные полезные тебе плоды принести потщится»<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. 10. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 374.

<sup>2</sup> Цит. по кн.: Б. Н. Меншуткин. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. М., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 382.

Создатель теоретических основ горнорудного дела, металлургии, зачинатель стекольного, фарфорного производства, а также производства цветных стекол и красок, исследователь солевых промыслов, новатор в области золотой промышленности, мастер пробирного дела и первый химик-аналитик — вот краткая характеристика деятельности М. В. Ломоносова в области промышленности.



Рис. 7. Современное здание Московского Государственного Университета имени М. В. Ломоносова.

М. В. Ломоносов был инициатором и поборником просвещения среди широких масс населения. Ученый не мог мириться с засильем иностранцев в академии. В письме на высочайшее рассмотрение он писал: «Когда будет довольство ученых людей, тогда ординарные и экстраординарные академики и адъюнкты быть должны природные россияне по доброму примеру Парижской Академии, где все академики природные французы».

М. В. Ломоносов прилагал много усилий для того, чтобы создать в России университет, и добился открытия первого русского университета в 1755 г. Этот университет (носящий сейчас имя М. В. Ломоносова) прославил русскую науку результатами своих исследований и осуществил заветную мечту М. В. Ломоносова об истинной пользе и славе отечества.

Роль М. В. Ломоносова в мировой науке как ученого велика: он открыл и экспериментально обосновал основной закон химии — закон сохранения массы вещества и связал его с законом сохранения энергии, создал молекулярно-кинетическую теорию строения вещества, явился основоположником физической химии. Научные традиции и взгляды М. В. Ломоносова свято хранили и развивали виднейшие ученые нашей страны: Т. Е. Ловиц, Г. И. Гесс, В. В. Петров, Б. С. Якоби, П. Н. Яблочков, Н. Н. Бекетов, Д. И. Менделеев и др.

## *Товий Егорович Ловиц*

*(1757—1804)*

Ближайшим преемником М. В. Ломоносова по кафедре химии в Академии наук был ученый-химик и фармацевт Т. Е. Ловиц. Он автор многих крупных научных открытий в области физической, аналитической и органической химии.

Т. Е. Ловиц родился 25 апреля 1757 г. в Германии, в Геттингене. Отец его Георг-Мориц Ловиц, профессор математики и астрономии, в 1768 г. получил приглашение Петербургской академии наук занять должность академика и профессора Петербургской академии наук, куда он и переехал с семьей. Т. Е. Ловицу в то время было 10 лет.

Свое воспитание и образование он получил в России и стал искренним патриотом своей второй родины. В 1769 г. его отец (вместе с сыном) отправился в экспедицию в прикаспийские степи. Одной из задач экспедиции была подробная геодезическая съемка трассы Волго-Донского канала, который начали строить еще при Петре I. В августе 1774 г. район строительных работ заняли войска отступавшего Е. Пугачева, Георг Ловиц был захвачен в плен и по приказу Е. Пугачева казнен.

Заботу о дальнейшем воспитании и образовании Т. Е. Ловица взял на себя участник экспедиции П. Б. Иноходцев (впоследствии академик) и другие друзья его отца. Два года Т. Е. Ловиц проучился в Академической гимназии, но из-за болезни оставил ее и в 1777 г. поступил в Петербургскую главную аптеку в качестве аптекарского ученика. В то время эта аптека была лучшей в стране, при ней имелась хорошо оборудованная химическая лаборатория и большая библиотека. Благодаря этому Т. Е. Ловиц в сравнительно короткий срок смог изучить здесь основы химии и фармации. Вскоре он получил повышение по службе и стал товарищем аптекаря.

В 1780 г. его направляют в Геттингенский университет на медицинский факультет, но через некоторое время в связи с обострением болезни по совету врачей он предпринимает путешествие.

В мае 1784 г. Т. Е. Ловиц вновь в Петербурге, в той же главной аптеке. С этого времени он обратился к химии и занимался ею все свободное время. В Геттингене Т. Е. Ловиц был убежденным последователем теории флогистона, но, познакомившись с учебником химии А. Лавуазье (1789)

с начала 90-х годов, становится сторонником кислородной теории и антифлогистической химии.

Научной работой Т. Е. Ловиц стал заниматься вскоре после возвращения из-за границы. Она была связана с его деятельностью фармацевта. Первое крупное открытие он сделал 5 июля 1785 г. Он открыл явление адсорбции и применил ее в производстве; предложил метод очистки с помощью древесного угля сырого «хлебного вина» и некоторых фармацевтических препаратов. Почти одновременно Т. Е. Ловиц начал исследование и другого важного явления — перекристаллизации из растворов. Ему удалось



Рис. 8. Т. Е. Ловиц.

получить перекристаллизацией многие вещества в чистом виде, например ледяную уксусную кислоту. Эти достижения молодого ученого обратили на себя внимание в научных кругах. Его избрали членом Вольного экономического общества, а в 1787 г. — корреспондентом Академии наук. Вместе с тем он получил новые повышения по службе, став в 1787 г. провизором, а затем и аптекарем Главной аптеки.

К началу 90-х годов о трудах Т. Е. Ловица узнали не только в России, но и за рубежом. В связи с этим Академия наук назначила его адъюнктом, а в 1793 г. избрали ординарным академиком (несколько раньше — 1792 г. — он стал членом Геттингенской академии). Несмотря на избрание академиком, Т. Е. Ловиц продолжал свои исследования в лаборатории Главной аптеки. В Академии наук в то время лаборатории, пригодной для научных исследований, не было.

Между тем новые задачи исследований, связанные с обязанностями академика и со службой в Медицинской коллегии, были все менее и менее связаны с обычными фармацевтическими анализами. Поэтому он принял предложение Медицинской коллегии перенести свои исследования

в лаборатории запасного магазина аптекарских материалов, куда его и назначили лаборантом. Однако условия работы здесь, по-видимому, не удовлетворяли Т. Е. Ловица, и он организовал небольшую домашнюю лабораторию, в которой выполнял все исследования последних лет жизни. Начиная с середины 90-х годов Т. Е. Ловиц как химик-аналитик изучал минералы и руды на присутствие в них еще не открытых элементов и «земель». Он интересовался также горючими ископаемыми России, а в последние годы занимался анализом метеоритов.

Научная деятельность Т. Е. Ловица продолжалась недолго — всего лишь около 17 лет. Длительная болезнь и ранняя смерть прервали многие начатые и успешно развивавшиеся исследования. Во время болезни он оказался по существу одиноким. 27 ноября 1804 г. он умер.

Т. Е. Ловиц не избег участи многих видных русских ученых. Несмотря на свои выдающиеся открытия, опубликованные как в русских, так и в зарубежных журналах (некоторые его работы до сих пор применяются в технике), имя Т. Е. Ловица в истории науки долгое время было забыто. Только недавно, в связи с успехами истории химии XVIII в., это имя заняло подобающее место среди имен крупнейших химиков.

Научная деятельность Т. Е. Ловица протекала в основном в четырех направлениях: изучение процесса адсорбции и применение ее в технике; рассмотрение явления кристаллизации и низких температур; проводил работы в области аналитической, неорганической и органической химии.

Явление адсорбции Т. Е. Ловицем было открыто при следующих обстоятельствах: занимаясь очисткой виннокаменной кислоты перекристаллизацией, он неожиданно заметил, что при выпаривании бесцветного раствора кислоты получались окрашенные бурые кристаллы. Случайно при выпаривании разбилась колба и раствор кислоты оказался в песчаной бане, в которой к песку было примешано много угольной пыли (бани подогревались на углях). Собрав раствор и вновь отфильтровав его от примесей, Т. Е. Ловиц получил совершенно бесцветные кристаллы. Вначале он объяснил этот неожиданный эффект с чисто флогистических позиций, полагая, что флогистон, содержащийся в угле, притянул к себе частицы, загрязняющие кислоту, также содержащие флогистон. Поэтому Т. Е. Ловиц и назвал открытое явление «дефлогистирующим действием угля». Он тотчас же поставил опыты по действию угля на

различные вещества, содержащие флогистон, и нашел, что в данном случае уголь по своему «дефлогистирующему действию» совершенно отличается от других дефлогистирующих веществ (окислителей). Вскоре, однако, Т. Е. Ловиц полностью отказался от флогистического объяснения адсорбции.

Пользуясь своим открытием, Т. Е. Ловиц разработал способы очистки от примесей многих фармацевтических препаратов, в том числе растительных экстрактов. Применяя метод кристаллизации при низких температурах и одновременно адсорбирующее действие угля, Т. Е. Ловиц получил «ледяной уксус» (безводную уксусную кислоту). В 1786 г. он нашел способ очистки с помощью древесного прокаленного угля «хлебного вина», или водки, от различных примесей. Этот способ получил применение в винокуренном производстве и использовался как в России, так и за рубежом. Разрабатывая далее методы очистки различных веществ углем, Т. Е. Ловиц изучил его действие на водно-спиртовые и спирто-эфирные смеси. При комбинированном действии угля и водоотнимающих средств ему удалось получить безводный алкоголь (впервые в истории науки).

Исследуя действие угля на различные вещества, Т. Е. Ловиц, в частности, испытывал растворы меда и получил в результате исследования бесцветный «несовершенный» сахар (глюкозу) другой природы по сравнению с «индийским», или тростниковым, сахаром. В 1790 г. Т. Е. Ловиц сделал еще одно важное для практики открытие. Он разработал способ очистки углем питьевой воды, что оказалось особенно ценным для применения на кораблях дальнего плавания. Не меньшее значение имел и предложенный им способ очистки с помощью угля сырой селитры, важнейшего в то время продукта, компонента пороха.

Во всех этих и в других многочисленных опытах по адсорбции Т. Е. Ловиц испытывал не только древесный (березовый) уголь, но и другие типы углей: каменноугольный, костяной, животный и даже беззольный, приготовленный сжиганием в особых условиях винной кислоты. Таким образом, Т. Е. Ловиц является подлинным основоположником адсорбционной техники, получившей развитие лишь в текущем столетии. К этому следует добавить, что он исследовал также и некоторые явления газовой адсорбции, например наблюдал вытеснение водородом сорбированных углем газов.



Т. Е. Ловиц один из первых исследователей предложил химическую теорию адсорбции, подтвержденную И. Лэнгмюром в тридцатых годах текущего столетия,— в отличие от объяснения природы адсорбции его современниками Н. Вокеленом и М. Клапротом, давшими механическое объяснение адсорбции (сгущение веществ в порах угля).

Исключительно важные для науки результаты получил Т. Е. Ловиц в области кристаллизации. Им были обнаружены кристаллогидраты  $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{KOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Эти же исследования побудили ученых к изучению основных факторов выделения веществ из растворов в кристаллическом состоянии.

В своем докладе Академии наук в 1792 г. Т. Е. Ловиц различает принудительную кристаллизацию (при выпаривании раствора) и самопроизвольную (при охлаждении раствора). Он установил, что состав кристаллической фазы в обоих случаях может быть различным. Но для начала кристаллизации необходима «должная степень концентрации раствора», т. е. минимальное пересыщение. В более позднем сообщении (1798) Т. Е. Ловиц описывал конвекционные потоки, наблюдавшиеся в процессе выделения из раствора твердой кристаллической фазы. Здесь же подробно излагался «метод зародыша», вводимого в пересыщенный раствор для инициирования начала кристаллизации, и были определены условия получения кристаллов правильной формы. Он рекомендовал, например, при выращивании больших кристаллов сегнетовой соли вести кристаллизацию очень медленно из теплого раствора при минимальных относительных пересыщениях.

Среди многих интересных замечаний в этих статьях обращается внимание на изоморфизм кристаллов (1798). Изучая кристаллические формы веществ в зависимости от состава, Т. Е. Ловиц изготовил из черного воска модели 288 кристаллов и распределил их по группам. Одну из таких коллекций он передал Московскому университету. В области применения кристаллографии к химическому исследованию ученому принадлежит важное открытие микрокристаллохимического анализа. Им описан качественный анализ солей и других веществ по рисункам кристаллических налетов на стекле, получающихся после выпаривания капли раствора, нанесенной на стекло. Как считал Т. Е. Ловиц, такие налеты дают «более неизменные признаки» вещества по сравнению с обычными объемными кристаллами.

Во второй половине XVIII в. многие ученые интересовались методами получения сверхнизких температур, позволявших, например, замораживать ртуть, превращая ее в ковкий металл. Т. Е. Ловиц разработал рецепты охлаждающих смесей. Удачными оказались смеси хлорида кальция со свежим снегом или едких щелочей со снегом, позволявшие получить охлаждение до  $-50^{\circ}\text{C}$ . Эти рекомендации сохранили свое значение в науке до наших дней.

Т. Е. Ловиц исследовал большое количество неорганических веществ и на основе данных анализа делал научные выводы. Особенно важными оказались работы по качественному и количественному анализу соединений бария, стронция, кальция, хрома, титана, марганца и других металлов, а также кислот и солей (карбонатов и бикарбонатов, сульфатов и бисульфатов). Т. Е. Ловиц первым установил относительную растворимость в воде и спирте сульфатов бария, стронция и кальция. Он также обнаружил окрашивание пламени спирта солями стронция и кальция.

Т. Е. Ловицу принадлежит открытие стронция и хрома: в 1792 г., изучая состав тяжелых шпатов Сибири, он обнаружил в них следы нового, неизвестного элемента. В 1795 г. в Петербурге стало известно об открытии «стронциановой земли». Тогда Т. Е. Ловиц убедился, что за три года до этого он выделил в кристаллическом виде «солекислую стронциановую землю». Но он не опубликовал своего сообщения, желая поставить дополнительные опыты. В 1798 г. Т. Е. Ловиц исследовал аналитические реакции малоизвестного в то время элемента титана, открытого в 1791 г. Он нашел способ отделения титана от железа, изучил окислы титана. Эта работа привлекла к себе внимание крупнейших химиков того времени. В том же 1798 г. ученый обнаружил в сибирской «красной свинцовой руде» (крокоите) новый элемент. Однако несколькими неделями ранее, как оказалось, этот элемент был открыт Н. Вокеленом и назван хромом, причем характеристики хрома, данные Т. Е. Ловицем и Н. Вокеленом независимо друг от друга, оказались во многом идентичными. Таким образом, и на этот раз Т. Е. Ловицу пришлось формально уступить приоритет важного открытия.

В развитии химии хрома ему принадлежит важная роль. Официально считают, что Т. Е. Ловиц открыл бихромат калия (назвал эту соль хроматом) и получил его в кристаллическом виде. Многие из проведенных исследований по хрому он не успел опубликовать.

В 1794 г. им был предложен способ определения крепости кислот титрованием их раствором щелочи, приготовленным весовым методом. Так он определил крепость различных образцов уксусной кислоты, применяя для титрования раствор виннокалиевой соли. Процесс продолжался до появления хлопьев осадка кислой соли. Этот метод был объемновесовой и предшествовал появлению методов титровального анализа.

До 1799 г. перевод в раствор силикатов осуществлялся сплавлением их с едкой щелочью в серебряном тигле. Т. Е. Ловиц предложил более простой и удобный способ растворения силикатов в растворах щелочей при нагревании.

Особый интерес представляли работы Т. Е. Ловица по определению физико-химических различий между средними и кислыми солями. Пользуясь кристаллизацией солей и установлением содержания в полученных кристаллах кислот, Т. Е. Ловиц точно охарактеризовал сульфаты и бисульфаты, карбонаты и бикарбонаты и указал способы получения чистых солей. Многочисленные технические анализы, выполненные Т. Е. Ловицем, можно считать образцовыми. В частности, он произвел анализы углей Донбасса и Подмосковья.

Необходимо отметить о некоторых исследованиях его в области органической химии. Он впервые получил ледяную уксусную кислоту, абсолютный спирт и другие вещества, а также составил алкоголеметрические таблицы. Его метод очистки серного эфира используется в лабораторной практике до настоящего времени. Т. Е. Ловиц открыл и исследовал «инвертированный» сахар — фруктозу из «медовой воды» и получил этот сахар в кристаллическом состоянии. Среди разнообразных опытов ученого следует отметить взаимодействие хлора («дефлогистированной соляной кислоты») с уксусной кислотой (1792). Эта реакция спустя несколько десятков лет стала обоснованием теории замещения Ж. Дюма.

Все научные работы Т. Е. Ловиц связывал с практикой. Он немало сделал для развития химических производств, для изучения и использования минеральных и растительных богатств страны. Т. Е. Ловиц был искренним патриотом России, представителем передовой научной мысли.

Кратковременная, но блестящая научная деятельность Т. Е. Ловица, его исследования и крупные открытия — одна из славных и интересных страниц из истории химии нашей страны.

## *Герман Иванович Гесс*

*(1802—1850)*

Г. И. Гесс родился 26 июля 1802 г. в Женеве. С трехлетнего возраста он воспитывался в Петербурге, начальное образование получил в домашних условиях. В 1817 г. он окончил гимназию в Дерпте и поступил в Дерптский университет (ныне Тартуский) на медицинский факультет, который и окончил в 1825 г. В том же году за научные труды о химическом составе минеральных вод и их целебном действии ему была присвоена степень доктора медицины. В 1826 г. Г. И. Гесс получил заграничную командировку в Швецию, где работал у И. Берцелиуса.

С 1827 г. Г. И. Гесс работает в Иркутске врачом. Наряду с врачебной деятельностью он продолжал и химические исследования: принял участие в экспедиции профессора М. Энгельгардта, изучавшей Урал, проводил анализ вод местных источников и различных минералов. Здесь, в Сибири, Г. И. Гесс окончательно решил порвать с медицинской практикой и посвятить себя химии.

За труды по исследованию минеральных вод и каменной соли Академия наук в 1828 г. удостоила его звания адъюнкта по химии. Получив это сообщение, он в 1829 г. приехал в Петербург. В 1830 г. Г. И. Гесс был избран экстраординарным, а в 1834 г. — ординарным академиком Петербургской академии наук. Здесь начинается его систематическая научная деятельность. Для выполнения химических исследований он добивается организации химической лаборатории и необходимого оборудования для нее. В этой лаборатории он выполняет все свои опыты по химии.

Г. И. Гесс понимал, что России необходимы квалифицированные специалисты, поэтому наряду с научной работой он занимается преподаванием в ряде учебных заведений Петербурга. Преподавательская деятельность его начинается в Михайловском артиллерийском училище. Г. И. Гесс также преподавал химию в Институте путей сообщения, в Главном педагогическом институте, но основная его педагогическая деятельность протекала в Горном институте, где он ввел обязательные для студентов лабораторные работы по химии. Ученый особо подчеркивал, что преподаватель химии должен учить студентов проведению эксперимента, а не ограничиваться только чтением лекций. Он привлекал к научной работе будущих горных инженеров.



Рис. 9. Г. И. Гесс.

Работая в Иркутске в качестве врача, он исследовал Туркинские горячие минеральные воды и каменную соль. Он отыскивал причину «значительной потери соли в соляных магазинах» и «быстрой порчи» соленой рыбы. Г. И. Гесс установил, что в добываемых солях Иркутской губернии содержится много «расплывающихся солей» — хлоридов кальция, магния и алюминия. Эти соли гигроскопичны и в результате действия паров воды растворяются, поэтому происходят (по выражению Г. И. Гесса) «потери соли

в соляных магазинах». Он установил также, что эти примеси к поваренной соли являются вредными и вызывают болезни, которым часто подвергаются туземцы. Кроме минеральных вод, Г. И. Гесс анализировал воды рек Невы и Сагиса, а также Старорусские источники, в которых был найден бром. Исследовательскую работу Г. И. Гесс проводил в самых разнообразных областях: изучал окислы кобальта и определил их формулы (1832). Описав (1833) теллурид серебра из Колыванского месторождения, Г. И. Гесс нашел способ извлечения теллура из этого минерала, который впоследствии был назван в его честь гесситом. Он открыл и проанализировал минералы: вортит (1830), уваровит (1832), гидроборацит (1833), фольбортит (1834); описал химический состав минералов (обсидиана, диаспора, диоптаза и др.); установил, что при перегонке серной кислоты образуется серный ангидрид (или безводная серная кислота, по номенклатуре того времени).

Г. И. Гесс один из первых (1831) изучал каталитические явления: определил, что платина хорошо поглощает водород и не поглощает двуокись углерода, аммиак, хлористый водород, азот, метан, а в раздробленном виде платина является катализатором при соединении кислорода с водородом. В 1836 г. он исследовал действие горячего дутья

при выплавке чугуна в доменных печах и доказал, что этот способ дает большое сбережение горючего и интенсификацию всего доменного процесса.

Г. И. Гесс с большим успехом работал в области органической химии: сконструировал аппарат для разложения органических соединений, устраняющий погрешности в определении количества водорода; предложил модификацию метода элементарного анализа в токе кислорода, что дало возможность анализировать каменные и бурые угли. Он первый произвел анализ Бакинских «огней» и подробно изучил пирогазификацию нефти, химические свойства древесных смол и воска. Вся эта многогранная научная и педагогическая деятельность выдвигает Г. И. Гесса в ряды передовых русских ученых. Однако мировую известность он получил как основатель термохимии. Предвидя важность термохимии, еще М. В. Ломоносов поставил в этом направлении несколько опытов и высказал свои соображения о законе сохранения энергии.

Г. И. Гесс четко сформулировал основной закон термохимии — «закон постоянства сумм тепла». Этот закон постоянства сумм теплоты является одной из форм закона сохранения энергии. Сам Г. И. Гесс сформулировал этот закон следующим образом: «Количество тепла, развивающееся при каком-либо химическом процессе, всегда остается тем же, независимо от того, происходит ли данный химический процесс сразу же, или проходит через любое число стадий». Это и есть закон постоянства сумм теплоты, который позволяет устанавливать тепловые эффекты и в тех случаях, когда непосредственно исследования провести невозможно.

Для обоснования этого закона ученый провел многочисленные опыты и наглядно показал это на нейтрализации серной кислоты аммиаком, едким кали, едким натром, известью и другими соединениями.

Если проводить нейтрализацию растворов серной кислоты различной концентрации разбавленным раствором едкого кали постоянной концентрации, учитывая при этом как теплоту разбавления, так и теплоту нейтрализации, получаются следующие результаты (см. табл. на стр. 44).

Работа Г. И. Гесса, посвященная закону постоянства сумм теплоты, появилась в свет в 1840 г., т. е. за два года до опубликования работы Р. Майера и Д. Джоуля о механической теории теплоты.

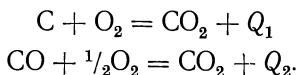
Например, непосредственно измерить теплоту образования моля СО очень трудно. Но легко измерить теплоту

Состав кислоты	Выделяющаяся теплота, в дж при		Сумма теплот, в дж
	разбавлении	нейтрализации	
$\text{H}_2\text{SO}_4$	—	2508,24	2508,24
$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	326,76	2213,4	2540,16
$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	490,14	2028,6	2520,0
$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	653,52	1862,28	2495,8

сгорания угля в  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ . Пользуясь законом Гесса, получаем:

$$\begin{aligned} \text{C}_{\text{ТВ}} + \text{O}_{2\text{газ}} &= \text{CO}_{2\text{газ}} + 394\,800 \text{ дж} \\ \text{CO}_{\text{газ}} + \frac{1}{2}\text{O}_{2\text{газ}} &= \text{CO}_{2\text{газ}} + 285\,600 \text{ дж} \\ \hline \text{C}_{\text{ТВ}} + \frac{1}{2}\text{O}_{2\text{газ}} &= \text{CO}_{2\text{газ}} + 109\,200 \text{ дж} \end{aligned}$$

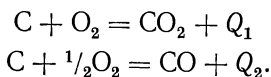
Из закона постоянства сумм теплоты вытекает несколько следствий, которые имеют большое практическое значение. Первое из них такое: если две химические реакции приводят из различных начальных состояний к одинаковым конечным состояниям, то разность тепловых эффектов первой и второй реакций есть тепловой эффект перехода одного начального состояния в другое. Например:



Отсюда тепловой эффект образования окиси углерода легко вычислить:

$$Q_3 = Q_1 - Q_2.$$

Второе следствие: если две реакции протекают из одинаковых начальных состояний и приводят к различным конечным состояниям, то разница между их тепловыми эффектами представляет тепловой эффект перехода из одного конечного состояния в другое, например:



Здесь тепловой эффект сгорания окиси углерода до двуокиси углерода будет равен:

$$Q_2 = Q_1 - Q_3.$$

Эти следствия имеют большое значение в практике. Так, зная теплоту сгорания угля и окиси углерода до двуокиси углерода, можно легко рассчитать теплоту образования окиси углерода, не проводя эксперимента.

Третье следствие — теплота разложения химического соединения равна по величине и противоположна по знаку теплоте его образования.

Г. И. Гесс не только открыл основной закон термохимии, доказав его экспериментально, но исследовал его для расчета энергетического баланса физико-химических процессов.

Открытие этого закона явилось основой создания новой области химической науки, которая в настоящее время называется термохимией. Г. И. Гесс понимал всю важность открытого им явления и считал, что работы в данной области не ограничиваются только этим законом; он полагал, что необходимо определить термохимическую характеристику всех химических соединений, а именно — установить, какое количество теплоты освобождается при выделении элементов из их соединений. Суммированием этих теплот находят общую теплоту образования вещества. Дальнейшее развитие термохимии показало, что программа, намеченная Г. И. Гессом, была именно тем путем, по которому и развивалась термохимия.

Ему принадлежит и открытие второго закона термохимии, который получил название закона термонеutrальности. Этот закон устанавливает отсутствие теплового эффекта при реакции обменного разложения солей. Явление термонеutrальности не получило объяснения ни в трудах самого Г. И. Гесса, ни в трудах его последователей. Сущность этого явления раскрыли лишь после того, как была разработана теория электролитической диссоциации.

На основе многих опытов, Г. И. Гесс высказал мысль о возможности измерения химического сродства тепловым эффектом реакции. В своей работе «О выделении тепла в кратных отношениях» Г. И. Гесс на примере серной кислоты показал, что в каждом случае количество освобождающейся теплоты показывает нам, что существует более чем три определенных соединений серной кислоты с водой.

Наряду с большой многообразной научно-исследовательской и педагогической работой он занимался и вопросами методики преподавания химии. Им был написан учебник «Основания чистой химии», который сыграл выдающуюся роль не только в изучении, но и в развитии химической науки. Этот учебник выдержал семь изданий. В нем



была дана новая химическая номенклатура, разработанная комиссией в составе профессоров: Г. И. Гесса, С. Я. Нечаева, П. Г. Соболевского, М. Ф. Соловьева. Эта номенклатура в основном сохранилась до настоящего времени с дополнениями, внесенными Д. И. Менделеевым.

## ***Николай Николаевич Бекетов*** **(1827—1911)**

Н. Н. Бекетов родился 1 января 1827 г. в с. Альферьевка Пензенской губернии, в семье помещика. После окончания петербургской гимназии в 1844 г. Н. Н. Бекетов поступил в Петербургский университет на отделение естественных наук философского факультета. Через два года он перевелся в Казанский университет, по окончании которого в 1849 г. возвратился в Петербург. В лаборатории Медико-хирургической академии под руководством Н. Н. Зинина он написал магистерскую диссертацию «О некоторых новых случаях химического сочетания и общие замечания об этих явлениях» (1853). После защиты диссертации Н. Н. Бекетов занял должность ассистента кафедры химии и технологии Петербургского университета, где проработал два года и был назначен экстраординарным профессором Харьковского университета.

В 1865 г. Н. Н. Бекетов защитил докторскую диссертацию на тему «Исследования над явлениями вытеснения одних металлов другими» и его назначили ординарным профессором Харьковского университета. За работы в области физической химии в 1877 г. Н. Н. Бекетов был избран членом-корреспондентом Российской Академии наук, а в 1886 г. — академиком. После избрания академиком он переехал в Петербург. Научная и педагогическая деятельность Н. Н. Бекетова продолжалась более 60 лет. За этот период он пережил влияние электрохимической (дуалистической) теории Я. Берцелиуса и теории типов М. Ф. Жерара, был современником создания и дальнейшего развития теории строения органических соединений А. М. Бутлерова и электролитической теории диссоциации С. Аррениуса. При его жизни был открыт и получил дальнейшее развитие периодический закон Д. И. Менделеева. Он оказался свидетелем возникновения науки о строении вещества, связанной с открытием явлений радиоактивности. Все новые воз-

зрения в области химии находили живой отклик в научной и педагогической деятельности Н. Н. Бекетова.

Н. Н. Бекетова по праву можно считать преемником М. В. Ломоносова в области развития физической химии, так как после М. В. Ломоносова он первый начал читать курс физической химии в Харьковском университете (1865) и организовал специальное отделение по подготовке физико-химиков. Определяя содержание физической химии, он указывал,

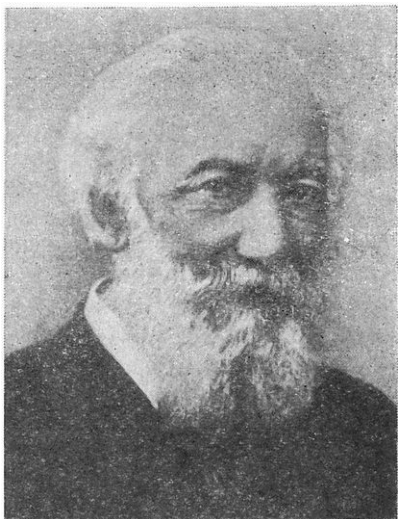


Рис. 10. Н. Н. Бекетов.

что хотя мы и различаем химические и физические свойства тел, тем не менее и те, и другие есть выражение строения и свойств мельчайших частиц. Строение материи в одно и то же время находится в зависимости от физических условий и химических свойств. Н. Н. Бекетов определял физическую химию как науку об общих, теоретических законах химии, как теоретическую химию. Такое определение как бы перекликалось с определением М. В. Ломоносова, основоположника и создателя физической химии, который называл ее философией химии.

Научные работы Н. Н. Бекетова были посвящены изучению химической связи — устойчивости химических соединений, а также рассмотрению вопроса о химическом средстве, о том, какими химическими свойствами элементов это средство определяется.

«Если химическое средство,— писал Н. Н. Бекетов,— есть нечто самостоятельное и присущее материи, то, спрашивается, какими свойствами материи обуславливается качество и количество средства?..»

В своей докторской диссертации «Исследования над явлениями вытеснения одних элементов другими» он отвечает на поставленные вопросы: «Выделение одних элементов другими из соединений представляет явление, имеющее

самый глубокий научный интерес, потому что мы здесь прямо сталкиваемся с первоначальными физическими свойствами этих элементов. Это явление обнаруживает в самом простом виде то, что называют химическим сродством, подчас указывая на химическое различие элементов, чего не обнаруживают явления прямого соединения...».

Следовательно, целью исследований Н. Н. Бекетова явилось нахождение самых общих закономерностей протекания химических реакций. Изучая влияние условий на химические реакции, он нашел, что при исследовании действия водорода на растворы хлорида серебра в аммиаке и нитрата серебра водород под давлением 10 *атм* вытесняет серебро.

На основании своих опытов Н. Н. Бекетов приходит к выводу:

1. Обыкновенный водород в газовом состоянии или в растворе жидкости может вытеснять некоторые металлы (серебро, ртуть) из их растворов.

2. Это действие водорода зависит от концентрации раствора, или от химической массы восстанавливаемого вещества.

Опыты по вытеснению металлов из растворов водородом он проводил количественно, измеряя величину давления водорода, и установил, что давления в 23 *атм* уже достаточно для выделения серебра из насыщенного раствора сульфата серебра. Исследуя действие углекислого раствора известковых солей, он приходит к выводу, что химическое действие газов зависит от давления и может совершаться даже в обратном направлении.

На основании многочисленных экспериментов Н. Н. Бекетов доказал, что действие газа пропорционально давлению или массе, установил возможность протекания реакции в двух направлениях и дал точное определение состояния равновесия.

Возражая Р. Бунзену, который идеалистически рассматривал химическое сродство, Н. Н. Бекетов считал, что сродством выражаются только те особенные химические свойства, которые в известной степени не зависят от внешних условий и вместе с ними определяют направление химической реакции. Здесь сказывается строго материалистический подход Н. Н. Бекетова к определению сродства. Эта точка зрения красной нитью проходит по всем теоретическим рассуждениям, которые делал ученый, обобщая свои экспериментальные работы. Занимаясь вопросами изучения химического сродства, он пытался решать их с

точки зрения термохимической. Так, исследуя теплоту образования окисей и хлоридов щелочных металлов, он получил безводные окиси щелочных металлов, которые до него никто еще не получал. Н. Н. Бекетов установил падение теплоты окисления и возрастание теплоты гидратации окислов с возрастанием атомной массы щелочных металлов. Это послужило ему основанием сделать заключение, что восстанавливающее действие водорода на окиси щелочных металлов будет тем сильнее, чем больше атомная масса металла.

Интересны его опыты и в другом направлении. Он нашел, что теплоты образования соединений зависят от степени сжатия при их образовании. Чем больше сжатие, тем больше тепловой эффект. Исходя из своих теоретических представлений о прочности соединений и считая, что наиболее прочными являются соединения из элементов с близкими атомными массами, образующиеся с наибольшим сжатием и с наибольшим выделением теплоты, Н. Н. Бекетов в 1859 г. предложил в качестве наиболее сильно восстанавливающего вещества алюминий, который, если не восстанавливает бария из его солей (хлористых, бромистых и иодистых), то будет восстанавливать его из кислородного соединения.

Н. Н. Бекетов правильно оценил и практическую сторону действия металлического алюминия на окислы металлов. Так, в 1865 г. по поводу получения калия он писал, что этот метод окажется удобным для практики, так как цена алюминия не высока, а восстановление идет, по-видимому, гораздо легче и при низшей температуре, чем восстановление калия железом. Можно с полным правом утверждать, что Н. Н. Бекетов разработал не только теоретически, но и практически способ восстановления металлов из окислов действием металлического алюминия. Этот метод в практику вошел под названием алюминотермии как общий метод получения металлов из их окислов.

Н. Н. Бекетов один из первых высоко оценил открытый Д. И. Менделеевым периодический закон и понял все громадное значение его. Н. Н. Бекетов подчеркивает в периодическом законе энергетическую сторону, причем рассматривает его как наиболее общий закон химии, выражающий образование элементов в природе из какого-нибудь первоначального вещества, существовавшего, а вероятно, и теперь существующего.

Наряду с теоретическими вопросами Н. Н. Бекетов занимался и чисто прикладными работами. Так, он исследо-

вал воду харьковского водопровода и принимал деятельное участие в вопросах водоснабжения Харькова. Во время Севастопольской кампании, когда подвоз серы из Сицилии, необходимой для производства пороха, стал невозможным, Н. Н. Бекетов предложил использовать гипс для получения серы. Он много занимался исследованием минеральных вод, в частности, исследовал Березовские минеральные воды и дал заключение о высоких лечебных свойствах этих вод.

Как и все выдающиеся русские ученые, он был горячим патриотом своей страны и всегда отстаивал приоритет русской науки. Так, Н. Н. Бекетов один из первых (еще до Н. А. Меншуткина) правильно оценил работы М. В. Ломоносова, он указывал, что М. В. Ломоносов смотрел на теплоту как на особого рода движение частиц материи, и притом он развил этот взгляд в своих сочинениях в такой полноте, которую мы теперь встречаем в сочинениях Тиндала.

Ученый принимал активное участие в общественной жизни. Он был инициатором и организатором публичной библиотеки в Харькове, Общества распространения в народе грамотности и Общества пособия нуждающимся студентам. Он широко пропагандировал необходимость нести знания в народ и сам принимал участие в чтении публичных лекций.

Н. Н. Бекетов вошел в историю русской науки как основоположник современной физической химии, как один из открывателей закона действующих масс, как крупный исследователь в области термохимии и, наконец, как ученый, правильно поставивший вопрос о превращении элементов и об энергетических изменениях, сопровождающих эти процессы.

Развитие теоретических положений основателей физической химии М. В. Ломоносова и Н. Н. Бекетова нашло свое продолжение в работах многих поколений русских химиков.

## *Дмитрий Петрович Коновалов* (1856—1929)

Д. П. Коновалов родился 22 марта 1856 г. в Екатеринославе (ныне Днепропетровск). В 1873 г. окончил Екатеринославскую гимназию и в том же году поступил на заводское отделение Петербургского горного института — наилучшего

в те годы высшего технического учебного заведения России. В качестве вольнослушателя он учился и в Петербургском университете на физико-математическом факультете, где в тот период работали выдающиеся русские ученые Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров, П. Л. Чебышев, И. М. Сеченов. В 1880 г. Д. П. Коновалов уехал за границу и по совету Д. И. Менделеева работал в Страсбургском университете у профессора А. Кундта, где изучал упругость паров смеси жидкостей. Защитив эту работу на степе-



Рис. 11. Д. П. Коновалов.

нь доктора философии, он осенью 1881 г. возвратился в Петербург и вначале работал лаборантом в университетской лаборатории А. М. Бутлерова, а с 1882 г.—в лаборатории аналитической химии, возглавляемой Н. А. Меншуткиным. Наряду с выполнением учебных поручений Д. П. Коновалов в 1882 г. сдал магистерские экзамены и приступил к исследованию фазовых равновесий в растворах, подготавливая тем самым теоретическую основу своих экспериментальных данных по растворам. Для окончания этой работы ему в 1883 г. представляется командировка в лабораторию профессора А. Кундта (Страсбург), где он подготовил свой классический труд «Об упругости пара растворов», который представил на физико-математический факультет Петербургского университета в качестве диссертации на соискание ученой степени магистра химии.

После присуждения степени магистра (1884 г.) Д. П. Коновалов приступил к чтению лекций по физической химии и активно включился в экспериментальную научную работу по химической кинетике.

В результате этих исследований он в 1885 г. опубликовал труд «Роль контактных действий в явлениях диссоциации», за который ему была присуждена ученая степень доктора наук.

В апреле 1886 г. Д. П. Коновалов был утвержден в звании экстраординарного профессора, а в 1891 г., после окончательного отказа Д. И. Менделеева от работы в Петербургском университете (в результате конфликта с министром народного образования), он возглавил кафедру неорганической химии и продолжал развивать научные традиции своего учителя. Оставаясь профессором университета, Д. П. Коновалов с 1904 г. работал директором Горного института. В 1907 г. он оставил научно-педагогическую деятельность и перешел в горный департамент; в 1908 г. он занял пост товарища министра торговли и промышленности, после чего, в 1915 г. снова возвратился к научно-педагогической деятельности. В 1916 г. его избрали профессором Петроградского технологического института, а в 1918 г. — профессором Горного института и директором научно-исследовательского химико-технологического института в Днепропетровске. В 1921 г. Д. П. Коновалов стал членом-корреспондентом Академии наук СССР, в 1922 г. возвратился в Ленинград и был назначен президентом Главной палаты мер и весов. В 1926 г. его избрали действительным членом Академии наук СССР.

Еще будучи студентом Петербургского университета, Д. П. Коновалов обратил на себя внимание Д. И. Менделеева своим живым и глубоким интересом к проблемам физики и физической химии. Под влиянием Д. И. Менделеева он увлекся проблемами изучения физико-химических свойств разнх жидкостей и упругости их паров.

Чтобы яснее себе представить и полнее оценить значение работ Д. П. Коновалова, напомним, что в XIX в. одной из самых актуальнейших проблем физико-химии была разработка теории растворов, так как начинающая в этот период развиваться химическая промышленность (производство кислот, щелочей, солей, сахара, минеральных масел и т. д.) имела дело с растворами, и прежде всего с их выпариванием и перегонкой. Поэтому отыскание законов растворения и летучести растворителей имело не только теоретическое значение, но представляло огромный интерес и для промышленной практики. Во второй половине XIX в. одним из основных путей для изыскания этих законов являлось изучение давления паров над растворами. Однако с целью упрощения этой задачи исследования, как правило, изучались такие растворы, в которых растворенное вещество брали практически нелетучим (например, водные растворы сахара, солей и др.). Следовательно, упругость паров над

этими растворами обуславливалась летучестью растворителя. При этом было установлено, что при одной и той же температуре упругость пара чистого растворителя всегда выше упругости пара раствора. В этом случае молекулы растворителя вступают во взаимодействие с молекулами растворенного вещества, в результате чего они теряют свободу своего движения и тем самым становятся менее летучими.

Как известно, этот факт в сочетании с законами термодинамики послужил основанием к созданию Вант-Гоффом физической теории растворов.

К началу работ Д. П. Коновалова по растворам остались не изученными жидкие смеси, все составные части которых обладают близкими по своему значению летучестями, например жидкие углеводороды в составе нефти, смесь «ароматики» в составе сырого бензола, каменноугольного дегтя и т. д. Процессы же перегонки и дистилляции таких смесей имели огромное практическое значение.

Кроме того, в этот период наряду с более правильной, последовательной и впоследствии общепринятой химической теорией растворов Д. И. Менделеева была создана новая, физическая теория растворов, которая среди зарубежных ученых имела широкое распространение.

Решение задачи исследования состава и упругости паров легколетучих однородных жидких смесей, установление закономерностей летучести этих смесей и выпало на долю Д. П. Коновалова. Результаты этих исследований им были впервые опубликованы в работе «Об упругости пара растворов»<sup>1</sup> (1884). Своими очень тщательно проведенными измерениями он показал, что явления перегонки растворов жидкостей определяются характером зависимости упругости пара раствора от его состава.

Прежде всего Д. П. Коновалов установил соотношение между равновесным составом жидкости и пара для жидких смесей и влияние добавок того или другого из компонентов на общее давление пара. Это положение, высказанное Д. П. Коноваловым, вошло в научно-учебную литературу как его первый закон: если концентрацию одного из компонентов жидкой фазы повысить, то соответственно при этом увеличится концентрация его и в парообразной фазе. Это означает, что в двойной системе парообразная фаза будет

---

<sup>1</sup> Д. П. Коновалов. Об упругости пара растворов, Спб., 1884.



содержать в большем количестве тот компонент, по сравнению с жидкой фазой, прибавление которого к системе повышает упругость пара смеси.

Далее Д. П. Коновалов показал, что если кривая упругости пара двойной жидкой смеси имеет экстремум (максимум или минимум), то в точках перегиба кривой состав пара и жидкости одинаков, т. е. максимумы и минимумы этих кривых отвечают нераздельно кипящему раствору. В этом заключается сущность второго закона Д. П. Коновалова. Исходя из этого закона, он сделал вывод о том, что распространенный в его время взгляд на такие растворы, как на определенные химические соединения, является неправильным, так как существование этих точек на кривой не может служить признаком какого-то особого вида взаимодействия между веществами.

В современной литературе эти законы формулируются так:

*первый закон* — в двойной жидкой системе пар относительно богаче тем компонентом, который в чистом виде обладает большим давлением;

*второй закон* — экстремуму (максимуму или минимуму) давления пара над двойной жидкой системой соответствует такая жидкая фаза, насыщенный пар которой обладает одинаковым с ней составом.

Законы Д. П. Коновалова выражают взаимосвязь между составом однородной смеси двух жидкостей и равновесным составом, а также давлением насыщенного пара над этой смесью.

Они имеют большое практическое значение, так как дают научную основу для важных в химической промышленности процессов перегонки и ректификации жидких смесей.

В результате исследования свойств растворов он приходит к выводу о том, что между соединениями и растворами резкой границы нет, что растворы представляют собой особое состояние химических соединений. Таким образом, он своими опытами утверждал химическую теорию растворов Д. И. Менделеева.

Для экспериментальных работ Д. П. Коновалов разработал и сконструировал значительное количество оригинальных приборов. Так, для фракционирования жидких смесей при малых давлениях он собрал приемник, который используется в лабораториях и сейчас под названием «приемника Брюля», хотя Брюль к его разработке не имел никакого отношения.

Д. П. Коновалову принадлежат также труды по изучению каталитического действия твердых тел на химические процессы. Он изучил зависимость этих процессов от природы и поверхности контактных тел.

В своей работе «Роль контактных действий в явлениях дистилляции», опубликованной в 1885 г., он впервые ввел понятие об активной поверхности катализаторов и сделал попытку найти взаимосвязь активности катализаторов с их топохимией. Взгляды, высказанные Д. П. Коноваловым о роли адсорбционной энергии при каталитических реакциях и о связи активности твердого вещества с его избыточной энергией, положили начало развитию теории гетерогенного катализа и не утратили своего значения до настоящего времени.

Следуя лучшим традициям своих предшественников, Д. П. Коновалов в 1884 г. читал курс физической химии на физико-математическом факультете Петербургского университета, привлекая большое количество учеников, которые под его руководством успешно вели экспериментальную и теоретическую работу в области физической химии. Многие из них впоследствии сделали известные ученые (М. С. Вревский, Б. Я. Курбатов, В. А. Яковлева и др.).

Это был период быстрого развития теоретической химии, и в этом направлении Д. П. Коновалов и его ученики сыграли выдающуюся роль.

Работая директором Горного департамента и товарищем министра торговли и промышленности, Д. П. Коновалов много уделял внимания и проявлял живейший интерес к развитию металлургической, химической и пищевой промышленности. За четыре года своего пребывания в Днепропетровске (1918—1922) он принимал активное участие в восстановлении химической промышленности на Украине.

Под его руководством и при непосредственном участии на предприятиях были организованы лабораторные исследования пищевых продуктов (муки, масла, вин и т. п.) и созданы соответствующие руководства, получившие широкое распространение.

Исследования Д. П. Коновалова сыграли большую роль в разработке теории электролитической диссоциации. Он высказывал взгляды о сближении гидратной теории растворов Д. И. Менделеева с теорией электролитической диссоциации, утверждая, что электропроводность обусловлена химическим взаимодействием между растворенным веществом и растворителем.



Рис. 12. Н. А. Меншуткин.

**Николай  
Александрович  
Меншуткин  
(1842—1907)**

Н. А. Меншуткин родился 12 (24) октября 1842 г. в Петербурге. Здесь же он получил среднее и высшее образование, окончив в 1862 г. естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета. По окончании университета Н. А. Меншуткин в 1863 г. отправился за границу. По возвращении из-за границы он в 1886 г. при

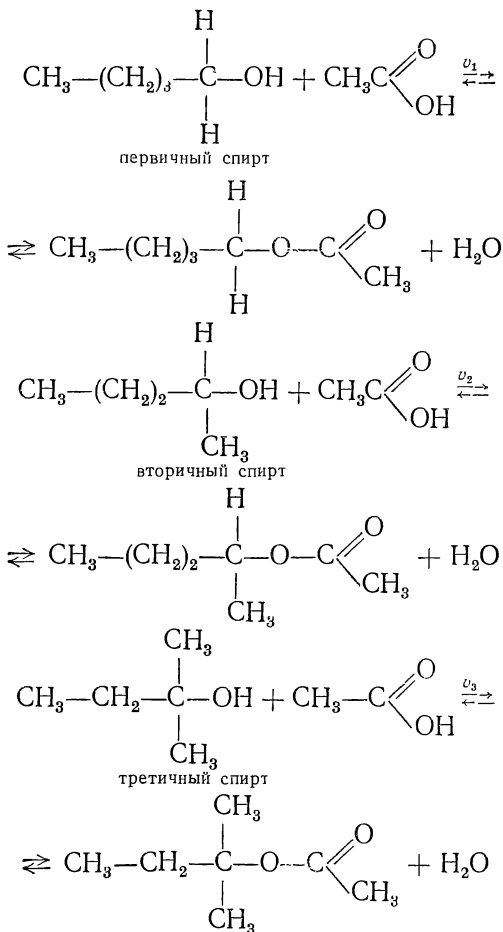
Петербургском университете защитил магистерскую диссертацию на тему «О водороде фосфористой кислоты, не способном к металлическому замещению при обыкновенных условиях для кислот», и в 1867 г. его избрали доцентом по кафедре химии.

После защиты докторской диссертации на тему «Синтез и свойства уреидов» (1869) он был избран профессором (1869—1885) и заведующим кафедрой (1885—1902) Петербургского университета, а затем профессором Политехнического института (1902—1907). Основной заслугой Н. А. Меншуткина в развитии химической науки являются его фундаментальные исследования по динамике химических процессов, протекающих между органическими соединениями, в зависимости от состава и строения взаимодействующих веществ. Эти работы, продолжавшиеся в течение почти 30 лет (1877—1900), послужили основой для всех последующих исследований в этом направлении.

Наиболее значимые труды Н. А. Меншуткина посвящены изучению скорости и пределу реакций этерификации при взаимодействии спиртов и органических кислот.

Эти работы показали, что скорость и пределы эфиروобразования зависят от строения спиртов, а именно: при одинаковых условиях скорость этерификации наибольшая

у первичных спиртов и наименьшая у третичных. Например, при взаимодействии первичного, вторичного и третичного амилового спирта с уксусной кислотой:



скорость этерификации уменьшается в следующем порядке<sup>1</sup>:

$$v_1 > v_2 > v_3$$

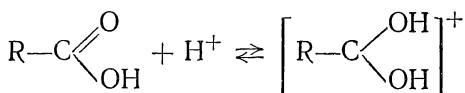
Эти же работы Н. А. Меншуткина показали, что с возрастанием сложности состава и строения органической кис-

<sup>1</sup> Как показали дальнейшие исследования, это правило Н. А. Меншуткина соблюдается не всегда.

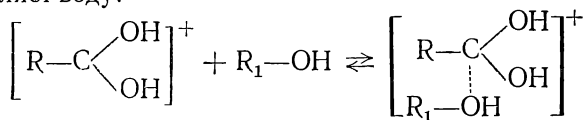
лоты и спирта скорость образования эфира при их взаимодействии уменьшается. Так, при этерификации спиртов с кислотами понижение скорости и предела эфиروобразования вызывается: а) увеличением длины и массы углеводородного радикала в составе молекулы исходных веществ, б) возникновением в ней боковых цепей, циклического радикала и отрицательных заместителей (в частности, атомов галоида), а также ненасыщенных связей в составе молекулы первичного спирта, в) понижением концентрации реагирующих веществ и др. <sup>1</sup>.

Изучая гидролиз третичного уксусноамилового эфира, Н. А. Меншуткин установил, что образующаяся в результате этой реакции уксусная кислота ускоряет процесс гидролиза (1882). Затем было доказано, что скорость процесса этерификации значительно повышается в присутствии сильных минеральных кислот. При этом каталитическое действие на эфиروобразование оказывают не молекулы кислоты, а ее водородные ионы. После более детальных исследований этого процесса в настоящее время предложена следующая четырехстадийная схема этерификации в присутствии минеральных кислот.

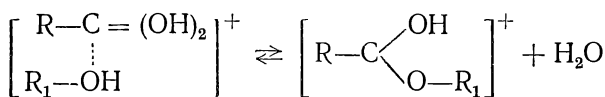
На первой стадии водородные ионы (протоны) минеральной кислоты захватываются кислородом карбонильной группы органической кислоты (отрицательно заряжен) с образованием ониевого катиона:



Затем этот катион взаимодействует с молекулой спирта, образуя сложный неустойчивый комплекс, который легко отщепляет воду:

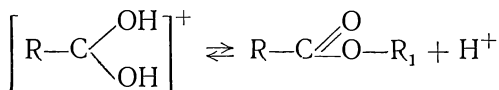


и далее:

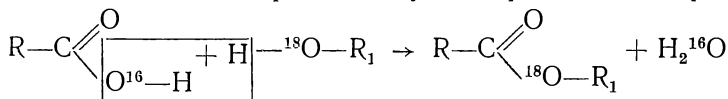


<sup>1</sup> Более детальные исследования показали, что в случае хлорированных жирных кислот скорость этерификации не уменьшается, как это ошибочно утверждалось Н. А. Меншуткиным, а возрастает по сравнению со скоростью этерификации незамещенной кислоты.

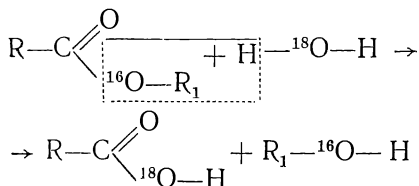
Наконец, образующийся в результате этого распада ониевый катион, регенерируя водородные ионы (катализатор), дает молекулу сложного эфира:



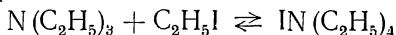
Пользуясь методом изотопных индикаторов ( $^{16}\text{O}$  и  $^{18}\text{O}$ ), в настоящее время установлено также, что при этерификации молекула воды образуется за счет гидроксила органической кислоты и водорода молекулы спирта, а не наоборот:



Аналогично протекает и процесс омыления (гидролиза) эфиров:



Многочисленные и чрезвычайно важные исследования Н. А. Меншуткин провел по изучению скорости химических реакций разложения эфиров, аминов, амидов кислот и других органических соединений в различных растворителях. Им было изучено 23 растворителя (бензол, гексан, ацетон, спирты и другие «недеятельные» жидкости) и убедительно доказано, что природа растворителя оказывает огромное влияние на скорость реакции. Так, опыты показали, что константа скорости образования иодистого тетраэтиламмония из иодистого этила и триэтиламина в бензиловом спирте в 742 раза больше, чем в гексане:



Этими опытами на большом количестве реакций ученый подтвердил, что растворители оказывают существенное влияние на скорость химических процессов, в одних случаях ускоряя эти процессы, т. е. действуют на них каталитически, в других — замедляя их.

Исследования Н. А. Меншуткина о влиянии среды на скорость химических реакций относятся к числу крупных достижений в области химической кинетики, а вся совокуп-

ность его работ по изучению скорости, предела и обратимости химических процессов сыграла большую роль в развитии химической науки, так как они явились основанием познания стехиометрии химической динамики.

Экспериментальные данные по этому вопросу служили Вант-Гоффу материалом для обоснования открытых им закономерностей химической кинетики. За эти работы Петербургская академия наук Н. А. Меншуткину, как одному из основателей химической кинетики, в 1904 г. присудила Ломоносовскую премию.

Большое наследие Н. А. Меншуткин оставил и в области учебной работы. Особенно выдающуюся роль он сыграл в постановке преподавания аналитической химии в высших учебных заведениях. Им были введены в университетах систематические практические занятия по качественному и количественному анализу. Он является автором классического учебника по аналитической химии. До того времени все учебные пособия сводили работу по неорганическому анализу к тому, чтобы все студенты по шаблону, механически проделывали те или иные приемы анализа без всякого теоретического их обоснования, без какого бы то ни было их химического осмысливания. Н. Е. Меншуткин, придавая качественному и количественному анализу исключительное значение в деле общехимической подготовки студентов, превратил этот раздел химии в самостоятельную учебную дисциплину, установив в ней определенную научно обоснованную систему.

Этот курс, опубликованный в 1871 г., явился настольной книгой химических лабораторий учебных заведений всего мира. Многочисленные восторженные отклики на этот учебник говорят об исключительной роли, которую он сыграл в деле подготовки специалистов-химиков. Книга Н. А. Меншуткина оригинальна и истинно научна; она вполне отвечает своему главному стремлению и назначению — научить студента химически думать, что делает ее достойным спутником основ химии Д. И. Менделеева. Этот учебник, не утративший и до настоящих дней своего научно-педагогического значения, был переведен на многие языки западноевропейских стран и выдержал 16 русских изданий (последнее вышло в 1931 г.).

Н. А. Меншуткин был одним из наиболее деятельных участников Русского химического общества; с самого основания журнала этого общества (1869) он в течение 39 лет являлся бессменным его редактором.

Много научно-педагогических исследований оставил профессор Н. А. Меншуткин также по органической химии и истории химии. Им были в 1884 г. изданы «Лекции органической химии», которые выдержали 4 издания и пользовались большим успехом, так как они представляли собой наиболее подробный и оригинальный курс органической химии на русском языке.

С 1878 г. Н. А. Меншуткин читал в Петербургском университете курс «История химии», а в 1888 г. опубликовал первый в России оригинальный труд «Очерк развития химических воззрений». Ученый боролся за создание возможно лучших условий для развития химической науки и подготовки высококвалифицированных специалистов-химиков в России.

## ***Николай Александрович Шилов*** ***(1872—1930)***

Н. А. Шилов относится к числу ярких, свободомыслящих представителей русской интеллигенции конца XIX и начала XX в. Он был одним из талантливых и любимых студентами профессоров. Н. А. Шилов родился в Москве. После окончания московской классической гимназии он поступил в Московский университет на естественное отделение физико-математического факультета, где в то время преподавали выдающиеся ученые: А. Г. Столетов, Н. А. Умов, К. А. Тимирязев и др. Слушая замечательные лекции К. А. Тимирязева, молодой студент увлекся ботаникой и проводил значительную часть своего студенческого времени в Ботаническом институте. Однако увлечение ботаникой у Н. А. Шилова сменилось новым увлечением — химией. По окончании университета Н. А. Шилов был оставлен здесь в качестве ассистента в лаборатории органической химии у профессора Н. Д. Зелинского. Профессор обратил внимание на талантливого юношу и всячески помогал ему. По заданию Н. Д. Зелинского он успешно выполнил свою первую научную работу по электролизу натриевых и калиевых солей нитрометана. Много лет Н. А. Шилов работал лекционным ассистентом в лаборатории Н. Д. Зелинского. Это был для него очень важный, как бы подготовительный период для самостоятельной научно-исследовательской работы. Его учитель проф. Н. Д. Зе-





Рис. 13. Н. А. Шилов.

линский, будучи широко образованным ученым, интересовался органической и физической химией, считая, что физическая химия дает возможность более глубоко проникнуть в мир органической химии. Эти взгляды проявились и в дальнейшей научной деятельности Н. А. Шилова.

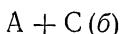
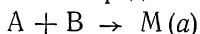
В 1896 г. он получил командировку в лабораторию В. Оствальда. Здесь Н. А. Шилов выполнил работу по каталитическому окислению иодистого водорода бромной кислотой. Эта работа вызвала у него большой интерес к

проблеме химической кинетики, и в дальнейшем для своих исследований он избрал область близкую к явлениям катализа — процессы химической индукции (область сопряженных реакций окисления). Он считал, что эти процессы являются переходными к чисто каталитическим — в гомогенной среде. В первой зарубежной командировке Н. А. Шилов пробыл около года. В 1904 г. ученый получил вторую командировку в Лейпциг, за время которой он выполнил исследование на тему «Сопряжение реакций окисления», она и поныне не потеряла своего научного значения. Эту работу он успешно защитил на соискание ученой степени магистра, после этого Н. А. Шилов был утвержден в звании приват-доцента Московского университета. Он с увлечением и с большим успехом читал курс «Избранные главы неорганической химии». В 1910 г. Н. А. Шилов избрали профессором кафедры Московского Высшего технического училища (Высшее техническое училище им. Баумана), где он трудился до конца своей жизни. Одновременно с этим он читал лекции в Московском высшем коммерческом институте (институт народного хозяйства им. Г. В. Плеханова). В этих учебных заведениях в основном протекла вся его научно-педагогическая деятельность. Ученый опубликовал оригинальные и ценные работы: по химической кинетике, адсорбции, рас-

пределению и динамике поглощения газа в противогазе, научной фотографии и т. д. Его идеи о промежуточных соединениях, сопряженных реакциях, привлечении к разработке химической кинетики новых положений теории электролитической диссоциации, теории комплексных соединений и учения об окислительно-восстановительных потенциалах дали новое содержание кардинальному вопросу химической кинетики — механизму химических реакций.

Особенно большое значение имели опыты Н. А. Шилова по исследованию скорости одновременного окисления мышьяковистой и сернистой кислот при помощи бромноватой кислоты (1903), кинетики медленного окисления муравьиной, щавелевой и винной кислот марганцовокислым калием (1903—1905) и других окислительных процессов. Эти работы, оформленные Н. А. Шиловым в качестве диссертации (1905) «О сопряженных реакциях окисления», положили начало теории сопряженных реакций в растворах. Сущность этой теории заключается в том, что многие окислительно-восстановительные процессы со сравнительно измеримой скоростью протекают лишь в том случае, если одновременно с ними протекают другие, подобные им окислительно-восстановительные процессы, окислитель или восстановитель в которых является общим.

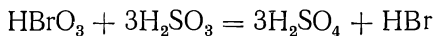
Схематически это можно представить.



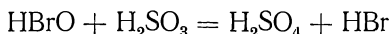
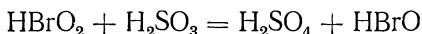
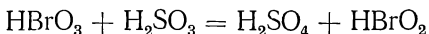
Так, мышьяковистая кислота (В) почти не окисляется бромноватой кислотой (А), скорость же окисления сернистой кислоты (С), наоборот, очень велика. Если же оба восстановителя (В) и (С) при одном и том же окислителе (А) присутствуют одновременно, то, как показывает опыт, реакция (б) «индуцирует» реакцию (а) и скорость последней возрастает до пределов первой реакции. Таким образом, вещество (С), в данном случае сернистая кислота, служит индуктором первой реакции. Наряду с понятием «сопряжения» (взамен «индукции») Н. А. Шиловым для этого типа реакции введены понятия: для общего вещества (А) — «актор» или «донатор» и для вещества (В) — «акцептор»; эти понятия, как известно, прочно вошли в русскую и мировую научную и учебную литературу.

Теория сопряженных реакций окисления, выдвинутая Н. А. Шиловым, исходит из того, что при сложных окислительных процессах химическое взаимодействие протекает

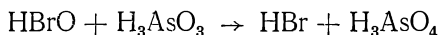
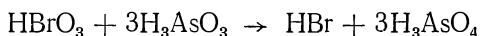
не по суммарному уравнению реакции, а через промежуточные стадии (элементарные процессы). Например, реакция окисления сернистой кислоты бромноватой кислотой:



выражает собой лишь общие результаты этой реакции. Изучение механизма реакции показывает, что она протекает через промежуточные стадии, а именно:



Отсюда естественно, что если актор ( $\text{HBrO}_3$ ) не в состоянии непосредственно вступить в химическое взаимодействие с акцептором ( $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ), то эта реакция может стать возможной для одного из промежуточных состояний актора ( $\text{HBrO}_2$  или  $\text{HBrO}$ ):



В этом и заключается сущность теории сопряженных реакций. Наиболее подробно и всесторонне эта теория Н. А. Шиловым была разработана на реакциях окисления щавелевой, муравьиной и винной кислот марганцовокислым калием. При этом Н. А. Шилов показал, что в процессе окисления указанных кислот образуются промежуточные продукты, как, например,  $\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot 4(\text{COOH})_2$ ,  $\text{MnO}_2 \cdot 2(\text{COOH})_2$ , аналогичные комплексам винной кислоты, и т. д.

Эти работы Н. А. Шилова по кинетике химических реакций послужили основой создания теории сопряженных реакций в растворах, положили начало теории промежуточных реакций при катализе, а также первым представлениям о цепных реакциях.

Н. А. Шилов, ученик и последователь Н. Д. Зелинского, с присущей ему страстностью и энергией занялся исследованием механизма адсорбции углей, для этого он в 1916 г. создал подвижную лабораторию в условиях прифронтовой полосы.

На основе собранного громадного экспериментального материала по испытанию противогаса Н. А. Шилов обнаружил, что официально принятая статистика определения способности угля улавливать газы не дает возможности судить о фактической поглощаемости при протекании газов через адсорбент.

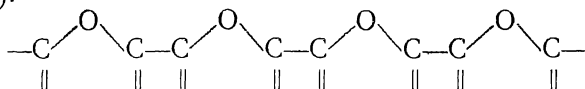
Он выдвинул понятие о динамической активности угля и разработал методику ее измерения, которая в основном соответствует ныне принятой. Он впервые ввел терминологию: «динамическая активность сорбента», «время защитного действия слоя сорбента» ( $\theta$ ) и «коэффициент защитного действия сорбента» ( $K$ ), установив между последними понятиями такую взаимосвязь:  $K = \frac{d\theta}{da}$ , где  $a$  — общая толщина слоя сорбента. Введенные им понятия получили всеобщее признание в сорбционной технике и противогазовом деле.

Разработка нового, более рационального метода оценки активности угля, естественно, выдвинула вопрос об анализе его свойств и способов получения.

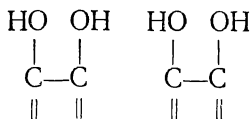
Все лабораторно-аналитические опыты, связанные с сорбционно-противогазовой техникой, Н. А. Шилов с успехом проводил на Московском угольном заводе.

Оригинальная точка зрения была высказана им о механизме адсорбции углем сильных электролитов, согласно которой на поверхности угля в результате необратимой сорбции кислорода образуются окислы угля общей формулы  $C_xO_y$ , а именно:

1. При обыкновенной температуре и малых давлениях кислорода (до 2 мм рт. ст.) этот окисный слой на поверхности угля имеет следующую примерную структуру (окисел А):

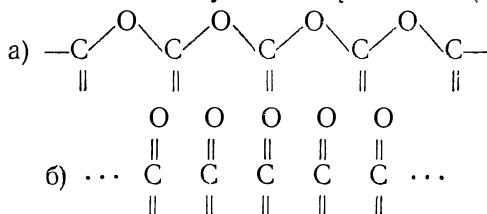


Этот окисел обладает основными свойствами и под действием влаги дает основания:

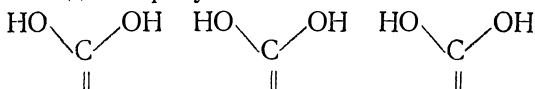


2. При комнатной температуре и давлении кислорода, превышающем 2 мм рт. ст., структура этого слоя может

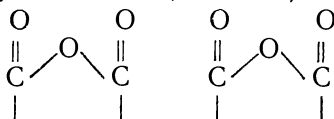
быть представлена в следующих двух видах (окислы В):



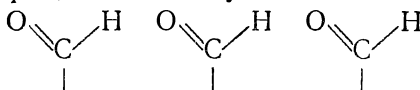
Эти окислы имеют также основной характер и при взаимодействии с водой образуют основания:



3. При повышенной температуре (200—800 °С) структура окисного слоя на поверхности угля схематически представится в следующем виде (окисел С):



При взаимодействии с водой этот окисел, обладающий кислым характером, дает кислоту:



В водных растворах, содержащих уголь с окислами А и В, в результате отщепления ОН-групп поверхность угля будет заряжена положительно: в случае же угля с окислами С в результате отщепления Н-атомов поверхность угля, наоборот, заряжается отрицательно. При этом на поверхности угля в том и другом случае образуется двойной электрический слой.

Если уголь, покрытый окислами, находится в растворе сильного электролита, например HCl, то Н-ионы кислоты соединяются с ОН-ионами двойного электрического слоя поверхности угля, образуя воду; при этом Cl-ион становится на место прореагировавшего ОН-иона.

Согласно исследованиям Н. А. Шилова, адсорбция сильных электролитов углем представляет собой по существу обмен ионов электролита на ионы, образуемые поверхностными соединениями угля. Н. А. Шилов детально изучил взаимное влияние адсорбции углем смеси различных

электролитов. При этом оказалось, что существуют три типа совместной адсорбции двух электролитов: а) отсутствие взаимного влияния ( $\text{HCl} + \text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_3\text{AsO}_3$  и др.); б) равномерное распределение адсорбции между двумя компонентами смеси ( $\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HBr} + \text{HPO}_3$ ,  $\text{HBr} + \text{HNO}_3$  и др.); в) усиливающее действие одного электролита на адсорбцию другого ( $\text{HCl} + \text{HI}$ ).

Эти исследования являются теоретическими основами современной противогазовой техники. Своими работами по сорбции Н. А. Шилов открыл новую страницу физической химии. Его ученики и сотрудники (М. М. Дубинин, К. В. Чмутов, Б. В. Некрасов, К. В. Астахов, Л. К. Лепинь и др.) с большим успехом продолжают эти работы. Мы по праву можем считать, что новая страница противогазовой науки принадлежит русским ученым Н. Д. Зелинскому и Н. А. Шилову.

Характерной особенностью Н. А. Шилова, как и многих выдающихся ученых, было сочетание творческой научно-исследовательской работы с педагогическим мастерством.

Опубликованные им учебники «Руководство к практическим занятиям по общей химии», «Объемный анализ» в свое время сыграли большую роль в подготовке специалистов-химиков. Наряду с академическими лекциями Н. А. Шилов часто выступал с публичными. Профессор Б. М. Беркенгейм, вспоминая эти лекции, писал: «Тот, кто слушал популярные лекции Н. А. Шилова о радиоактивности, о катализе, о химической кинетике, тот никогда не забудет того бодрящего, поднимающего дух впечатления, которое эти лекции производили на аудиторию. Молодежь уходила с этих лекций, как бы насладившись бокалом искристого шампанского. Глубокие мысли, яркие аналогии, трогательная любовь к науке, к ее роли в жизни общества и отдельных людей проникали в сознание слушателей и заражали их». И далее, характеризуя Шилова как человека и ученого, он пишет: «Тонкий знаток и любитель музыки и поэзии, литературы, искусства, человек широкого кругозора, неистового темперамента, Н. А. Шилов вместе с тем был подлинным и упорным тружеником науки, ученым скрупулезной точности, алмазной академической чистоплотности. За каждую цифру в его трудах и за каждый эксперимент можно поручиться»<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Б. М. Беркенгейм. Н. А. Шилов. «Успехи химии», т. XV, вып. 2, 1946, стр. 238.

## *Иван Алексеевич Каблуков*

*(1857—1942)*

И. А. Каблуков родился 2 сентября 1857 г. в одной из маленьких деревень Московской губернии. В 1876 г. И. А. Каблуков окончил 2-ю московскую гимназию.

Во время пребывания в гимназии он много занимался чтением книг, которые призывали к борьбе с самодержавием. Поведение гимназиста И. А. Каблукова вызвало усиленное к нему внимание жандармского ведомства, и он в 1874 г. был удален из гимназии. Однако ему в 1876 г. удалось закончить гимназию и поступить в Московский университет.

Уже на втором курсе он стал заниматься научной работой. Вначале И. А. Каблуков увлекся зоологией. Но это увлечение скоро прошло. Он начал работать в лаборатории у проф. В. В. Марковникова — ученого с мировым именем, который всегда стремился связать науку с практикой и прививал своим ученикам горячую любовь к родине. В лаборатории В. В. Марковникова студенты с первых же шагов работы приучались к самостоятельным приемам исследования.

И. А. Каблуков полюбил химию и много работал над собой. Будучи студентом третьего курса он выполнил работу на тему «Получение эфиров гексильного глицерина», которая была доложена В. В. Марковниковым от своего имени и имени студента Ивана Каблукова на химической секции съезда работников естествознания и врачей. Это окрылило молодого И. А. Каблукова, и в 1880 г. (в год окончания университета) он написал сочинение на тему «Монография многоатомных спиртов в связи с ближайшими их производными», за которое ему была присуждена золотая медаль.

И. А. Каблуков проявил большие способности не только в овладении теорией, но и в экспериментировании. В лице молодого И. А. Каблукова В. В. Марковников видел будущего ученого-химика. В связи с этим по предложению В. В. Марковникова И. А. Каблуков был оставлен при университете для подготовки к профессорскому званию.

Через год И. А. Каблуков командировается в химическую лабораторию Петербургского университета к проф. А. М. Бутлерову для прохождения практики по исследованию органических веществ, где, по предложению А. М. Бутлерова, разрабатывает новый способ получения оксиметилен (формальдегида) окислением метилового спирта кислородом в присутствии катализатора (платины).

Одновременно он слушает лекции выдающихся профессоров — Д. И. Менделеева, А. М. Бутлерова, Н. А. Меншуткина и Н. Н. Любавина. Уже в это время под влиянием Д. И. Менделеева у И. А. Каблукова зарождается интерес к физической химии, которая в этот период только что начинает развиваться.

В 1884 г. И. А. Каблуков был зачислен сверхштатным лаборантом химической лаборатории Московского университета, а в следующем году приват-доцентом. В 1887 г. он защитил диссертацию на



Рис. 14. И. А. Каблуков.

степень магистра химии на тему «Глицерин, или трехатомные спирты и их производные». В 1889 г. И. А. Каблуков получает командировку за границу в лабораторию профессора В. Оствальда, где вместе с С. Аррениусом, личным ассистентом В. Оствальда, работает над вопросами электропроводности, связанными с теорией растворов.

По возвращении из-за границы он одновременно с научной деятельностью ведет большую педагогическую работу в Московском университете и других высших учебных заведениях Москвы. В 1903 г. его избирают профессором Московского университета по кафедре химии; здесь, а затем в Сельскохозяйственном институте (ныне Сельскохозяйственная академия им. Тимирязева) работает он до конца жизни. В 1910 г. И. А. Каблуков был утвержден в звании заслуженного профессора Московского университета, в 1924 г. ему присваивается звание Героя Труда, а в 1929 г. — заслуженного деятеля науки. С 1915 до 1933 г. И. А. Каблуков был заведующим единственной в Союзе термохимической лабораторией имени проф. В. Ф. Лугинина.

И. А. Каблуков является активным общественным деятелем. В 1927 г. его избирают членом Московского совета, а затем членом Московского губисполкома. Кроме того, он — член Русского физико-химического общества, Общества ис-



пытателей природы, член Русского общества пчеловодства, член Государственного ученого совета в Научно-техническом отделе ВСНХ. В 1927 г. И. А. Каблукова избирают членом-корреспондентом, а в 1932 г. — почетным членом Академии наук СССР.

Советское правительство высоко оценило научно-педагогическую и общественную деятельность И. А. Каблукова, наградив его орденом Красного Знамени (1937) и орденом Ленина (1940).

Многообразная научная деятельность И. А. Каблукова протекала в направлениях: 1) изучения вопросов органической химии, 2) электропроводности, 3) упругости пара водоспиртовых растворов, 4) термохимии, 5) соляных равновесий, 6) химии меда и воска. Ему принадлежит более 200 научных работ, значительная часть которых связана с вопросами развития промышленности. Так, его исследования соляных промыслов на Сиваше, а также в Феодосии и Керчи послужили основой постройки во время первой мировой войны завода для добывания брома на Каккских промыслах. Это был видный ученый и профессор высшей школы, пропагандист новых взглядов по теории растворов.

Работая в лаборатории В. Оствальда (Лейпциг) под руководством С. Аррениуса в период возникновения теории электролитической диссоциации, И. А. Каблуков имел возможность глубже, чем другие ученые, ознакомиться с этой теорией. Но он не мог согласиться с тем, что растворитель — только индифферентная среда, в которой распределяются молекулы и ионы. Он выдвинул положение, что между ионами и молекулами растворяемого вещества и растворителя возникает взаимодействие, а также отметил, что свойства растворов электролитов не характеризуются только свойствами ионов в растворе. «С самого начала, — пишет он, — меня, ученика Д. И. Менделеева, знавшего его взгляды на растворы как химические соединения, находящиеся в разложении, такие взгляды не удовлетворяли»<sup>1</sup>.

Свои взгляды на теорию растворов он формулирует так: «Современные теории растворов (Вант-Гоффа и С. Аррениуса) в связи с учениями о химическом равновесии». «По нашему мнению, вода, разлагая молекулы растворенного вещества, входит с ионами в непрочные соединения, находя-

---

<sup>1</sup> И. А. Каблуков. Исторический обзор развития учения о неводных растворах. Сборник трудов первой Всесоюзной конференции по неводным растворам. Киев, 1935.

щиеся в состоянии диссоциации: по мнению С. Аррениуса, ионы свободно движутся подобно тем отдельным атомам, которые получают при диссоциации молекул галогенов (хлор, бром, иод) при высокой температуре. Наши исследования еще раз подтвердили, что на раствор одного тела в другом следует смотреть как на среду, в которой находится смесь различного рода продуктов взаимодействия между растворителем и растворенным телом. Растворитель, действуя на растворенное тело, изменяет его физические и химические свойства, и от величины взаимодействия между растворенным телом и растворителем зависят все свойства растворов»<sup>1</sup>.

Следовательно, И. А. Каблуков один из первых ученых выдвинул идею о гидратации ионов, которая стала общепризнанной. Он рассматривал растворы как системы, обладающие новыми свойствами, не присущими в отдельности ни одному из тел, его образующих. Эти взгляды лежат в основе современного понимания растворов.

В своих научных работах ученый экспериментально обосновывал и защищал теорию электролитической диссоциации, высказывался за внедрение физико-химии в высшую школу.

Как известно, в западноевропейских государствах в этот период ученые-химики проявляли интерес к исследованию только водных растворов. На этих растворах они проверяли и подтверждали теорию электролитической диссоциации С. Аррениуса, а также осмотическую теорию Вант-Гоффа. Неводные растворители считались неионизирующими, поэтому не изучались.

Русские ученые впервые начали изучать электрохимию неводных растворов. Этой проблеме посвящены исследования Л. В. Писаржевского, Л. В. Плотникова, П. И. Вальдена и в особенности И. А. Каблукова. Главными вопросами этих исследований были: применима ли вообще теория С. Аррениуса, созданная для разбавленных водных растворов, к неводным растворам? От каких свойств растворителя зависит величина электропроводности и степень диссоциации электролита? Какое взаимодействие существует между растворителем и растворенным телом при образовании электропроводного раствора?

---

<sup>1</sup> И. А. Каб л у к о в. Современные теории растворов (Вант-Гоффа и С. Аррениуса) в связи с учениями о химическом равновесии. М., тип. Щепкина, 1891.

И. А. Каблуков установил (1889) первые характерные примеры отступления от теории Аррениуса. Он доказал, что хлористый водород в этиловом эфире и амиловом спирте показывает с разбавлением не увеличение, а уменьшение молекулярной электропроводности. И. А. Каблуков также исследовал электропроводность в смешанных растворителях, например в водноспиртовых растворах хлористого водорода, серной кислоты, монохлоруксусной и трихлоруксусной кислот.

В своих исследованиях И. А. Каблуков проводил мысль, что вода, разлагая молекулы растворенного вещества, образует непрочное соединение с ионами. Эти взгляды И. А. Каблукова связывали физическую теорию Вант-Гоффа с гидратной теорией Д. И. Менделеева.

Диссертация И. А. Каблукова, посвященная теории растворов, была первым капитальным трудом в России по этой проблеме.

Она положила начало обоснованию физико-химических явлений в водных и отчасти неводных растворах с точки зрения электролитической диссоциации. В диссертации ясно указано, что теории С. Аррениуса и Д. И. Менделеева не исключают, а дополняют друг друга, если принять, что электролиты являются не только диссоциированными, но и гидратированными.

Основные выводы И. А. Каблукова впоследствии получили дальнейшее развитие. Отличие современных воззрений от взглядов И. А. Каблукова заключается лишь в том, что первичным процессом при введении молекул электролита в воду признается не акт ионизации молекул растворителем, но химический процесс гидратации, за счет энергии которой возникают дальнейшие процессы, например разрушение кристаллических решеток растворимых кристаллов, что служит причиной их растворения. В настоящее время доказано, что многие гидраты, образовавшиеся во время растворения различных тел, являются прочными соединениями; этим самым в настоящее время состоялось как бы «примирение» физической и химической точек зрения на растворы, и сольватная теория сейчас заняла подобающее ей место в современном учении о растворах.

Особенное значение получили исследования И. А. Каблукова по электропроводности спиртовых растворов, где он первый стал исследовать электропроводность в отсутствии воды как растворителя.

Большой интерес представляют работы И. А. Каблукова в области термохимии. Следует отметить его исследования по термохимии бромирования органических соединений, произведенные им с В. Ф. Лугининым. И. А. Каблуков первый нашел, что теплота образования изомерных органических соединений неодинакова. Еще в своей магистерской диссертации «О законности, управляющей порядком налегания атомов при реакциях прямого присоединения» И. А. Каблуков писал, что, исходя из теоретических соображений, основанных на термохимических данных относительно теплоты образования спиртов и изомерных хлоридов, можно ожидать, что при присоединении хлорноватистой кислоты к непредельным углеводородам галогид присоединяется к наименее гидрогенизированному углеродному атому, потому что при этом выделяется более теплоты, чем в том случае, если бы он присоединился к наиболее гидрогенизированному.

Здесь И. А. Каблуков с термохимической точки зрения обосновывает правило В. В. Марковникова о законах образования прямых соединений непредельными органическими соединениями.

В своей многосторонней деятельности в области развития химической науки И. А. Каблуков много внимания уделял популяризации новейших достижений химии, преследуя цель распространения научных знаний в народе. Он следовал славным традициям своих выдающихся учителей — А. М. Бутлерова, Д. И. Менделеева и В. В. Марковникова. Будучи профессором Московского университета и Сельскохозяйственного института, И. А. Каблуков опубликовал много популярных статей и руководств на различные темы. Особо следует отметить руководство «Основные начала физической химии». Это было связано с тем, что как начало, так и конец XIX в. ознаменовались в истории химии господством электрохимических учений. В XX в. без знания электрохимии нельзя приступить к решению многих вопросов не только в области минеральной, но и органической химии. На законах электрохимии основаны методы исследования различных вопросов химической механики. Поэтому И. А. Каблуков считал, что в основе различных представлений об электрохимических процессах должна лежать теория электролитической диссоциации, полагая, что нет работы в области электрохимии, которая бы более или менее не затрагивала вопросов этой теории.

Как педагог И. А. Каблуков проявлял живейший интерес к сопредельным с химией наукам. Он, например, увлекался горным делом и металлургией, знакомился с заводами Урала, Франции, Германии. Ученый основал химическую лабораторию в Московском инженерном училище путей сообщения и параллельно с чтением физической химии в университете читал там курс технологии строительных материалов, а также курс металлургии. Он составил по этим дисциплинам хорошие методически разработанные конспекты, которые впоследствии оформил в «Руководство по технологии строительных материалов».

Большой мастер химического эксперимента, глубоко оценивший его значение в преподавании химии, И. А. Каблуков уделял большое внимание постановке демонстрационных опытов. Созданный его многолетним трудом музей демонстрационных опытов по химии в Сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева по оригинальности своего замысла и мастерству выполнения является уникальным в своем роде.

Имя И. А. Каблукова всегда останется жить в памяти советских ученых и учителей как имя выдающегося ученого-патриота и крупнейшего педагога, внесшего большой вклад в развитие преподавания химии в нашей стране не только в высшей, но и в средней школе.

## ***Владимир Александрович Кистяковский*** ***(1865—1952)***

Замечательный русский, советский ученый физико-химик Владимир Александрович Кистяковский родился в Киеве в семье либерально-прогрессивного ученого профессора-юриста Александра Федоровича Кистяковского.

В 1883 г. В. А. Кистяковский окончил киевскую гимназию и поступил на физико-математический факультет Киевского университета. Первые десятилетия существования университета (он основан в 1839 г.) приходится на годы николаевской реакции.

Во второй половине XIX в. в нем сохранились еще традиции, насажденные царскими сатрапами, генерал-губернатором Д. Г. Бибиковым и министром просвещения С. С. Уваровым. Студенты по-прежнему были стеснены в своих правах. В 1884 г. Киевский университет отмечал свое

50-летие. Во время торжеств возникли студенческие волнения—массовый протест против условий обучения и низкого уровня преподавания.

Начальство, крайне напуганное этими волнениями, немедленно закрыло университет. Все студенты, в том числе и В. А. Кистяковский, учившийся в то время на 1-м курсе, были уволены. Осенью студентов принимали в университет заново.

В. А. Кистяковский решил больше не возвращаться в это учебное заведение и в 1885 г. поступил в Петербургский университет на физико-математический факультет.

Научно-исследовательскую работу он начал в студенческие годы в бутлеровской лаборатории, под руководством М. Д. Львова, ближайшего сотрудника А. М. Бутлерова.

Будучи студентом, В. А. Кистяковский увлекся физической химией, которая становилась самостоятельной отраслью химической науки.

В 1888 г. В. А. Кистяковский представил профессору Н. А. Меншуткину реферат на тему «Гипотеза Планка — Аррениуса»<sup>1</sup>. Тема эта была утверждена в качестве кандидатской работы, и после ее выполнения В. А. Кистяковский со званием кандидата в 1889 г. окончил университет.

Коренной вопрос работы В. А. Кистяковского: откуда берется огромная энергия, которая должна способствовать разложению электролитов на ионы? Отсутствие ответа на этот вопрос было наиболее слабым местом первоначальной гипотезы С. Аррениуса. Привлекая гипотезу о гидра-



Рис. 15. В. А. Кистяковский.

---

<sup>1</sup> М. Планк опубликовал в 1887 г. три статьи под общим заглавием «О принципе возрастания энтропии». Исходя из термодинамических соображений, он пришел к заключению, что понижение точки замерзания растворов объясняется диссоциацией растворенных веществ.

тации ионов, В. А. Кистяковский не без оснований надеялся дать определенный и вполне удовлетворительный ответ на поставленный вопрос. Вскоре после окончания университета В. А. Кистяковский уезжает в Лейпциг в лабораторию В. Оствальда.

Будучи убежденным сторонником теории электролитической диссоциации, в Лейпциге он начал исследования электропроводности растворов двойных солей. В. А. Кистяковский органически вошел в состав группы молодых ученых, работавших в то время у В. Оствальда, подружился со своими коллегами и сохранил эту дружбу на всю жизнь. Это были: И. А. Каблуков, П. И. Вальден, В. Ф. Тимофеев, В. Нернст, С. Аррениус, Э. Бэкман, М. Леблан, М. Боденштейн, Г. Бредиг, Г. Тамман, В. Мейергоффер и др.

Исследование о растворах двойных солей оказалось весьма важным для дальнейшего развития теории электролитической диссоциации. В то время считалось, что двойные соли в растворах распадаются на простые ионы, а комплексные соли — на комплексные ионы. В своем исследовании В. А. Кистяковский показал, что некоторые двойные соли при диссоциации образуют сложные ионы, что было подтверждено применением правила Гитторфа к распаду двойных солей, при этом правило приобрело более широкое и общее значение.

Из своего исследования о растворах двойных солей В. А. Кистяковский сделал весомые выводы. В частности, он вновь выдвинул положение, что ионы в растворах гидратированы. Но он не просто констатировал это, а показал на его основе, что теплоты растворения солей объясняются различной степенью гидратации ионов и что, например, ион лития поэтому более гидратирован, чем ион натрия.

В ноябре 1890 г. он вернулся в Петербург не только убежденным сторонником теории электролитической диссоциации, но и ее страстным пропагандистом, как и И. А. Каблуков. Вскоре к ним примкнули некоторые молодые ученые России (С. М. Танатар, Н. П. Клобуков, Л. В. Писаржевский и др.). В Петербурге для В. А. Кистяковского не нашлось штатной и оплачиваемой работы в высших учебных заведениях. В течение более 10 лет он вынужден был зарабатывать на жизнь занятиями, далекими от исследовательской работы.

По ходатайству Н. А. Меншуткина и Д. П. Коновалова В. А. Кистяковского оставили на два года при Петербургском университете для подготовки по профессорскому зва-

нию, но без стипендии. Впоследствии это «оставление» было продлено еще на год, но опять без предоставления стипендии. Перед В. А. Кистяковским, материальное положение которого было тогда тяжелым, встал вопрос о зарплате. Он вынужден был определиться на службу в Департамент торговли и мануфактуры, стал сотрудничать в журнале «Научное обозрение», и, наконец, получил место учителя физики в женской гимназии.

Несмотря на загруженность всеми этими неизбежными для него занятиями, В. А. Кистяковский деятельно готовится к защите магистерской диссертации. В 1892 г. он успешно сдает магистерский экзамен и приступает к исследованиям, которые могли бы лечь в основу диссертации. В 1896 г., после пробных лекций, он допускается к чтению приват-доцентского курса «Химические превращения».

Став на точку зрения химизма явления электролитической диссоциации, В. А. Кистяковский пытается установить внутреннюю связь результатов кинетических исследований своего учителя Н. А. Меншуткина (о влиянии растворителя на ход реакций) с изучением роли растворителя в явлениях электролитической диссоциации.

В 1894—1896 гг. он публикует большое исследование «О химических превращениях в однородной среде». На основе экспериментального изучения скоростей реакции этерификации при различных соотношениях спирта, воды, кислоты и эфира, В. А. Кистяковский не только определил константы скоростей, но и вывел ряд уравнений для скоростей реакций с учетом отклонений от закона действия масс, вызываемых наличием в смесях электролитов. В 1896 г. В. А. Кистяковский представил это исследование на физико-математический факультет Петербургского университета в качестве магистерской диссертации. Но защита этой работы не состоялась. Весьма авторитетные профессора университета Д. П. Коновалов, Н. А. Меншуткин, А. Е. Фаворский и др. дали о ней отрицательный отзыв. Оппонентам особенно не понравилась необычная для химических диссертаций того времени насыщенность работы математическими, кинетическими уравнениями. Они не смогли увидеть в них ничего нового, оригинального и заслуживающего внимания.

Попытки ученого получить штатную должность в университете по-прежнему оставались бесплодными. В 1898 г. он лишь на короткое время (с января по сентябрь) был зачислен лаборантом университета вместо ушедшего



А. А. Байкова. Однако В. А. Кистяковский все еще не терял надежды устроиться в университете и в июне 1900 г. даже оставил работу в Департаменте торговли и мануфактуры. Он продолжал читать приват-доцентский курс и вел напряженную исследовательскую работу. Но работал он не в химической, а в физической лаборатории университета. В 1902 г. после напряженных усилий В. А. Кистяковского зачисляют на штатную должность лаборанта во вновь открывшемся Политехническом институте.

С этого момента начинается второй, весьма плодотворный период в деятельности В. А. Кистяковского как лаборанта, ассистента, а затем и профессора Политехнического института. В 1903 г. он представил в Московский университет в качестве новой магистерской диссертации небольшую книгу «Физико-химические исследования» и успешно защитил эту работу.

В. А. Кистяковский, начавший свою работу с развития гипотезы о роли растворителя в явлениях электролитической диссоциации и признания химизма в процессе растворения, уже на рубеже текущего столетия отказался от узкого подхода к изучению растворов. Его исследования в этот период охватывают широкий круг вопросов, касающихся молекулярной структуры растворенных веществ и их жидкого состояния вообще. Исходя из представлений об ассоциации и диссоциации молекул, составляющих жидкие растворы и жидкости, В. А. Кистяковский предпринимает исследования об испарении жидкостей, о кинетике реакций в чистых и смешанных растворителях, об осмосе и т. д. К этой же области изучения жидкого состояния целиком относятся и исследования, вошедшие в состав магистерской диссертации (1903).

В диссертации приведен обширный экспериментальный материал по определению электропроводности растворов и э. д. с. в растворах двойных солей. В частности, в этой работе дается определение двойных и комплексных солей. В. А. Кистяковскому принадлежит заслуга введения в России этих понятий, что и оказалось исходным пунктом развития плодотворных исследований, выполненных представителями различных русских химических школ.

В своей диссертации В. А. Кистяковский дает теоретическое и опытное упрощение известной формулы У. Рамзая и Л. Этвеша, считая, что при «корреспондирующих» температурах (составляющих одну и ту же долю критической температуры) энергия поверхностного натяжения, делен-

ная на абсолютную температуру, для всех нормальных жидкостей есть величина постоянная. На основании этой закономерности В. А. Кистяковский выводит свою формулу для определения молекулярной массы по высоте капиллярного подъема.

Став лаборантом, а вскоре и старшим ассистентом, работая в Политехническом институте, В. А. Кистяковский энергично принимается за создание лаборатории физической химии и электрохимии. Это была первая лаборатория такого рода в России.

Вскоре после защиты магистерской диссертации В. А. Кистяковский был назначен профессором Политехнического института и начал чтение курса физической химии. По отзывам слушателей, лекции его были блестящими. В 1907 г. он выпустил первый литографированный курс своих лекций для студентов-металлургов. Этот курс переиздали в 1910 г., а в расширенном виде он вышел из печати лишь в 1926 г.

Лаборатория физической химии и электрохимии, созданная В. А. Кистяковским, вскоре приобрела широкую известность как в России, где она естественно служила образцом для организации подобных лабораторий, так и за рубежом. Из лаборатории постоянно выходили новые и новые исследования, благодаря которым имя В. А. Кистяковского приобрело большую популярность. Его хорошо знали зарубежные физико-химики, среди которых у него было немало друзей, в их числе С. Аррениус, В. Нернст, К. Фаянс, Г. Бредиг и др. В. А. Кистяковский почти ежегодно ездил за границу как для заказов и закупок оборудования, так и для участия в различных конгрессах и международных комиссиях. В апреле 1906 г. на Международном конгрессе по прикладной химии в Риме В. А. Кистяковского избрали вице-президентом конгресса. В 1909 г. он генеральный секретарь русского отдела Конгресса по прикладной химии в Лондоне. В том же году он был избран членом Французского физико-химического общества. В. А. Кистяковский состоял членом Международного комитета по физико-химическим константам. В 1910 г. он участник съезда электрохимиков в Гессене, в том же году он принимает участие в Международном конгрессе по радиологии и электричеству в Брюсселе и т. д.

Несмотря на свою занятость административными и педагогическими обязанностями, В. А. Кистяковский в своей новой лаборатории в Политехническом институте развернул

обширные работы, которые не только явились продолжением и развитием его прежних идей, но и открыли перед ним новые важные области исследований и новые перспективы.

В 1904—1906 гг. он опубликовал интересные данные о капиллярных явлениях и закономерностях, на основе которых можно определить молекулярную массу неассоциированных жидкостей по капиллярному поднятию. В 1905 г. В. А. Кистяковский приступил к исследованию электродных потенциалов магния, алюминия и железа в связи с появившимися в литературе данными о своеобразном поведении этих металлов как электродов. Эти исследования и, в частности, опыты с так называемыми «дышащими» электродами в цепи, состоящей из магниевых электродов и растворов цианистого калия, привели его к заключению о наличии на поверхности электродов пассивирующей пленки. При извлечении электродов из растворов цианистого калия происходил, по мнению ученого, «разрыв» пленки и электродвижущая сила на некоторое время восстанавливалась.

При дальнейшем исследовании поведения таких электродов были открыты «мотохимические» явления. Состояние металлического электрода В. А. Кистяковский рассматривал как пограничное между «активным» и «пассивным». Для этого достаточно было заведомо активный металл погрузить в соответствующий раствор и привести в движение, чтобы перевести его в пассивное состояние. На основе этих опытов В. А. Кистяковский развил представление о структуре пассивирующих пленок. Ученый тогда уже считал, что эти пленки имели аморфную, стекловидную структуру. Только на некоторых участках поверхности электрода пленка может обладать кристаллическим строением, это В. А. Кистяковский и называл «разрывом» пленки. При движении, т. е. соприкосновении металла со свежим окислителем, активные участки пленки исчезают, и металл делается пассивным. Эти положения легли в основу развитой в дальнейшем «фильмовой теории».

В. А. Кистяковский исследовал в связи с этим и «периодические явления», например при растворении железа в смеси серной и хромовой кислот. Он объяснил эти явления красиво инсценированной борьбой между аморфным и кристаллическим состоянием.

Все эти и другие работы, выполненные в лаборатории физической химии и электрохимии Политехнического ин-

ститута, и развитые на их основе новые представления легли в основу докторской диссертации ученого «Электрохимические реакции и электродные потенциалы некоторых металлов», которая была успешно защищена им в Московском университете в 1910 г.

В годы, предшествующие первой мировой войне, и в годы войны В. А. Кистяковский по мере возможности продолжал свои исследования. Новая область пассивного состояния поверхности металлов, «фильмовая теория», и связанные со всем этим периодические и мотохимические явления стали теперь главной областью его экспериментальных и теоретических работ. Это имело большое практическое значение в борьбе с коррозией металлов. Будучи профессором высшего технического учебного заведения, В. А. Кистяковский, естественно, стремился решать не только теоретические проблемы науки, но и вопросы, непосредственно связанные с практикой, с производством.

В 1912 г. В. А. Кистяковский издал 1-ю часть «Электрохимии», учебника, в котором были изложены не только основы этой науки, но и обобщены результаты многолетних электрохимических исследований автора. В 1914 г. появилась 2-я часть этого курса и, наконец, в 1916 г. вышел второй, последний выпуск 2-й части «Электрохимии». Главы XX и XXI этой книги целиком посвящены результатам исследований самого В. А. Кистяковского по электрокапиллярным явлениям, пассивности металлов, мотохимическим явлениям, периодическим явлениям и объяснению механизма ржавления железа.

Наряду с вопросами электрохимии он заинтересовался и некоторыми вопросами коллоидной химии. Как уже было сказано, он еще раньше занимался капиллярными явлениями. Теперь же он привлек коллоидно-химические объяснения при трактовке природы пассивирующей пленки (аморфной, стекловидной) и, наконец, завершил исследования о коллоидных золях окиси железа как «фотоколлоидах». В 1915 г. он опубликовал по этому вопросу специальный труд, в котором уточнил выводы своих прежних работ по фотохимической реакции разложения перекиси водорода в присутствии растворов желтой и красной кровяной соли. В этом, последнем, исследовании с помощью ультрамикроскопических наблюдений В. А. Кистяковский установил образование золь окиси железа в растворах кровяной соли при действии света. Здесь уже вполне определенно говорится о коллоидном катализаторе.

Политехнический институт, где работал В. А. Кистяковский, был передовым высшим учебным заведением страны. Несмотря на крайне тяжелые условия, разруху и голод, профессора и студенты института продолжали занятия и исследования. Вместе со всеми работал и В. А. Кистяковский.

В июне 1918 г. он настоял на своей командировке на Украину и Кавказ с целью исследовать каолины и мергели различных месторождений. В Киеве ему пришлось задержаться почти на два года. Вскоре после приезда В. А. Кистяковского власть там захватили белогвардейцы и связь с Петроградом была прервана. Лишь 6 февраля 1919 г. Киев был взят Красной Армией. Весной 1919 г. по инициативе В. И. Вернадского в Киеве организовали Украинскую Академию наук. В. А. Кистяковский стал ее членом и возглавил химико-техническую комиссию при академии.

Не имея возможности вернуться в Петроград из-за сложной обстановки гражданской войны, В. А. Кистяковский, не привыкший сидеть без дела, летом 1920 г. обратился в местный Политпросвет и был назначен лектором Народного университета, стал членом комиссии помощи голодающим, читал лекции на курсах красных командиров и т. д. В летнее время он занимался исследованием воды сульфатных озер (Лысогорских и Баталпашинских), расположенных вблизи Пятигорска, с целью выяснения возможности извлечения сульфата для производства соды. В Пятигорске он пробыл более двух лет.

В 1922 г. В. А. Кистяковский, наконец, вернулся в Петроград и быстро вошел в привычную колею педагогической и научной работы. С осени 1923 г. он читает в Политехническом институте большой курс физической и коллоидной химии и развешивает научные исследования. Главным лейтмотивом всех исследований ученого становится проблема коррозии железа.

Октябрьская революция вдохновила ученого. Двадцатые и тридцатые годы текущего столетия оказались для него периодом особенно плодотворной деятельности. Он все чаще и чаще выступает в печати, настойчиво пропагандируя необходимость организованной борьбы с коррозией металлов и предлагая в этом отношении практические меры на основе своих исследований.

Представления В. А. Кистяковского о механизме коррозии сложились на базе электрохимических исследований. Именно поэтому он называл свою теорию «электрохимиче-

ской теорией коррозии». Но, с другой стороны, природа и структура пассивирующей пленки, а также различные изучавшиеся им проблемы привлекли его внимание к вопросам коллоидной химии. В 1925 г. у В. А. Кистяковского возникает идея создать новую пограничную область науки коллоидную электрохимию, которая объединила бы соответствующие данные обеих наук. Уже в этом году он выступает со статьей «Контакт коллоидной химии и электрохимии». Из его коллоидно-химических исследований этого периода следует отметить работы об электрическом заряде коллоидных частиц (эти заряды он называл «электрическими квантами»). В. А. Кистяковский чрезвычайно наглядно рисует картину коллоидного состояния. В коллоидном золе с коллоидными частицами всегда также имеются ионы. Можно сказать, что такой золь представляет собой своеобразную картину борьбы между ионами и коллоидными частицами. Если ионов мало, коллоидные частицы их отчасти адсорбируют, что повышает устойчивость самих частиц. В случае возрастания концентрации ионов коллоидные частицы, адсорбируя большое количество ионов, теряют свою устойчивость и сворачиваются в сгустки — коагулируют. Коллоидные частицы как бы «умирают» от избытка ионов. Фильмовая теория коррозии в двадцатых годах получает признание, несмотря на возражения некоторых ученых.

В 1925 г. В. А. Кистяковский был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР, а в 1929 г. — академиком. Это избрание дало ему возможность организовать наряду с руководимой им лабораторией в Политехническом институте новую лабораторию при Академии наук. В. А. Кистяковский назвал эту лабораторию «Коллоидно-электрохимическая лаборатория (ЛАКЭ)». В начале тридцатых годов у него появились новые сотрудники и работа была значительно расширена. Уже в 1929 г. в печати появляется сообщение В. А. Кистяковского (в соавторстве с Ю. В. Баймаковым и И. В. Кротовым), посвященное новой области исследования — электрокристаллизации металлов. В дальнейшем эти исследования получают широкое развитие в трудах П. Д. Данкова и особенно К. М. Горбуновой.

Обосновывая организацию новой лаборатории — ЛАКЭ, работы в которой, по его мысли, должны быть посвящены развитию пограничной области — коллоидной электрохимии, В. А. Кистяковский утверждал, что важнейшей

проблемой коллоидно-электрохимии следует считать учение о процессах, происходящих на границах раздела фаз, в первую очередь — образование и разрушение коллоидных пленок, изучение их устойчивости в связи с электрохимическими явлениями.

В 1934 г. коллоидно-химическая лаборатория была переведена из Ленинграда в Москву и реорганизована в Коллоидно-электрохимический институт Академии наук СССР. В. А. Кистяковский был директором этого института до 1939 г.

В эти годы В. А. Кистяковский руководил не только крупнейшей в СССР школой химиков-коррозионистов, но и был горячим пропагандистом борьбы с коррозией металлов. Он часто выступал на различных совещаниях, сессиях Академии наук СССР, на заседаниях Президиума Академии наук, на конференциях, писал брошюры и статьи, призывая к организованной борьбе с коррозией металлов. Он пользовался и таким приемом, как лозунги-призывы, которые привлекали бы внимание широких масс к борьбе с коррозией. Один из его лозунгов гласит, что металл мстит прогульщику и лентяю, так как у бездельника скорее корродируются железные и стальные инструменты и машины, чем у трудящегося.

Исследования В. А. Кистяковского по коррозии проводились по различным направлениям на основе фильмовой теории коррозии. Изучалась природа пленки (фильма) на поверхности металла, исследовалась электрокристаллизация, атмосферная коррозия, коррозия в агрессивных средах. С 1931 г. в связи с работами по защите от коррозии нефтеналивных судов, возникло новое направление — коррозия при полифазном контакте.

Коллоидно-электрохимический институт быстро растаялся, появилось много молодых сотрудников. Вместе с тем на работу в институт были приглашены и крупные ученые, такие, как Н. А. Изгарышев, Г. В. Акимов, и др. Помимо отдела электрохимии и коррозии металлов, в институте создали большой отдел физико-химии дисперсных систем и поверхностных явлений под руководством П. А. Ребиндера.

В 1939 г. В. А. Кистяковский, которому уже физически трудно было руководить (ученому исполнилось 74 г.), подал заявление об уходе с поста директора института, но он не пожелал совсем покинуть свое детище — институт и остался работать в нем консультантом.

В. А. Кистяковский принадлежал к старшему поколению русской интеллигенции, которое встретило Великую Октябрьскую социалистическую революцию уже в зрелом возрасте. С первых дней революции ученый безраздельно встал на сторону народа. В последний период своей научной деятельности он глубоко и тщательно изучал теорию марксизма-ленинизма. Во многих научных статьях тридцатых годов он часто ссылается на труды, высказывания классиков марксизма-ленинизма, опирается на их мысли в своих исследованиях.

Жизнь и более чем 60-летняя научная деятельность В. А. Кистяковского — это целая эпоха в истории химии, в частности физической химии и электрохимии, а также в учении о коррозии металлов. Многое из того, что сделано и установлено В. А. Кистяковским, вошло в золотой фонд науки.

## *Лев Владимирович Писаржевский* (1874—1938)

Л. В. Писаржевский родился 13 февраля 1874 г. в Кишиневе в семье нотариуса. Четырех лет остался без отца, познав большие лишения и трудности в самом начале жизни. Он начал свое образование в Кишиневе, но вскоре переехал в Одессу, где и окончил Ришельевскую гимназию, а затем Новороссийский университет. Будучи гимназистом, он вынужден был давать частные уроки, чтобы заработать себе на питание и книги. В 1896 г. Л. В. Писаржевский окончив университет, остается в нем лаборантом. Вскоре он становится приват-доцентом и продолжает начатые еще в студенческие годы исследования в области перекисных соединений. В 1899 г. Академия наук присудила П. Г. Меликову и Л. В. Писаржевскому Ломоносовскую премию за «Исследование над перекисями».

После двухгодичной (1900—1901) заграничной командировки в Лейпциг, где он работал в лаборатории В. Оствальда, Л. В. Писаржевский выполняет работы по синтезу, используя термохимические данные при действии различных количеств перекиси водорода на метаванадат калия, молибденовую и вольфрамовую кислоты. Он обнаружил, что тепловой эффект повышается лишь тогда, когда к метаванадату и молибденовой кислоте прибавляется не более





Рис. 16. Л. В. Писаржевский.

двух молей перекиси водорода. Что касается вольфрамовой кислоты, то наблюдался рост теплового эффекта и при дальнейшем прибавлении перекиси водорода.

Указанные эксперименты Л. В. Писаржевский использовал для выводов о возможном существовании в растворе и надкислот молибдена, вольфрама и др. Изучая и синтезируя перекисные соединения ванадия, вольфрама, молибдена, Л. В. Писаржевский применял физико-химические методы, что по тому времени было новым, эффективным средством для научного

обоснования полученных ранее результатов, а также более широкого и глубокого изучения природы и свойств перекисных соединений. Л. В. Писаржевский показал, что перекиси металлов образуют с кислотами перекисного типа (надкислотами) солеобразные соединения подобно тому, как оксиды металлов образуют с кислотами соли. В связи с этим он предложил новое строение молекул перекисных соединений. Например, надвольфрамовая кислота и соответственно ее соль:  $\text{H}_2(\text{O}_2)_2\text{WO}_2$ ,  $\text{Na}_2(\text{O}_2)_2\text{WO}_2$ . Он рассматривал надкислоты как амфотерные электролиты, при диссоциации которых в одних условиях образуются ионы  $\text{WO}_2^{2+}$ , в других  $2\text{H}^+$ . Л. В. Писаржевский синтезировал большое количество перекисных соединений и изучал их свойства на основании периодического закона.

Д. И. Менделеев, говоря о научном значении открытого им периодического закона, назвал «укрепителями закона» не только всех известных зарубежных ученых П.-Э. Лекок де Буабодрана, Л. Нильсона и К. Винклера, но и в то время сравнительно мало известных русских химиков — П. Г. Меликова и Л. В. Писаржевского<sup>1</sup>. Этот факт в характеристике Л. В. Писаржевского заслуживает особого

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Основы химии, 8-е изд. СПб., 1906, стр. 612.

внимания. Итоги по изучению перекисей и надкислот Л. В. Писаржевский объединил в своей магистерской диссертации «Перекиси и надкислоты» (1902). Именно эти исследования высоко оценил Д. И. Менделеев: «В 1902 г. Л. В. Писаржевский в сочинении «Перекиси и надкислоты» «...собрал все важнейшие сведения об этом интереснейшем предмете»<sup>1</sup>. «Несомненно, что сходственные элементы очень часто дают и сходные перекиси и изучение перекисей, как показали исследования П. Г. Меликова и Л. В. Писаржевского, укрепляет периодическую систему элементов»<sup>2</sup>.

Следует отметить, что Д. И. Менделеев не только высоко оценивал Л. В. Писаржевского как укрепителя периодической системы, но и защищал. Например, когда французский ученый Этар в специальной статье описал надборную кислоту как новое достижение синтеза перекисных соединений, то Д. И. Менделеев, решительно протестуя против этого, писал: «Этар, изучая действия  $\text{BaO}_2$  на борную кислоту, получил надборную кислоту, но Меликов и Писаржевский описывали подобные соединения, например  $\text{NaBO}_3$ , еще в 1898 году... Почему в 1904 году этот предмет должен выступать как новый?»<sup>3</sup>

Л. В. Писаржевский впервые синтезировал и подробно изучил перекиси и надкислоты элементов Th, Zr, Ti, V, W, U и в своей итоговой работе «Перекиси и надкислоты» сделал вывод, что свойства перекисных соединений изменяются периодически в зависимости от изменения атомных масс элементов, образующих перекиси, «... и что при обыкновенных условиях прочность перекисей увеличивается с увеличением атомного веса элементов, образующих перекиси»<sup>4</sup>.

Не менее важным является вклад Л. В. Писаржевского в химию растворов. Исследованием растворов в конце XIX — начале XX в. занимались многие ученые двух школ: немецкой с центром в Лейпциге и русской с центром в Петрограде. Во главе немецкой школы стоял В. Оствальд. Русскую же школу возглавлял Д. И. Менделеев. Ученые немецкой школы (В. Оствальд, Вант-Гофф, С. Аррениус) считали растворение физическим процессом. Ученые же русской школы утверждали, что растворение — явление химическое.

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Основы химии, 7-е изд. СПб., 1903, стр. 641.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев. Основы химии, 8-е изд. СПб., 1906, стр. 612.

<sup>3</sup> Там же, стр. 634.

<sup>4</sup> Л. В. Писаржевский. Перекиси и надкислоты, СПб., 1902.

Сторонники физической теории чрезмерно увлекались водными растворами, так как, по их мнению, универсальным растворителем является вода. В. Оствальд писал о том, что вода относительно своей способности образовывать электролитические растворы или расщеплять вещества на ионы занимает исключительное положение, которое не присуще ни одному другому веществу. Исследования же русских ученых (Р. В. Ленца, И. А. Каблукова, Л. В. Писаржевского и др.) показали, что электропроводные системы может образовывать не только вода, но и другие растворители.

Л. В. Писаржевский много лет исследовал неводные растворы (в Тарту, а затем в Киевском политехническом институте, куда он перешел в 1908 г.) и пришел к выводу, что растворитель во всех случаях химически взаимодействует с растворяющимся веществом. Он анализировал девять реакций во многих (47) растворителях, вычислил свыше ста констант равновесия и сделал вывод, что растворитель в очень значительной степени влияет на состояние равновесия. Например, меняя растворитель для веществ  $(\text{AgAg}(\text{CN})_2)$  и  $\text{KBr}$ , вступающих в реакцию, величина константы изменяется от 6 до 180.

Изучению растворов Л. В. Писаржевский посвятил докторскую диссертацию, которую защитил в 1912 г.

Таким образом, в раскрытии природы растворов и в разработке ряда важнейших положений современной теории растворов Л. В. Писаржевский своими многочисленными исследованиями сыграл значительную роль.

Киевский период Л. В. Писаржевского продолжался до 1911 г. В Киеве он вел большую научно-педагогическую и общественную работу: руководил факультетом, был ученым секретарем совета, часто выступал с научно-популярными лекциями перед рабочей аудиторией; встречался с известным революционером Н. А. Морозовым, поддерживал связь с революционными организациями... Он вел активную борьбу за демократизацию вузов России. В знак протеста против репрессий и подавления революционного движения студенчества Л. В. Писаржевский в 1911 г. вместе с другими профессорами покинул институт.

Из Киева ученый переехал в Петербург, где читал лекции на Высших женских курсах. По инициативе Л. В. Писаржевского было организовано в 1912 г. издание нового ежемесячного научно-популярного журнала «Природа», первым редактором которого стал он сам.

В 1913 г. его пригласили на кафедру химии в Екатеринбургский горный институт, где он и начинает новый цикл исследований в области электронной химии.

С 1914 г. Л. В. Писаржевский ведет большую работу по перестройке преподавания химии на основе электронных представлений. Это был новый, революционный поворот, совершенный в науке всего мира.

К началу XX в. были получены экспериментальные данные о сложном строении атома. Эти новые идеи сразу проникли в химию. Пионером «электронных представлений» в России стал Л. В. Писаржевский. Он с 1913 г. и до конца своей жизни вел исследования и объяснял химические процессы на основе электронно-ионной теории.

Как известно, теория электролитической диссоциации С. Аррениуса исходила из того, что в воде образуются противоположно заряженные ионы. А как именно возникают эти ионы, откуда появляются их заряды, теория С. Аррениуса на эти вопросы не отвечала. Ответ на эти вопросы дал Л. В. Писаржевский. Он выдвинул научную гипотезу о том, что атомы металла диссоциируют на ионы и свободные электроны.

Эту гипотезу он подтвердил экспериментально.

О причине, побудившей его исследовать роль электрона в химических процессах, Л. В. Писаржевский писал: «... в 1912 году я закончил цикл своих работ по измерению сил химического сродства, посвященных изучению влияния растворителя на свободную энергию химической реакции. Здесь в этих исследованиях... не раз приходилось наталкиваться на превращение химической энергии в электрическую и задумываться над сущностью этих превращений. «Неделимый» атом не давал на это никакого ответа. Ионы Аррениуса, которые появились на химической арене, эти электрически заряженные атомы, не помогли делу»<sup>1</sup>. В этом важнейшем разделе химической науки старые взгляды атомной химии о неделимом атоме ему удалось опровергнуть. С 1913 г. Л. В. Писаржевский начинает систематическое исследование «роли электрона» в химии. Он создает своеобразный «химический язык» (рис. 17).

Специальными опытами выявил ученый причины появления зарядов в ионах и внес поправки в теорию «электро-

---

<sup>1</sup> Л. В. Писаржевский. Бюллетень НТО при УСНХ, 1921, № 4—5.

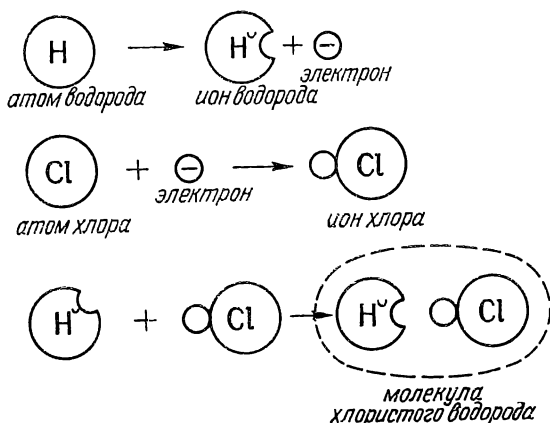
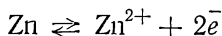


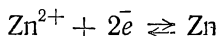
Рис. 17. «Химический язык» Л. В. Писаржевского.

литической упругости растворения» (Нернста). Он установил следующие положения:

В любом куске металла, по его мнению, часть атомов всегда разложена (диссоциирована) на ионы и электроны:



Диссоциация атомов на ионы и электроны — процесс обратимый:

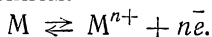


В. Нернст назвал способность металлов переходить в раствор в виде положительных ионов упругостью растворения. Это понятие легло в основу известной осмотической теории возникновения гальванического тока.

Л. В. Писаржевский на основе электронно-ионной теории пришел к заключению, что электролитическая упругость растворения сводится к двум факторам: диссоциации атомов металла на ионы и электроны и электростатическому притяжению между ионами металла и молекулами растворителя.

Изучая фотоэлектрический эффект и сравнивая чувствительность металлов, ученый делает вывод, что в металле наблюдается диссоциация его атомов на ионы и электроны, ведущая к состоянию, подобному состоянию обычного химического равновесия в электролитической диссоциации на ионы в растворе электролитов. Это равновесие между атомами металла, его ионами и электронами условно

изображается уравнением:



Согласно его утверждению наибольшая диссоциация должна наблюдаться у самых активных металлов — у щелочных.

Л. В. Писаржевский писал, что он еще в 1914 г. ввел это представление в курс своих лекций общей химии для объяснения химических взаимодействий металлов с различными веществами и как одну из причин электролитической упругости растворения металлов.

Будучи убежденным в правильном истолковании сути химических процессов на основе электронных представлений, Л. В. Писаржевский продолжал экспериментировать и пропагандировать новые идеи в химии. В Екатеринославе (Днепропетровск) он организовал химическую лабораторию при Горном институте, а затем (1922) — кафедру электронной химии, которая в 1927 г. переросла в Институт физической химии, носящий его имя.

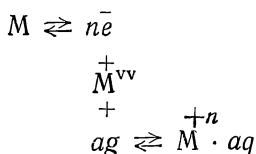
В 1923 г. Л. В. Писаржевский (в соавторстве с М. А. Розенберг) излагает свои идеи в монографии «Электрон в химии растворов и в электрохимии», которая подводила итог научного исследования (с 1914 по 1932 г.) в области электронной теории и ее приложения к объяснению химических процессов.

Монография завершается следующими выводами:

1. Реакции окисления и восстановления ионов (а также и другие ионные процессы) сводятся к потокам электронов, пробегающим в среде, где протекает реакция, от ионов к ионам, от атомов к ионам и обратно.

2. В любом куске металла существует диссоциация его атомов на ионы и электроны. Этот процесс обратимый. Он ведет к состоянию равновесия между атомами металла, его ионами и электронами.

3. При опускании металла в воду или в раствор его соли получается состояние равновесия между его атомами, электронами, ионами и сольватами его ионов:

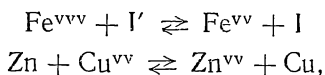


4. Электрическая упругость растворения сводится к двум факторам: к диссоциации атомов металла на ионы и

электроны и электростатическому притяжению между ионами металла и молекулами растворителя...

Электронные представления Л. В. Писаржевского, развитые им в учебниках химии (1913—1934), составляют эпоху новых методических приемов изучения химии на различных этапах развития электронной теории.

В основах неорганической химии Л. В. Писаржевский популярно и глубоко научно изложил принципы электронного толкования окислительно-восстановительных реакций. Он писал в 1914 г., что такие процессы, как:



(где  $\text{v}$  — положительно заряженные ионы,  $\text{'}$  — отрицательно заряженные ионы), целиком сводятся к пробегающим беспорядочно, по всем направлениям, потокам электронов: от ионов к ионам, от атомов к ионам и обратно <sup>1</sup>.

Открытия в химической науке и методике ее преподавания, сделанные Л. В. Писаржевским, дополняют кислородную теорию окисления-восстановления и раскрывают существо химических реакций, идущих при участии электронов.

**Первый этап (1913—1922).** В это время теоретические выводы Л. В. Писаржевского о роли электрона в химических процессах проверяются в его лаборатории, накапливается экспериментальный материал, подтверждающий правильность выводов ученого. В этот период в горном институте Екатеринослава химическая лаборатория преобразуется в специальную кафедру электронной химии с целью исследования химических процессов в свете электронных представлений, Л. В. Писаржевский создает курс лекций для студентов. Он рекомендует учителям города преподавать химию в средних школах на электронной основе, принимает активное участие в методических совещаниях учителей химии и дает научно-методические указания о применении электронной теории в школе.

**Второй этап (1922—1932)** характеризуется накоплением сведений об электронных представлениях в химии, развиваемых Л. В. Писаржевским и его школой. В 1922 г. ученый организует научную кафедру электронной химии, преобразованную в 1927 г. в Институт физической химии. Его школа становится центром электронных воззрений

---

<sup>1</sup> См.: Л. В. Писаржевский. Избранные труды. Киев, Изд-во АН УССР, 1936, стр. 593.

в СССР. Л. В. Писаржевский издает и переиздает учебник химии, построенный от начала до конца на электронных представлениях и на учении о строении атома. С этих же позиций он ведет преподавание химии, руководит подготовкой учителей. Следует отметить, что именно в этот период чрезмерное увлечение электронной теорией и недостаточное владение марксистско-ленинской философией было причиной некоторых методологических ошибок Л. В. Писаржевского. Его философские концепции в начале периода сводились к энергетизму и нашли свое отражение в предисловии к изданию «Основ неорганической химии» (1922) Правда, ученый вскоре исправляет свои ошибки и освобождает учебник от влияния энергетизма.

Т р е т ь и й э т а п, который начинается с 1932 г., можно назвать этапом торжества и широкого применения идей электронных воззрений Л. В. Писаржевского. В этот период электронная теория проникает в учебники химии вузов и средних учебных заведений, а также в практику металлургической и химической промышленности, Л. В. Писаржевский (в соавторстве с М. А. Розенберг) издает первый учебник «Неорганической химии», построенный на электронно-ионной теории.

Новые педагогические идеи выдающегося ученого, изложенные в его учебнике, нашли живой отклик у студентов, учителей и ученых.

Электронные представления Л. В. Писаржевского в химии и в методике ее преподавания коренным образом изменили характер изучения химических процессов в вузах и школах.

Л. В. Писаржевский является также основоположником электронной теории катализа. Он считал, что катализ процесса соединения водорода с кислородом на платиновом катализаторе сводится к действию находящихся в нем свободных электронов. На основе многочисленных опытов Л. В. Писаржевский делает такое заключение, что только элементы с недостроенными энергетическими электронными уровнями (Co, Fe, Ni, Pt, W, Mn и др.) способны проявлять каталитические свойства.

Л. В. Писаржевский был не только исследователем в области химии, но и пропагандистом новых электронных идей. Его учебник выдержал 12 изданий и служил пособием учителям, студентам, аспирантам и научным работникам.

Ученый никогда не был оторван от народа. В Днепропетровске в 1916 г. он организует курсы медсестер, которые



вскоре при его участии преобразуются в Высшие женские курсы, а после установления Советской власти — в химический факультет университета, который он возглавляет в течение десяти лет. В 1926 г. по его представлению был открыт химический факультет в горном институте, который в 1930 г. стал Днепропетровским химико-технологическим институтом.

В 1925 г. Л. В. Писаржевский был избран действительным членом АН УССР, а в 1930 г. действительным членом АН СССР. С 1927 г. он состоял почетным профессором Берлинского университета. Ученый написал свыше 250 научных трудов. Его научная, педагогическая и общественная деятельность была высоко оценена. Кандидат в члены ЦИК СССР, член ЦИК Украинской и Грузинской ССР, кавалер ордена Ленина, лауреат Ленинской премии — так были отмечены заслуги выдающегося советского ученого.

Член Коммунистической партии академик Л. В. Писаржевский был замечательным организатором. Он создал два научно-исследовательских института физической химии, на Украине (1927) и в Грузии (1929). Основал первую станцию по добыче иода из морских водорослей (1915).

Л. В. Писаржевский постоянно был в гуще масс. Читая блестящие лекции, он в них сообщал студентам о новых достижениях науки. Проводя научные исследования, постоянно чувствовал необходимость делиться научными мыслями со своими учениками. Он был новатором во всех направлениях своей многогранной научно-педагогической деятельности.

## НЕОРГАНИЧЕСКАЯ (ОБЩАЯ) ХИМИЯ

Если физическая химия — сравнительно молодая наука, то истоки неорганической химии теряются в веках. Но мы и здесь вправе утверждать, что создание основ современной неорганической химии принадлежит русским ученым, в первую очередь наиболее гениальному из них — корифею науки и великому патриоту своей родины Дмитрию Ивановичу Менделееву. Д. И. Менделеев выступает на арену научной и общественной деятельности в период промышленного подъема, с одной стороны, и освободительного движения в России, с другой.

Развитие капиталистического хозяйства в России требовало значительного роста научно-технических кадров, а также привлекало внимание работников науки к разрешению народно-хозяйственных задач. Именно в это время Д. И. Менделеев и В. В. Марковников разрабатывают план освоения нефти, Н. В. Маевский и А. Н. Крылов решают проблемы баллистики, в связи с развитием железнодорожного транспорта в России, Н. П. Петров создает теорию гидродинамической смазки, рост горной промышленности служит стимулом к развитию геологической науки (А. П. Карпинский, А. П. Павлов, В. А. Обручев и др.), В. В. Докучаев и его школа ведут работу по почвоведению, и т. д. Эта общая обстановка усилила и укрепила передовое движение в среде интеллигенции. Вынужденные тенденции петровской и послепетровской эпохи — привлекать к обучению детей «низшего» сословия — вырастили к этому периоду интеллигенцию главным образом недворянского происхождения, мировоззрение которой в значительной степени было враждебно царскому, военно-бюрократическому, чиновничьему режиму. Из среды русской интеллигенции поднимают свои голоса гневного протеста против произвола

самодержавия А. И. Герцен — виднейший представитель «дворянских революционеров» — и великие мыслители, революционные демократы В. Г. Белинский, Н. А. Добролюбов и Н. Г. Чернышевский. Под идейным влиянием этих передовых революционеров-демократов складывается «могучая кучка» великих русских ученых-естественников — И. М. Сеченов, К. А. Тимирязев, Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров, И. И. Мечников, И. П. Павлов, В. О. Ковалевский и др. Большинство этих передовых ученых-естествоиспытателей было охвачено одним стремлением — содействовать освободительному движению народных масс, поставить науку на службу своему народу. Все они рассматривали научную деятельность не как работу кабинетного ученого в интересах «науки для науки», а как важнейшее общественное дело — служение своей родине.

Все они, создавая новые теории и делая крупнейшие открытия, ведут решительную борьбу с устарелыми воззрениями в науке, страстно отстаивают передовую науку от посягательств реакции. Являясь истинными и пламенными патриотами своей родины, русские ученые страстно борются за самобытность русской культуры, за честь русской науки, за ее приоритет в мировой науке.

Выражая общее мнение передовой научной интеллигенции этого периода, Д. И. Менделеев в своем гениальном труде «Основы химии» писал: «Посев научный взойдет для жатвы народной». Подводя итоги своей научной деятельности, он в одном из писем указывал, что «первая моя служба — родине, вторая — просвещению, третья — промышленности», а ведя борьбу за приоритет открытого им периодического закона, говорил, что он защищает честь этого закона «не ради себя, а ради русского имени». В своем стремлении обратить достижения науки на пользу народу и распространить научные знания среди возможно более широких кругов населения передовые представители науки этого периода организуют добровольные научные общества и кружки.

Одной из характерных особенностей общественно-научной жизни середины XIX в. является массовое возникновение этих обществ, ставших впоследствии центрами мировой научной мысли. В этот период возникло одним из самых первых Русское географическое общество (1845), а также Московское общество любителей естествознания, антропологии и этнографии, Московское общество испытателей природы, Петербургское общество естествоиспытателей, Киевское общество естествознания, Общество

содействия успехам опытных наук и их практическому применению, Общество русских врачей, Московское хирургическое общество, Московское педагогическое общество, Московское математическое общество, Политехническое общество, Общество изучения Сибири, Русское техническое общество и т. д. Организаторами и активными участниками этих обществ становятся лучшие представители научной мысли России, такие, как Н. А. Умов, А. Г. Столетов, А. А. Иностранцев, Ф. А. Бредихин, Н. В. Склифосовский, П. П. Семенов-Тянь-Шанский, Н. А. Северцов, И. М. Сеченов, и др. С возникновением каждого из этих обществ начинают, как правило, выходить журналы, вестники, летописи и т. п. («Материалы к познанию Российской империи», «Летопись русских хирургов», «Горный журнал» и т. д.).

В этот период (1854—1855) по инициативе химиков Н. Н. Соколова, П. А. Ильенкова и А. Н. Энгельгардта был открыт первый химический кружок, в котором деятельное участие принимали виднейшие ученые-химики Н. Н. Зинин, Н. Н. Бекетов и Л. Н. Шишков. Через два года этот кружок распался, но в 1857 г. был организован вновь. Задачей этого кружка являлось ознакомление широких кругов населения с успехами химической науки. С этой целью организаторы кружка устроили публичную химическую лабораторию, в которой все желающие могли бы не только знакомиться с химическими опытами, но и производить их сами при единственном лишь условии, чтобы «это делалось без стеснения для других». Впервые в России кружок периодически издавал «Химический журнал», первый выпуск которого состоялся в 1859 г. В 1868 г. химический кружок был реорганизован в Русское химическое общество. В работе общества деятельное участие принимали Н. Н. Зинин (первый его президент), Н. А. Меншуткин (делопроизводитель общества и редактор журнала), Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров и др. Это общество стало одним из центров развития химической мысли; оно продолжает работу и в наши дни как Всесоюзное химическое общество имени Д. И. Менделеева.

Говоря о развитии химической науки в России с начала XIX в., нельзя обойти молчанием то, что русские химические школы Д. И. Менделеева, А. М. Бутлерова, Н. А. Меншуткина своими истоками уходят в педагогическую и общественно-организующую деятельность «дедушки химии» А. А. Воскресенского.

# *Александр Абрамович Воскресенский*

*(1809—1880)*

«Дедушка русских химиков» А. А. Воскресенский принадлежит к числу выдающихся ученых-химиков XIX столетия. Его немногочисленные, но блестящие по идее и экспериментальному выполнению исследования оставили заметный след в науке и оказали серьезное влияние на ее дальнейшее развитие. В истории отечественной химии большое значение имела многолетняя педагогическая деятельность А. А. Воскресенского, воспитавшего целую плеяду замечательных русских химиков. Ученики его обогатили науку исследованиями и открытиями первостепенного значения, некоторые из них стали основателями крупнейших химических школ.

А. А. Воскресенский родился 25 ноября 1809 г. в семье приходского дьякона в Торжке Тверской губернии (ныне Калининская область). Детство и юность его были омрачены несчастьем и нуждой. В 1814 г. умер его отец, оставив на руках матери троих малолетних детей. Не имея никаких средств к существованию, семья жила в большой нужде.

Десяти лет А. А. Воскресенский вместе со своим братом был принят в Торжковское духовное училище, по окончании которого перешел в Тверскую духовную семинарию, где учился на «казенный счет». В 1829 г. А. А. Воскресенский окончил семинарию первым учеником. Перед ним открылась духовная карьера — обеспеченное место священника или же продолжение духовного образования в академии. Однако такие перспективы не прельщали молодого А. А. Воскресенского. По совету и при содействии друзей он отправился в Петербург для продолжения общего образования и навсегда порвал с духовной карьерой. Осенью того же года он был зачислен студентом Главного педагогического института.

А. А. Воскресенский учился в Главном педагогическом институте в годы жесточайшей реакции. Правительство Николая I, напуганное восстанием декабристов и ростом общественно-политического движения среди интеллигенции и студенчества, ввело в высших учебных заведениях настоящий полицейский режим. Это была эпоха, когда в Петербурге свирепствовал попечитель Рунич, в Казани М. Л. Магницкий. В своем «верноподданническом» стремлении вытравить из голов преподавателей и студентов «вольно-

думство» они пытались превратить высшие учебные заведения в своего рода монастыри со строгим распорядком дня, с преподаванием наук в духе «священного писания», со слежкой за всеми действиями и поступками профессоров и студентов.

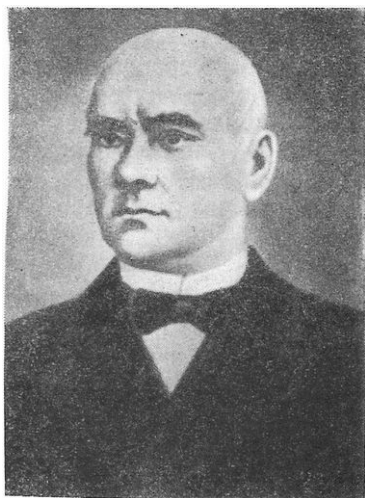


Рис. 18. А. А. Воскресенский.

Несмотря на такие тяжелые условия обучения, А. А. Воскресенский прилежно занимался, основательно изучая естественные науки. Особенно он увлекался химией, которую в это время в Главном педагогическом институте преподавал выдающийся ученый Г. И. Гесс — основатель термохимии и автор широко известного учебника «Основания чистой химии». В самом начале 1836 г. А. А. Воскресенский окончил Институт по первому разряду, получив «за успехи в науках» золотую медаль. Как лучший студент он был занесен в список кандидатов для посылки «в чужие края» для усовершенствования в науках и для подготовки к профессорскому званию. Вскоре он был командирован в Германию с предписанием слушать лекции и вести занятия по химии у профессоров, известных царскому правительству своей «благонадежностью».

Первые месяцы своей заграничной командировки А. А. Воскресенский провел в Берлине, где посещал лекции Э. Митчерлиха, Г. Розе и Р. Магнуса. Но, очевидно, эти лекции не удовлетворили любознательности молодого ученого, достаточно подготовленного в области теоретической химии.

А. А. Воскресенский изыскивал возможности заняться экспериментальной химией. В то время в Германии почти не было химических лабораторий для проведения практических занятий. Лишь в Гессене под руководством Ю. Либиха молодые практиканты из разных стран могли вести исследования. Сюда и направился А. А. Воскресенский. Уже в первые месяцы работы он проявил себя талант-

ливым экспериментатором, незаурядным химиком-исследователем. В 1837—1838 гг. под руководством Ю. Либиха А. А. Воскресенский выполнил несколько отличных исследований, сообщения о которых были опубликованы в «Анналах Либиха».

Но у Гессенской лаборатории была, как писал сам Ю. Либих, «дурная слава». Он имел в виду славу политического вольнодумства студентов. А в делах царской охраны лаборатория Либиха числилась чуть ли не революционной школой. Не удивительно, что русский посланник в Германии, узнав о работе А. А. Воскресенского у Ю. Либиха, стал «чинить препятствия к его пребыванию в Гессене», иначе говоря, потребовал, чтобы А. А. Воскресенский немедленно покинул Гессен. Только вмешательство самого Ю. Либиха, обратившегося с письмом в Петербург, позволило А. А. Воскресенскому закончить в Гессенской лаборатории намеченные работы.

Ю. Либих дал высокую оценку дарованиям и работоспособности А. А. Воскресенского. Об этом свидетельствует Д. И. Менделеев, который писал, что сам лично слышал от Ю. Либиха (1860) отзыв о том, что среди всей массы его учеников он считал А. А. Воскресенского наиболее талантливым, которому все трудное дается с легкостью. Во вступлении к статье Воскресенского о составе хинной кислоты, опубликованной в 1838 г., Ю. Либих писал, что А. А. Воскресенский выдающийся своим талантом и трудолюбием молодой химик. Он отметил исключительную его точность и аккуратность при выполнении экспериментальных исследований.

Осенью 1838 г. А. А. Воскресенский вернулся в Петербург, пробыв в Германии более двух лет. 17 ноября 1838 г. он был назначен адъюнктом Петербургского университета на кафедру химии. Прочитав пробные лекции, вполне одобренные Г. И. Гессом (писавшим в отзыве, что А. А. Воскресенский этими лекциями убедил, что «наука ему знакома не только по теоретическому ее содержанию, но и по собственной практике»), А. А. Воскресенский приступил к чтению курса химии в университете.

С 1839 г. начинается долгий период напряженной педагогической, а в дальнейшем и административной деятельности А. А. Воскресенского, вскоре совершенно вытеснившей исследовательские занятия. Он стал получать одно назначение за другим, кроме университета, читал химию в Главном педагогическом институте, Институте путей сообщения,

в Пажеском корпусе, в Школе гвардейских подпрапорщиков и юнкеров и в других учреждениях. А. А. Воскресенский был хорошим лектором, обладал несомненным педагогическим даром, умел увлечь слушателей, внушить им любовь к химии.

В 1839 г. А. А. Воскресенский успешно защитил докторскую диссертацию «Рассуждение о хинной кислоте и открытом в ней новом теле хиноиле» и получил ученую степень доктора философии. В 1843 г. он был утвержден экстраординарным, а в 1848 г. ординарным профессором. С 1861 г. он стал деканом физико-математического факультета университета, в 1863 г. избран ректором Петербургского университета, а в следующем, 1864 г. — членом-корреспондентом Петербургской Академии наук.

Интересно, что Д. И. Менделеев, слушавший лекции А. А. Воскресенского по химии в Главном педагогическом институте, подробно записал их. Запись эта сохранилась и свидетельствует о высоком качестве содержания лекций.

Будучи весьма занят профессорскими обязанностями и административной работой, А. А. Воскресенский не чуждался участия в решении всевозможных практических задач. Он удивительно быстро умел применять свои обширные химические знания к насущным нуждам жизни. Руки его работали так же быстро и точно, как и голова. А. А. Воскресенский серьезное внимание уделил исследованию отечественных источников сырья для нужд промышленности. В частности, он лично произвел большое количество анализов каменных углей различных месторождений.

Известен случай быстрого решения А. А. Воскресенским другой практической задачи. «Александрийский столп» — колонна на Дворцовой площади в Петербурге, воздвигнутая в честь победы в Отечественной войне 1812 г., — неожиданно дала трещину, которая угрожала гибелью памятнику. В комиссию по реставрации был приглашен А. А. Воскресенский. Буквально в течение нескольких дней он получил особый состав, которым прочно заделали трещину и спасли памятник.

А. А. Воскресенским разработан также рецепт несмываемой, нелиняющей краски и т. д. Он принял активное участие в комиссии по постройке Исаакиевского собора, решая различные химические вопросы, возникавшие в процессе постройки, занимался опытами выпечки хлеба из разных видов муки и т. д.



Такая приверженность ученого к решению практических задач лишний раз характеризует его как человека, хорошо понимавшего нужды жизни, и в частности, запросы нарождавшейся в то время отечественной промышленности.

А. А. Воскресенский подготовил плеяду выдающихся русских химиков. Недаром за ним закрепилось почетное имя «дедушки русских химиков». Среди его учеников следует назвать Д. И. Менделеева, Н. Н. Бекетова, Н. Н. Соколова, А. Н. Энгельгардта, Н. А. Меншуткина, П. П. Алексеева и др. Каждый из них занимает почетное место в истории отечественной химии. Заслуга А. А. Воскресенского в подготовке кадров химиков России огромна и неоспорима.

В 1867 г. А. А. Воскресенский был назначен попечителем Харьковского учебного округа. Однако, столкнувшись с чуждым ему бюрократическим направлением в организации народного образования, он не смог примириться с незавидной ролью царского чиновника и вскоре подал в отставку. С 1875 г. А. А. Воскресенский состоял членом Совета министров народного просвещения.

Последние годы жизни А. А. Воскресенский провел в своем маленьком имении «Можайцево» Новоторжского уезда. Незадолго перед смертью он выстроил для крестьянских детей двухклассную школу. Скончался А. А. Воскресенский 21 января 1880 г.

А. А. Воскресенскому принадлежит несколько выдающихся исследований по органической химии. Среди них мы назовем лишь некоторые. Первая экспериментальная работа, выполненная А. А. Воскресенским в Гессене, была посвящена взаимодействию этилена с безводной серной кислотой. В то время почти не существовало сведений о продукте этой реакции. Большинство химиков считало, что этот продукт (изытиновая кислота) является неустойчивым. А. А. Воскресенский получил вполне устойчивое соединение.

Известны также работы ученого о составе нафталина. В то время нафталину приписывались различные формулы. А. А. Воскресенский анализировал плотность пара нафталина и пришел к формуле, близкой к принятой в настоящее время.

Блестящее исследование А. А. Воскресенского было посвящено составу хинной кислоты, которое он начал еще в Гессене и закончил в Петербурге. Оно и послужило ос-

новой докторской диссертации автора. В ней он дал прекрасный исторический обзор исследований продуктов, выделенных из коры хинного дерева, и сам провел большую работу, в результате которой была установлена формула хинной кислоты и определены ее физические константы.

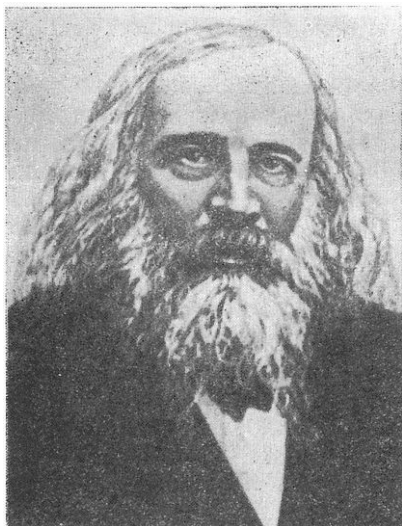
А. А. Воскресенский заметил, что при осторожном нагревании хинной кислоты образуется в небольшом количестве вещество золотистого цвета, которому он дал название «хиноил». Ученый разработал метод получения хиноила в больших количествах действием на хинную кислоту окислителей (двуокиси марганца и серной кислоты). Хиноил, в дальнейшем переименованный в «хинон», оказался родоначальником целого нового класса соединений. А. А. Воскресенский установил точный состав хинона, его окислительную способность и изучил некоторые его реакции. Так, он исследовал действие хлора на хинон с образованием дихлорбензохинона, а также действие щелочей. Открытие А. А. Воскресенского имело очень большое значение для развития химии некоторых классов красителей и разработки теории цветности.

Важной и интересной работой А. А. Воскресенского надо признать его исследование алкалоида из бобов какао. В 1842 г. в Петербурге он выделил из какао новый алкалоид и дал ему название «теобромин». Это вещество очень близко по свойствам к другому алкалоиду — кофеину, и в то время, когда еще не существовало ни теории строения, ни точных методов анализа, надо было обладать большим экспериментальным искусством и интуицией исследователя, чтобы отличить друг от друга эти оба соединения. Теобромин вскоре нашел широкое применение в медицине.

А. А. Воскресенский анализировал образцы каменных углей, при этом особо выделил донецкие антрациты, значительно превосходящие по содержанию углерода многие иностранные антрациты.

А. А. Воскресенский пользовался огромным уважением в среде русских химиков, особенно шестидесятых и семидесятых годов прошлого столетия. Д. И. Менделеев считал своим долгом отчитываться перед бывшим учителем в своей работе.

Сохранились письма Д. И. Менделеева к А. А. Воскресенскому. Одно из них, представляющее собою отчет о Первом международном конгрессе химиков в Карлсруэ (1860), приобрело большое историческое значение.



**Дмитрий Иванович  
Менделеев**  
**(1834—1907)**

Д. И. Менделеев принадлежал к поколению деятелей передовой русской науки и культуры второй половины XIX столетия, к поколению, которое выросло под идейным влиянием русских революционных демократов. Это был период активной борьбы передовых людей общества за развитие национальной экономики, науки и культуры, за просвещение народа и улучшение его благосостояния.

Рис. 19. Д. И. Менделеев.

Современники Д. И. Менделеева и его друзья — русские ученые, инженеры, писатели, композиторы и художники — дали высокие образцы научного, технического и художественного творчества, продемонстрировав перед всем миром величие и силу русского народа. Среди них имя Д. И. Менделеева занимает одно из самых видных мест.

Д. И. Менделеев родился 8 февраля (27 января ст. ст.) 1834 г. в глухом сибирском городе Тобольске — месте ссылки жертв царского террора. Здесь отбывали ссылку декабристы и другие передовые люди России, которые оказывали прогрессивно-демократическое влияние на общественность города. Это не могло не сказаться и на формировании взглядов Д. И. Менделеева, детство которого прошло в родном городе. Он был семнадцатым ребенком в семье директора Тобольской гимназии И. П. Менделеева. Своим воспитанием и образованием Д. И. Менделеев целиком обязан матери Марии Дмитриевне (урожд. Корнильевой), на плечи которой со времени болезни отца (он ослеп и вскоре умер в 1847 г.) легла вся забота о благополучии семьи и воспитании детей.

Начальное образование Д. И. Менделеев получил в Тобольской гимназии, которую окончил в возрасте 15 лет.

Мать Д. И. Менделеева, стремясь дать младшему сыну высшее образование, пыталась устроить сына в Московский университет. Однако это ей не удалось, так как по существовавшему в то время закону окончившие гимназию могли поступить только в тот университет, к округу которого принадлежала гимназия. Тобольская гимназия принадлежала к округу Казанского университета.

Желая, чтобы сын учился в одном из столичных учебных заведений, мать Д. И. Менделеева с помощью друзей покойного отца устроила сына в Главный педагогический институт Петербурга, на физико-математический факультет. Уже в студенческие годы Д. И. Менделеев проявил исключительные способности, трудолюбие и настойчивость в достижении поставленной цели. Выполненные им курсовые работы были серьезными исследованиями, и одну из них опубликовали.

По окончании института в 1855 г. по совету врачей в связи с плохим состоянием здоровья Д. И. Менделеев был направлен в Симферопольскую гимназию, где пробыл недолго, так как перешел на работу в Одесскую гимназию. Здесь наряду с педагогической деятельностью он подготовился к экзаменам на ученую степень магистра и написал магистерскую диссертацию — «Удельные объемы». В октябре 1856 г. он успешно защитил ее в Петербургском университете, а через несколько недель — вторую диссертацию на право чтения лекций, что дало ему возможность перейти на работу в Петербургский университет. В 1857 г. в возрасте 23 лет Д. И. Менделеев получил доцентский курс «Теоретическая и историческая часть химии», а с осени 1857 г. приступил к чтению курса органической химии. Таким образом, после двух лет пребывания в университете Д. И. Менделееву поручают чтение самостоятельного курса. В 1859 г.



Рис. 20. Мария Дмитриевна Менделеева — мать Д. И. Менделеева.



Рис. 21. Д. И. Менделеев в студенческие годы.

Петербургский университет предоставляет ему, как одному из выдающихся преподавателей, заграничную командировку «для усовершенствования в науках».

После краткого путешествия по Европе Д. И. Менделеев выбрал для работы небольшой немецкий город Гейдельберг, где трудился известный химик Р. В. Бунзен (с 1862 г. иностранный член-корреспондент Академии наук в Петербурге). Лаборатория Р. В. Бунзена оказалась непригодной для выполнения намеченных Д. И. Менделеевым исследований. На

свои скромные командировочные суммы он устроил в своей квартире небольшую лабораторию, где провел в течение двух лет кропотливое исследование по определению поверхностного натяжения жидкостей при различных температурах. Здесь ему удалось сделать крупное открытие — установить существование «температуры абсолютного кипения», которая 10 лет спустя была вновь открыта англичанином Т. Эндрюсом и названа им «критической температурой».

Работая в Гейдельберге, Д. И. Менделеев возглавил кружок из молодых русских ученых, также приехавших за границу «для усовершенствования в науках». В кружок входили такие выдающиеся впоследствии ученые, как А. П. Бородин, И. М. Сеченов, А. С. Фаминцын, А. М. Бутлеров, А. О. Ковалевский, и др. Кружок, возглавляемый Д. И. Менделеевым, сыграл большую роль в развитии у его участников научной смелости, новаторства, стремления работать на благо народа, для процветания родины.

По возвращении в Петербург Д. И. Менделеев полностью отдается научной, педагогической и общественной деятельности. В 1863 г. он получил место профессора Петербургского технологического института, а в 1866 г. — Петер-

бургского университета, где читал лекции по органической, неорганической и технической химии. Кроме того, он состоял преподавателем Владимирских женских курсов и принимал активное участие в организации Бестужевских женских курсов. В 1865 г. Д. И. Менделеев защитил докторскую диссертацию на тему «О соединениях спирта с водой».

Многочисленные труды Д. И. Менделеева, и в особенности его гениальное и бессмертное открытие периодического закона, получили широкое признание со стороны ученых всего мира. Его приглашают в Лондон для прочтения фарадеевской лекции. Он избирается почетным членом Американской, Ирландской и Югославской Академий наук, а также Дублинского королевского общества, действительным членом Лондонского и Эдинбургского королевского обществ, Римской, Бельгийской, Датской, Чешской, Краковской и других Академий наук; почетным доктором Кембриджского, Оксфордского, Геттингенского и других университетов; почетным членом нескольких десятков иностранных обществ.

Однако вследствие борьбы реакционной, так называемой «немецкой школы» за ведущее место в Академии наук Д. И. Менделеев в 1880 г. был забаллотирован при избрании академиков Российской Академии. Этот возмутительный факт вызвал многочисленные протесты общественных и научных кругов России, но из-за засилья иностранцев в Академии наук и поддержки их со стороны правительственных кругов эта вопиющая несправедливость не была исправлена.

Д. И. Менделеев — великий русский гений — сочетал мощь и глубину теоретического мышления с большим размахом практической деятельности. Научная деятельность его охватывает многочисленные отрасли знания. Из 431 опубликованной работы <sup>1</sup> 40 посвящено химии, 106 физико-химии, 99 физике, 22 географии, 99 технике и промышленности, 36 экономическим и общественным вопросам и 29 другим темам. Приблизительно две трети трудов и статей Д. И. Менделеева посвящены научным и техническим вопросам и одна треть учебным пособиям, литературным и обзорным работам. Главнейшей заслугой Д. И. Менделеева было открытие периодического закона и создание периодической системы химических элементов, которые обессмертили его имя в мировой науке. Этот закон и периодическая

---

<sup>1</sup> Сюда не входят статьи и заметки, опубликованные Д. И. Менделеевым в периодической прессе.

система — основа всего дальнейшего развития учения об атомах и элементах, они являются фундаментом химии и физики наших дней.

## Периодический закон и его роль в развитии науки

1 марта 1969 г. научная общественность всего мира отмечала столетие одного из величайших законов современного естествознания — периодического закона химических элементов. В наше время 100 лет для науки — огромный исторический срок. Много крупных событий пережило человеческое общество за это время. На родине Д. И. Менделеева совершилась Великая Октябрьская социалистическая революция. Мир стал совершенно иным за эти 100 лет. Наука и техника сделали за этот период гигантские скачки. Казалось бы, значение периодического закона Д. И. Менделеева должно было потускнеть перед грандиозными достижениями современной науки. Напротив, в наши дни периодический закон химических элементов представляется рельефнее и значительнее, чем 100 лет назад.

Открытие периодического закона внесло ясность и порядок в многообразные и разрозненные сведения о природе и химических свойствах элементов и их соединений. Химия из эмпирического искусства преобразовалась в подлинную, точную науку. Привычная простота и четкость таблицы Д. И. Менделеева скрывают теперь от нас гигантскую и кропотливую работу по освоению и переработке всего того, что было известно до Д. И. Менделеева. Ему пришлось выполнить грандиозную работу, чтобы стала возможной и осуществимой догадка о существовании закона периодичности свойств элементов.

К 1869 г. были открыты только 63 элемента. Из них достаточно хорошо изучены с точно определенными атомными массами были только 48, в то время как атомная масса остальных элементов была определена неточно или неверно. Расположив элементы в ряд по возрастанию неверных, или неточно определенных, атомных масс, ни один химик в мире не мог бы обнаружить общей закономерности в их свойствах. Только непостижимая способность обобщения позволила увидеть всеобъемлющую простоту закона. Для этого необходима великая научная смелость, и этой научной смелостью обладал Д. И. Менделеев. Открытый им периодический закон отвечал самому главному требованию — возможности предсказания нового и предвидения

неизвестного. Закон Д. И. Менделеева в этом плане не имеет равных себе.

В самом деле, для того чтобы расположить химические элементы в соответствии с периодическим законом и построить первую периодическую таблицу, Д. И. Менделеев должен был оставить в ней «пустые» места и принять новые значения атомных масс для многих элементов, т. е. предсказать новые элементы. Для этого нужна уверенность в истинности вновь открытого закона, необходима смелость и решимость, что и отличает Д. И. Менделеева от всех его предшественников.

Более 30 лет Д. И. Менделеев работал над открытием и совершенствованием периодического закона. Будучи уверенным, что он открыл новый естественный закон природы, Д. И. Менделеев на основании его предсказывает существование 12 неизвестных в то время науке элементов, для трех из них дает подробное описание их свойств, а также свойств их соединений и даже тех способов, при помощи которых они впоследствии могут быть получены.

Все предсказания, сделанные Д. И. Менделеевым на основе периодического закона, а также исправления атомных масс элементов блестяще подтвердились. Периодический закон стал законом предвидения в химии. Исследования Д. И. Менделеева дали прочный и надежный фундамент дальнейшего развития науки. Они послужили основой для объяснения строения атомов и их соединений.

«Нет ни одного, сколь-либо общего закона природы,— писал Д. И. Менделеев,— который бы основался сразу; всегда его утверждению предшествует много предчувствий, а признание закона наступает не тогда, когда зародилась первая о нем мысль, даже не тогда, когда он вполне сознан во всем его значении, а лишь по утверждению его следствий опытами, которые естествоиспытатели должны признавать высшею инстанцією своих соображений и мнений»<sup>1</sup>. Вполне естественно, что открытию такого всеобъемлющего закона природы также предшествовал длительный этап «предчувствий». До Д. И. Менделеева было много ученых, которые предлагали свои таблицы и графики элементов и отдельные частные закономерности о соотношении свойств элементов. Не случайно, что некоторые из них после открытия Д. И. Менделеева выступали с претензиями на

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Основы химии, т. 2. Изд-во АН СССР, 1947, стр. 382.



первенство открытия. Большое значение для установления периодичности химических элементов имело точное определение основных химических понятий, и в частности разграничение понятий «элемент» и «простое тело». Большая заслуга в определении этих понятий принадлежит Д. И. Менделееву, который, в отличие от своих предшественников, создал систему элементов, а не простых тел или эквивалентов. «Разнообразные периодические отношения принадлежат элементам,— писал Д. И. Менделеев,— а не простым телам, и это весьма важно заметить, потому что периодический закон относится к элементам, так как им свойствен атомный вес, а простым телам, как и сложным, частичный вес»<sup>1</sup>. В то время почти все предшественники Д. И. Менделеева в своих поисках пользовались весьма расплывчатыми понятиями элемента и простого тела и зачастую оперировали не только истинными атомными массами, а эквивалентами. При существовавшей путанице таких понятий, как «атомная масса», «молекулярная масса», «эквивалент», многие химики, занимавшиеся поиском закономерностей между элементами, естественно, не могли обнаружить внутренней связи между их физическими и химическими свойствами. Так, например, У. Одлинг в 1865 г. в своей книге «Курс практической химии» дал таблицу, озаглавив ее «Атомные веса и знаки элементов». Эта таблица внешне была сходна с первой таблицей Д. И. Менделеева. Однако сходство было чисто внешним, и поэтому Д. И. Менделеев справедливо указал, что У. Одлинг ничего не говорит о смысле своей таблицы и нигде о ней не упоминает.

В тесной связи с таблицей У. Одлинга начинают появляться и другие таблицы, с которыми химики выступали в 60—70-х годах XIX в. Так, например, английский химик Д. Ньюлэндс одну из своих таблиц назвал законом октав (1863). Он нашел, что если сходные элементы расположить друг под другом, то каждый 8-й элемент в ряду располагается под первым, т. е. свойства элемента повторяются подобно октавам музыки. Французский ученый Э. Д. де Шанкуртуа в 1862 г. предложил графическую систему элементов. В 1864 г. появилась таблица немецкого химика Л. Мейера. В ней были размещены 44 элемента (из 63 известных в то время) и расставлены в 6 столбцах по при-  
з-

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Основы химии, т. 2, изд. 13. М., Изд-во АН СССР, 1947, стр. 392.

наку валентности элементов по водороду. В таблице были показаны закономерности в разницах атомных масс элементов в этих группах. Однако и эта таблица не отражала периодических изменений свойств элементов.

Все предшественники Д. И. Менделеева не смогли сделать всеобъемлющих обобщений из отмеченных ими закономерностей.

Подробная история открытия периодического закона была всесторонне рассмотрена Б. М. Кедровым. Известно, что в течение многих лет Д. И. Менделеев выполнял гигантскую работу. В центре его внимания в эти годы было изучение связи химических свойств веществ с их физической структурой — центральная проблема, над которой работали химики того времени.

Деятельность в этой области и подготовила Д. И. Менделеева к открытию периодической закономерности в изменении свойств элементов. Читая курс неорганической химии, в 1868 г. он приступил к составлению учебника «Основы химии», который был издан в 1869 г. Работая над ним, Д. И. Менделеев искал логическую основу для распределения материала второй части своего курса. Поиски привели его к мысли сопоставить группы сходных элементов. При этом он заметил, что все элементы можно расположить в порядке возрастания атомных масс, объединив их в группы. Таким образом и появилась первая таблица элементов, озаглавленная «Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве». Д. И. Менделеев сразу же понял, что эта таблица не просто служит обоснованием логического плана расположения материала курса, а отражает определенный закон природы, устанавливающий тесную связь между всеми известными элементами.

6 (19) марта 1869 г. составленная Д. И. Менделеевым таблица была доложена на заседании Русского химического общества, а затем опубликована в журнале «Русское химическое общество».

В 1871 г. он опубликовал две классические статьи о периодическом законе: «Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов» и «Периодическая законность химических элементов». Эти статьи явились обобщением огромной работы, выполненной Д. И. Менделеевым по уточнению формулировки открытого им закона и важнейших следствий и выводов из него. Здесь ученый впервые называет свое открытие периодическим законом.

Излагая сущность открытого им закона, он формулировал его в следующих словах: «...свойства простых тел, также формы и свойства соединений элементов, находятся в периодической зависимости (или, выражаясь алгебраически, образуют периодическую функцию) от величины атомных весов элементов»<sup>1</sup>. Следует заметить, что появление в русской и иностранной печати сообщений и статей Д. И. Менделеева по периодическому закону, а также рефератов его статей и выход в свет «Основ химии», первого в истории курса, в котором расположение материала базировалось на периодическом законе, мало обратило внимание со стороны ведущих химиков того времени.

Однако прошло всего лишь около четырех лет со времени предсказаний Д. И. Менделеева, как одно из них получило блестящее подтверждение. Известный французский химик-аналитик Лекок де Буабодран 27 августа 1875 г. сообщил об открытии нового элемента, названного им галлием, и описал его свойства. Ознакомившись с работой французского ученого, Д. И. Менделеев тотчас пришел к выводу, что новый элемент есть не что иное, как предсказанный им экаалюминий. Он немедленно направил письмо Лекок де Буабодрану и заметку во французский журнал («Доклады Парижской Академии наук»). Лекок де Буабодран был удивлен этим письмом и заметкой, опубликованной в журнале. Он не слышал о существовании химика Д. И. Менделеева и к тому же считал, что свойства нового элемента может лучше знать он, который открыл и экспериментально изучил их. Д. И. Менделеев писал, что определение Лекок де Буабодраном плотности этого элемента неточно; по расчетам Д. И. Менделеева, плотность галлия должна быть равна 6. Лекок де Буабодран повторил определение плотности элемента и нашел, что она равна 5,96. Открытие галлия было блестящим доказательством предсказаний Д. И. Менделеева и произвело огромное впечатление в ученом мире. Его статьи, которые ранее оставались почти не замеченными, теперь привлекли всеобщее внимание.

Через несколько лет, а именно в 1879 г., шведский химик Л. Нильсон при исследовании минералов эвксенита и гадолинита открыл новый элемент, названный им скандием. Свойства этого элемента оказались в точности совпа-

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Основы химии, т. 2, изд. 13. М., Изд-во АН СССР, 1947, стр. 80—81.

дающими с теми, которые были предсказаны Д. И. Менделеевым на основании периодического закона.

И, наконец, немецкий химик, профессор Горной академии во Фрейберге К. А. Винклер, анализируя минерал аргиродит, обнаружил в нем новый неизвестный элемент и назвал его германием. Свойства германия совпали с предсказанными Д. И. Менделеевым свойствами экасилиция.

Эти открытия были блестящим триумфом периодического закона. Скептицизм и сомнения, существовавшие у некоторой части ученых по отношению к периодическому закону, сменились полнейшей уверенностью в его величайшем научном значении. Периодический закон стал прочной базой для разнообразных исследований химиков и физиков всего мира. Настала эпоха систематического изучения всех элементов и возможных новых типов их соединений.

К концу прошлого столетия периодический закон стал общепризнанным. Лежащие в его основе представления о вечности, неизменности атомов и уверенность, что относительная масса атомов одного и того же элемента строго одинакова, казались незыблемыми. Ученые-химики считали своей задачей открытие еще неизвестных элементов, которые должны занять пустующие клетки в периодической системе Д. И. Менделеева. Однако новые блестящие открытия ученых подвергли периодический закон серьезным испытаниям. Так, в 1892 г. английский физик Р. Дж. Рэлей, исследуя плотность газов воздуха, нашел новый элемент, который был назван аргоном. В следующем году открыли еще один инертный газ — гелий, присутствие которого задолго до этого было спектроскопически обнаружено в солнечной атмосфере. Эти открытия поставили несколько в тупик Д. И. Менделеева, так как для этих элементов не находилось места в периодической системе. Другой английский физик и химик У. Рамзай предложил аргон и гелий разместить в периодической системе в особой нулевой группе. У. Рамзай предсказал одновременно существование и других инертных газов и, пользуясь методом Д. И. Менделеева, заранее описал их возможные свойства. Действительно, вскоре были открыты неон, криптон и ксенон. Они составили нулевую группу инертных элементов и тем самым были существенным дополнением к периодической системе. В настоящее время эти элементы формально нельзя назвать инертными, так как получены соединения для криптона и ксенона. Поэтому их теперь размещают в VIII группе периодической системы.

В 1896 г. супруги Мария Кюри-Склодовская и Пьер Кюри обнаружили явление радиоактивности, открыли радий и полоний, а затем актиний и радон. Все это не противоречило периодическому закону (некоторые элементы предсказал Д. И. Менделеев еще в 1871 г.). Свойства радиоактивных элементов не подорвали основу периодического закона, так как опровергли признание неизменчивости атома. Эти элементы, распадаясь, дают новые элементы, так радий самопроизвольно распадается с образованием эманации (радон) и гелия. То же самое было подмечено и у других радиоактивных элементов. Представление о вечности и нерушимости атомов оказалось несостоятельным. В результате распада урана, тория и актиния образуется 37 новых элементов. Казалось, что для них также нет места в периодической системе, так как все клетки, соответствующие их атомной массе, заполнены. Как же быть в данном случае? Эту задачу разрешили Ф. Содди и К. Фаянс, которые предложили разместить все 37 элементов в 9 клетках периодической системы, уже занятых известными элементами с атомной массой более 204. Тогда на одно и то же место в системе попадало по несколько сходных элементов, но с различной атомной массой. Ф. Содди предложил называть такие элементы изотопами. Следовательно, и на этот раз периодический закон Д. И. Менделеева выдержал испытание. Открытие изотопов оказалось плодотворным для дальнейшего развития периодического закона. Естественно, что изменилось и само понятие «элемент». Главным признаком стало его положение в периодической системе. Вскоре были найдены изотопы не только у радиоактивных элементов, но и у атомов стабильных элементов.

Одним из важных следствий периодического закона является современное учение о строении атома.

В конце XIX столетия был открыт электрон. Возникли первые модели строения атома, в основу которых положили гипотезу о равномерном распределении положительного и отрицательного электричества. Вскоре несостоятельность этой модели была доказана опытами Э. Резерфорда, который при бомбардировании  $\alpha$ -частицами тонких металлических пластинок обнаружил, что только весьма незначительная часть их отклоняется под разными углами в результате взаимодействия между положительно заряженным ядром атома и положительно заряженными  $\alpha$ -частицами. Все остальные  $\alpha$ -частицы свободно проникают через пластинку. Из этих замечательных по простоте и резуль-

татам опытов он сделал вывод, что основная масса вещества сосредоточена в ядре атома. Ядро же атома по сравнению с объемом всего атома имеет весьма малый объем. Весь положительный заряд сосредоточен в ядре. Вокруг положительно заряженного ядра атома движутся отдельные электроны в количестве, равном заряду ядра. На основании опытных данных Э. Резерфорд рассчитал заряд ядер некоторых атомов (Cu, Ag, Pt). Ван-ден-Брэк (1913), сопоставивший результаты измерения заряда ядра атома, сделал следующее предположение: величина заряда ядра атома каждого химического элемента, измеренная в элементарных единицах заряда, равна атомному номеру, т. е. порядковому номеру, который данный элемент имеет в периодической таблице.

Этот вывод позволил, наконец, понять истинную природу периодического закона Д. И. Менделеева. Стало ясно, что лежит в основе таблицы Д. И. Менделеева, чем отличаются атомы различных химических элементов и что определяет их химическую индивидуальность. Таким образом, все атомы по своему строению аналогичны, т. е. атом любого химического элемента состоит из ядра и электронов, количество которых определяется зарядом ядра.

Было так же достоверно найдено, что при радиоактивном распаде ядра у атомов меняется заряд ядра, а следовательно, и количество электронов. Отсюда радиоактивные превращения — это превращения, происходящие с ядрами атомов. Поэтому химическая природа элементов целиком определяется зарядом ядра. Открытие радиоактивных превращений атомов элементов окончательно похоронило представление о неизменности атомов, но это не нарушило стройность периодического закона, а явилось дальнейшим усовершенствованием и более глубоким его пониманием.

Гипотеза, согласно которой заряд ядра определяет место элемента в периодической системе, нуждалась в экспериментальном подтверждении. Эта работа была выполнена молодым английским ученым Г. Мозли в 1913 — 1914 гг.

В соответствии с теорией Н. Бора электроны в атоме располагаются по слоям, причем было найдено, что количество слоев в атоме элемента соответствует номеру периода периодической системы.

В свете этих открытий периодический закон Д. И. Менделеева в настоящее время формулируется так: «Свойства химических элементов находятся в периодической зави-

симости от зарядов их атомных ядер, или порядкового номера элемента».

Основным и исходным пунктом таких грандиозных успехов в науке за сравнительно короткий срок, является открытие Д. И. Менделеевым периодического закона. В то же время эти открытия не только не умалили, а, наоборот, расширили горизонты периодического закона, превратили его в могучий инструмент познания природы. Он стал основой для дальнейшего развития науки. Сбылись пророческие слова Д. И. Менделеева, сказанные в Английском химическом обществе 23 мая 1889 г., о том, что периодический закон, расширив горизонт зрения, как инструмент требует дальнейших улучшений для того, чтобы ясность видения еще дальнейших новых элементов была достаточна для полной уверенности.

Обращаясь к английским коллегам, он подчеркивал, что периодический закон ждет не только новых приложений, но и усовершенствований.

Успехи современной химии, успехи атомной и ядерной физики, синтез искусственных элементов стали возможными благодаря периодическому закону. Вместе с тем успехи атомной физики, а также открытие новых методов исследования, развитие квантовой механики, в свою очередь, расширили и углубили сущность периодического закона. Развитие науки показало, что периодический закон до конца еще не познан и не завершен, что он много шире и глубже, чем мог предположить Д. И. Менделеев, чем думали до недавнего времени ученые. Так, оказалось, что закону периодичности подчиняется не только строение внешних оболочек атома, но и тонкая структура атомных ядер. Очевидно, что закономерности, которые управляют сложным и во многом в настоящее время еще не понятым миром элементарных частиц, также имеют в своей основе периодический характер.

Столетие со дня открытия периодического закона, которое отмечалось в 1969 г. во всем мире, было торжественным научным праздником в честь великого русского химика, гениального ученого и мыслителя, пламенного патриота, заслуги которого перед наукой, промышленностью, родиной и всем человечеством только в наше время, в свете современных достижений науки, могли быть осознаны во всем их величии.

## Роль периодического закона Д. И. Менделеева в открытии и исследовании химических элементов

Периодический закон дал возможность доказать существование в природе новых элементов, свойства которых на основе этого закона можно предсказать. Это послужило поводом к открытию новых элементов, и действительно с 1869 по 1930 г. было обнаружено еще 26 химических элементов.

Открытие периодического закона Д. И. Менделеевым и создание периодической системы, по словам классиков марксизма-ленинизма, было научным подвигом. Дальнейшее развитие науки более полно раскрыло суть и содержание закона Менделеева. «Новые завоевания, — писал академик А. Е. Ферсман, — рождаются всюду, где ученые применяют закон Менделеева к анализу природных явлений».

В свете периодической системы и само понятие химического элемента значительно углубляется и выходит за рамки того, которое существовало. Элемент представляет вид атомов, характеризующийся не только определенной атомной массой, но и местом в системе их. Элемент рассматривается как звено единой системы атомов, как узловой пункт в ряде качественных изменений, вызываемых количественными изменениями, как ступень в последовательном формировании материи.

Исходя из периодического закона, Д. И. Менделеев предсказал существование 11 еще неизвестных элементов. Для трех из них он точно указал химические и физические свойства. Свойства открытых элементов полностью совпали с теми свойствами, которые были предугаданы великим ученым.

Свойства экасилиция, предсказанные Д. И. Менделеевым в 1871 г	Свойства германия, открытого Винклером в 1886 г.
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Атомная масса должна быть 72</li><li>2. Серый тугоплавкий металл</li><li>3. Плотность должна быть 5,5</li><li>4. Должен получиться восстановлением водородом из окиси</li><li>5. Формула окисла <math>\text{EsO}_2</math></li><li>6. Плотность окисла — 4,7</li><li>7. Хлорид <math>\text{EsCl}_4</math> должен быть жидкостью с плотностью 1,9 и точкой кипения <math>90^\circ\text{C}</math></li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Атомная масса 72,6</li><li>2. Серый тугоплавкий металл</li><li>3. Плотность 5,35</li><li>4. Получается при восстановлении из окиси водородом</li><li>5. Формула окисла <math>\text{GeO}_2</math></li><li>6. Плотность окисла — 4,7</li><li>7. Хлорид <math>\text{GeCl}_4</math> — жидкость с плотностью 1,887 и точкой кипения <math>86^\circ\text{C}</math></li></ol>



Значение периодического закона не исчерпывается только предсказанием тех элементов, которые должны были находиться в пустующих клетках периодической системы, составленной Д. И. Менделеевым в 1870 г.

Ученый, исходя из закона, смело исправляет атомные массы девяти элементов, а именно: бериллия, индия, лантана, диспрозия, иттрия, европия, цезия, тория, урана.

Достаточно взглянуть на таблицу атомных масс, чтобы убедиться, что Д. И. Менделеев на основе теоретических положений исправил атомные массы элементов так, что они с очень незначительными отклонениями совпадают с современными данными.

Исходя из периодического закона, Д. И. Менделеев делает предположение о том, что периодическая система элементов не заканчивается ураном, что должны существовать и заурановые элементы, т. е. элементы с большей атомной массой, чем уран.

Таким образом, периодический закон и система не только завершили важнейший этап в развитии химии, но и открыли новую эру в химии и физике, явились исходным пунктом для новых изысканий и открытий.

Коротко можно определить значение периодического закона следующим:

1. Поиски новых элементов для заполнения пустующих мест в периодической системе.

2. Периодическая система дала возможность исправить атомные массы многих элементов, уточнить формулы их окислов, валентность этих элементов в их соединениях, а также положение в системе.

3. Самое главное значение научного подвига Д. И. Менделеева заключается в том, что он направил усилия ученых на поиски причин периодичности, на вскрытие физического смысла понятия порядковых номеров элементов и физического смысла самого периодического закона.

4. Периодический закон послужил основой для изучения строения атома.

Было бы, конечно, неправильно ограничить значение периодического закона только областью химии и физики. Периодический закон сыграл большое значение и как основной закон природы в развитии материалистической философии.

Д. И. Менделеев предвидел и дальнейшее, как он писал, «развертывание» периодической системы в сторону заурановых элементов, что также в настоящее время блестяще подтвердилось.

В 1913—1914 гг. английский ученый Г. Мозли показал, что порядковый номер элементов в периодической системе совпадает с зарядом ядра, поэтому между первым и 92-м элементом должны существовать все 90 элементов, а не 85, которые были известны к 1914 г. Семь из этих элементов, а именно: 43, 61, 72, 75, 85, 87 и 91-й — были уже предсказаны Д. И. Менделеевым.

Таким образом, к концу тридцатых годов в периодической системе были только четыре пустые клетки под номерами: 43, 61, 85 и 87. Эти элементы искусственно получили в период 1930—1940 гг. Однако предсказания Д. И. Менделеева осуществляются и теперь.

### **Работы Д. И. Менделеева в области органической химии**

Д. И. Менделеев относится к числу выдающихся химиков-органиков второй половины XIX столетия. Работая над учебным курсом органической химии, он обнаружил отсутствие в русской литературе учебника по этому предмету. Существующие переводные руководства по органической химии не отражали достижений русских ученых. Такое освещение органической химии искажало представление о состоянии и уровне этой науки. К этому периоду относится создание Д. И. Менделеевым учебника по органической химии. В учебнике, получившем широкое признание на родине и за рубежом, современная наука дана с учетом работ русских ученых. Книга была удостоена Демидовской премии.

Д. И. Менделеев выполняет оригинальные работы в области органических соединений. Так, в 1861 г. появилась его статья «О пределах органических соединений», а в 1862 г. он издал работу по вопросам технологии органических соединений — «Оптическая сахарометрия».

В 1861 г. публикуется докторская диссертация Д. И. Менделеева «О соединении спирта с водой», которая явилась оригинальным исследованием не только в области органической, но и физической химии. После ухода своего учителя А. А. Воскресенского в отставку Д. И. Менделеев занял его кафедру неорганической химии. Тогда же он приступил к составлению учебника «Основы химии» и с этого времени преимущественно стал работать по неорганической химии. Несмотря на это, он всегда с большим интересом и внимани-

ем следил и за развитием органической химии. По настоянию Д. И. Менделеева на кафедру органической химии, после того как он ее оставил, был приглашен выдающийся русский химик-органик А. М. Бутлеров из Казани.

В области органической химии Д. И. Менделеев работал не меньше 10 лет (в начале своей научной деятельности). Это были исследования по получению олефинов из алкоголятов спиртов (из натриевого алкоголята амилового спирта — амилен).

Д. И. Менделеев занимался также изомерами бензола. Эта проблема, при полной неизвестности ароматического кольца, в то время была чрезвычайно трудной. Исследуя каменноугольное масло, ему удалось выделить большую порцию жидкости, кипевшей от 95 до 98 °С, но при многократно повторяемой перегонке оказалось, что она содержит только смесь бензола и толуола. На основании этих опытов Д. И. Менделеев выразил сомнение в существовании *пара*-бензола.

Изучая галоидные соединения, Д. И. Менделеев наблюдал, что иодюры при перегонке над фосфором разрушаются. Из галоидных производных он получил цинкорганические соединения, нагревая иодюры с цинком до температуры 140—160 °С в запаянных трубках, защищенных железной трубкой.

Д. И. Менделеев обнаружил, что при действии на бромистый этилен соли ацетата калия образуется в небольшом количестве одноуксусный гликоль; он определил плотность и рассчитал коэффициент температурного расширения гликоля.

Работая с глицерином, он находит, что безводный чистый глицерин имеет плотность 1,262, почти не растворим в эфире и перегоняется при 290 °С. Д. И. Менделеев указывает, что общим свойством спиртов является то, что при действии муравьинокислых солей они, вероятно, будут превращаться в углеводороды. Изучая простые эфиры, Д. И. Менделеев интересуется химической прочностью их молекул, для этого нагревает эфиры с содой в запаянных трубках до 160 °С, и приходит к заключению, что смесь чистого эфира с водой не превращается в спирт даже при нагревании. Он указывал также, что при расщеплении сложных эфиров образуются различные кислоты.

Весьма большой интерес Д. И. Менделеев проявлял к продуктам, получающимся при действии фосгена на безводный спирт. В результате взаимодействия их он получил це-

лый ряд веществ, содержащих остатки углекислоты и других органических кислот.

С большим интересом он изучал эфирные масла, исследуя степень насыщенности их водородом.

### **Работы Д. И. Менделеева в области изучения природных богатств страны**

Исследования Д. И. Менделеева по органической химии связаны с его работами в области нефтяной, химической и угольной промышленности. Свою научную деятельность он всегда стремился поставить на службу родине, будучи убежденным в том, что ученый не должен и не может замыкаться в узких рамках так называемой «чистой науки». Д. И. Менделеев оказал огромную помощь русской промышленности не только своими рекомендациями, но и важными исследованиями. Так, он неоднократно указывал на громадное значение Донецкого каменноугольного бассейна. Вместе с тем ученый живо интересовался и другими угольными месторождениями. Он обращал внимание на необходимость изучения углей районов Сибири, Урала, Дальнего Востока и Сахалина, считая, что и этим углям придет свое время. Да, это время пришло только после Октябрьской революции.

Д. И. Менделеев рассматривал коренные вопросы более рационального использования угля в промышленности. Он изучал элементарные анализы различных видов топлива и разрабатывал научно обоснованные методы расчета состава и количества продуктов горения и определения теплотворной способности различных топлив. Эти работы оказали огромное влияние на изучение процессов горения не только в России, но и за рубежом.

Д. И. Менделеев развитие каменноугольной промышленности неразрывно связывал с металлургией, он считал, что железное дело должно быть во главе металлургии, так как без него немыслимы фабрики, земледелие и общее развитие.

Д. И. Менделеев уделял большое внимание техническому прогрессу, живо интересовался воздухоплаванием и принимал в нем личное участие. В преклонном возрасте с риском для жизни он поднимался на воздушном шаре. Следует также напомнить ту горячую поддержку, которую он оказал А. С. Попову, первому ученому, открывшему беспроволочный телеграф-радио, адмиралу О. С. Макарову в построй-

ке и испытании ледокола «Ермак». По заданию правительства он изобретает бездымный порох (пироколлодий). Д. И. Менделеев занимался также проблемами, связанными с развитием химической промышленности, в частности, вопросами использования соляных месторождений и поваренной соли, расширения производства серной кислоты, соды, минеральных удобрений.

Однако наибольшее внимание Д. И. Менделеев уделял нефти, занимающей первое место среди природных богатств России. Исследованиями нефти интересовались многие ученые и инженеры-современники Д. И. Менделеева. Например, известны труды В. В. Марковникова и В. Н. Оглобина по определению состава нефтей, в результате которых был открыт новый тип углеводородов — нафтеновых или полиметиленовых.

Но работы Д. И. Менделеева отличались от работ предшественников и современников широтой взглядов и целеустремленностью. Он связывал научные исследования с развитием нефтяной промышленности, изучал бакинские нефтяные промыслы, работу первых нефтеперерабатывающих заводов и методы добычи и переработки нефти. Для ознакомления с нефтяной промышленностью ученый совершает путешествие в США. Он разрабатывает способ непрерывной перегонки нефти, который был принят промышленностью, и после этого, как писал сам ученый, Суруханский завод стал давать доходы.

В своей книге «Нефтяная промышленность в Северо-Американском штате Пенсильвании и на Кавказе» (1887) он отмечал: «Я был немало удивлен, узнав, что ни с химической, ни с геологической стороны нет еще у американцев ответов на самые первые научные вопросы, относящиеся к нефти»<sup>1</sup>.

Рассматривая состояние науки о нефти в Америке, он писал, что в США «нет хороших, компетентных определений давления газов в нефтяном слое, растворимости газов в нефти, разлагаемости нефти с образованием газов, температуры нефтяных слоев на разных глубинах и многого другого, что уяснило бы дело».

Указывая на необходимость научных исследований, он писал: «Затраты на науку окупаются тем, что она видит много раньше, предупреждает, разбирает возможное, от-

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Сочинения, т. X. М., Изд-во АН СССР, 1949, стр. 97.

бирает существенное из кучи практических потребностей»<sup>1</sup>. Эти слова были девизом всей его кипучей многогранной научной деятельности.

Д. И. Менделеев впервые высказал идею о происхождении нефти: нефть образовалась не из остатков органических веществ, а является продуктом взаимодействия водяных паров, проникших внутрь земли, с высоко нагретыми карбидами металлов. В настоящее время эта теория большинством ученых-нефтяников не признается, но сама идея в свое время была прогрессивной и привлекала ученых к решению проблемы происхождения нефти. В своих работах Д. И. Менделеев обращает внимание на огромное значение строительства нефтепроводов, которые могут перестроить экономику нефтяной промышленности, а также на географию их размещения и техническое оснащение. Эта мечта ученого осуществилась только после Октябрьской революции.

Интересуясь промышленными и экономическими вопросами, Д. И. Менделеев одновременно занимался научными исследованиями нефти. Он проводит эксперименты по определению коэффициентов теплового расширения нефти, масел и выполняет интересные с теоретической и практической стороны работы по очистке нефтяных продуктов химическими реагентами. Для очистки солярового масла он предложил использование серной кислоты и щелочи, а для осветления масла — пропускать его через битый кирпич, предварительно обработанный известью. Ему же принадлежит идея применения отбеливающих глин.

Для разгонки нефти Д. И. Менделеев сконструировал новый оригинальный прибор, позволяющий перегонять нефть без перегрева. Он придавал большое значение увеличению выхода керосина из нефти, считая, что для этой цели следует использовать более тяжелые масляные фракции нефти. По инициативе Д. И. Менделеева В. Рагозиным около Ярославля был построен нефтеперерабатывающий завод, на котором ученый выполнял ценные исследования.

Во время своего пребывания в Баку в 1886 г. он провел экспериментальную работу по изучению насыщения песка нефтью в зависимости от глубины залегания нефти. При этом он обращает внимание на связь, существующую между нефтяными и газовыми месторождениями. Практика нашей

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Сочинения, т. X. М., Изд-во АН СССР, 1949, стр. 100.

советской нефтяной и геологической науки подтвердила это заключение Д. И. Менделеева.

Он придает также значение сбору статистических данных и их анализу, ибо при «помощи чисел возможно делать точные заключения и проверять выводы, подобно тому, как делается в опытных науках... необходимо иметь под руками статистический запас данных и знать современное состояние дел»<sup>1</sup>.

Во всех случаях экспериментальных исследований нефти Д. И. Менделеев исходил из того, что следует подвергать перегонке не сырую нефть, а предварительно обработанную кислотами и щелочами. Он открыл возможность использования органических растворителей для разделения нефтей и нефтепродуктов.

Д. И. Менделеев раньше других оценил значение нефти для народного хозяйства и первым из ученых указал на необходимость полной ее переработки.

Нефть он рассматривал как ценное сырье для получения более дорогих, чем сама нефть, органических продуктов. Так, он указывал на возможность выделения и синтеза из нее ароматических углеводородов, органических красителей, бензола, толуола и др. По инициативе Д. И. Менделеева на Константиновском заводе был сооружен цех по получению из нефти ароматических углеводородов, здесь же проводились лабораторные опыты по синтезу полупродуктов для красителей. Полное и рациональное использование нефти, о чем мечтал ученый, осуществилось лишь в годы Советской власти. Нефть в наши дни — сырье для промышленного синтеза ароматических углеводородов, алифатических спиртов, хлорпроизводных углеводородов и многих других продуктов.

Работы Д. И. Менделеева по органической химии представляют большой интерес и в свое время сыграли определенную роль в развитии как теории, так и практики исследований органических соединений.

### **Дмитрий Иванович Менделеев— основоположник гидратной теории растворов**

При тщательном изучении свойств водных растворов серной кислоты, водных растворов спиртов и других систем Д. И. Менделеев впервые установил значение химического

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Сочинения, т. X. М., Изд-во АН СССР, 1949, стр. 155.

взаимодействия между молекулами компонентов в растворах.

Он рассматривал растворы как неустойчивые химические соединения постоянного состава, находящиеся в состоянии частичной диссоциации. Этими исследованиями было положено начало создания химической теории растворов в противовес физическим теориям. Д. И. Менделеев учитывал и физические факторы в процессе растворения. Делая сопоставление между физическими и химическими процессами, он писал: «Две указанные стороны растворения и гипотезы, до сих пор приложенные к рассмотрению растворов, хотя имеют отчасти различные исходные точки, но, без всякого сомнения, со временем, по всей вероятности, приведут к общей теории растворов, потому что одни общие законы управляют как физическими, так и химическими явлениями, ибо лишь от свойств и движений атомов, определяющих химические взаимодействия, зависят свойства и движения частиц, составленных из атомов и определяющих физические соотношения»<sup>1</sup>.

Д. И. Менделеев сам процесс растворения рассматривал прежде всего как химический процесс. «Растворение,— пишет он,— твердого тела в воде, как и газа, будучи, с одной стороны, физическим переходом в жидкое состояние, определяется, с другой стороны, химическим сродством к воде, что особенно ясно видно из того, что при растворении происходит сокращение объема, изменение температуры кипения воды, перемена в упругости пара, в температуре образования льда и тому подобных свойствах. Если бы растворение составляло чисто физическое явление, а не зависело от химического сродства, то оно, конечно, сопровождалось бы увеличением, а не уменьшением объема, потому что при плавлении обыкновенно объем увеличивается (плотность уменьшается). А между тем сжатие составляет обычное явление, сопровождающее растворение, происходит даже при разбавлении растворов водою и растворении жидкостей в воде, подобно тому как совершается обыкновенно и при соединении тел для образования определенных элементов»<sup>2</sup>. Он считал, что при растворении веществ в воде происходит определенное соединение, образуется новое тело.

Гидратная теория растворов в свое время не получила должного признания и только благодаря работам русских

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев Основы химии, т. I, изд. 13. М., Изд-во АН СССР, 1947, стр. 385.

<sup>2</sup> Там же, стр. 72—73.



ученых Д. П. Коновалова, И. А. Каблукова получила должную оценку и заняла достойное место в учении о растворах.

Значение, которое Д. И. Менделеев придавал своим работам по теории растворов, видно из его высказывания: «Область неопределенных химических соединений, особенно растворов и сплавов, и тесная связь их с определенными соединениями глубоко занимали меня с самого начала моей научной деятельности (в 50—60-х годах XIX столетия), когда на этот предмет мало устремлялось внимания и работ в химии: часть моих исследований была посвящена этим проблемам, например, «Удельные объемы» (1856), «О соединении спирта с водою» (1865), «Исследование водных растворов по удельному весу» (1887) и др., а потому эти предметы мне особо любы»<sup>1</sup>.

Работы Д. И. Менделеева по растворам охватывают период почти в полстолетия. В этих исследованиях ученый выдвигает идею о химическом характере растворения. При этом отмечает, что в растворе образуется соединение между растворяемым веществом и растворителем. Состав этих веществ зависит от изменения температуры и концентрации. Такие соединения он называл гидратами в случаях водных растворителей, а в более общей форме — сольватами.

В своей монографии «Исследование водных растворов по удельному весу» Д. И. Менделеев обращает внимание на изменение удельного веса и объема с изменением состава раствора. В этой работе он констатировал наличие пяти гидратов серной кислоты в водном растворе в зависимости от концентрации раствора.

В свое время у Д. И. Менделеева, кроме Д. П. Коновалова, не было учеников, которые поддерживали бы и развивали его теорию, что в какой-то мере задержало ее дальнейшее развитие.

В работах Д. П. Коновалова гидратная теория получила дополнительное подтверждение. Правильность идеи о существовании определенных соединений в растворе сольватов была впоследствии установлена с исчерпывающей ясностью. Н. С. Курнаков и его ученики доказали единство поведения жидких и твердых растворов, благодаря чему гидратная теория смогла быть распространена на всю область металлов и сплавов.

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Основы химии, т. I, изд. 13. М., Изд-во АН СССР, 1947, стр. 363.

Метод исследования Д. И. Менделеева заключался в том, что он исследовал состав-свойство, т. е. зависимость свойств от состава раствора. Этот метод нашел применение и развитие в работах Н. С. Курнакова и его школы, в результате чего была создана курнаковская теория физико-химического анализа.

Нужно указать на то, что теория Д. И. Менделеева была высказана почти одновременно с физической теорией Вант-Гоффа—Аррениуса (трактующей растворение как особый вид диффузии тела в растворитель). Первое время теория Вант-Гоффа—Аррениуса рассматривалась как противопоставление химической теории Д. И. Менделеева. В. Оствальд, развивая взгляды С. Аррениуса, широко пропагандировал физическую теорию растворов. Однако русские ученые (В. А. Кистяковский и И. А. Каблуков) указали на единство обеих теорий, высказав предположение о существовании гидратов ионов.

И. А. Каблуков с большой последовательностью и убежденностью, применяя гидратную теорию растворов к электролитам, указал, что в результате применения гидратной теории к электролитической диссоциации можно более полно и верно охарактеризовать свойства растворов, что теория Вант-Гоффа—Аррениуса является неполноценной, механической, без приложения к ней теории растворов Менделеева. Д. И. Менделеев в своих высказываниях по существу предвосхитил теорию растворов Вант-Гоффа—Аррениуса.

Все последующее развитие теории электролитической диссоциации показало, что эта теория может развиваться только на основе гидратной теории Менделеева. Все новые направления в области растворов: учение об активности ионов, о комплексообразовании в растворе, об энтропии и о теплоемкости ионов в растворе, о механизме растворения и т. д.— неразрывно связаны с идеей гидратации ионов, т. е. с менделеевской идеей об образовании непостоянных соединений между растворенным телом и растворителем.

С работой о растворах тесно связано и другое открытие Д. И. Менделеева — критическая температура. Известно было, что, повышая давление и понижая температуру, можно приводить некоторые газы в жидкое состояние. В семидесятых годах Д. И. Менделеев открыл, что для каждого газа имеется предел — критическая температура, выше которой газ не может быть сжижен. Он назвал эту критическую температуру абсолютной температурой кипения. Спустя девять лет существование критической температуры

было подтверждено английским ученым Эндрюсом (1870). Однако в учебниках открытие критической температуры совершенно необоснованно связывается с именем Эндрюса, а не с именем Д. И. Менделеева.

Открытию абсолютной температуры кипения Д. И. Менделеев придавал большое значение. Так, при перечислении своих крупнейших достижений он упоминает и работу в области газов: «По существу четыре предмета составили мне имя: периодический закон, исследование газов, понимание растворов как диссоциации и «Основы химии». Тут все мое богатство».

### Д. И. Менделеев — борец за передовую науку

По своим философским воззрениям Д. И. Менделеев был убежденным сторонником материализма. Он верил в безграничную силу человеческого разума и безграничность познания природы. Основной вопрос философии — отношение мышления к бытию Д. И. Менделеев решал материалистически. «Веществом или материей называют то, что наполняет пространство, имеет вес, т. е. представляет массы, притягиваемые Землею и другими массами материи, то, из чего состоят тела природы и с чем совершаются движения и явления природы»<sup>1</sup>.

Д. И. Менделеев утверждал, что в мире нет ничего, кроме материи, ее свойств и состояний. Следовательно, все, что существует в мире, есть проявление единого материального начала, единой материи, которая существует вечно, независимо от человеческого сознания. Он резко выступал против витализма, отвергая «жизненную силу», якобы присущую живым организмам. Так, в учебнике «Органическая химия» он писал: «...отдельно взятое каждое жизненное явление не есть следствие какой-либо особой силы, каких-либо особых причин, но совершается по общим законам природы»<sup>2</sup>. Не менее резко он критиковал «энергетизм» В. Оствальда, представляющий идеалистическую попытку мыслить движение без материи. «Одни,— писал Д. И. Менделеев,— вовсе отрицают вещество, ибо, говорят они, мы знаем только энергию... и, следовательно, вещество есть только энергия. Такое, на мой взгляд, чисто схоластическое представление напоминает тот абстракт, по которому

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Основы химии, т. I, изд. 13. М., Изд-во АН СССР, 1947, стр. 354.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев. Органическая химия, 1863, стр. 19.

ничего не существует, кроме «я», потому что все проходит через сознание. Полагать можно, что подобные представления, несмотря ни на какую диалектику, удержаться не могут в умах сколько-либо здравых»<sup>1</sup>.

Отвергая решительно энергетизм, Д. И. Менделеев указывал, что вещество и энергия, материя и движение нераздельно связаны друг с другом.

Д. И. Менделеев, как и М. В. Ломоносов, отстаивал передовую, материалистическую науку, ее широкое распространение в народе, боролся против агностицизма, отрицавшего возможность познания человеком материального мира и законов его развития, доказывая, что для человеческого познания в природе не существует непознаваемых вещей. Теория, эксперимент и практика дают возможность людям проникнуть в «самую сущность вещей».

Задачей естествознания он считал борьбу со всеми формами проявления идеализма, мистикой, мракобесием и религиозными суевериями. Он прекрасно понимал, какой вред приносят передовой науке религиозные суеверия, и писал: «Суеверия есть уверенность на знании не основанная. Наука борется с суевериями, как свет с потемками»<sup>2</sup>.

Д. И. Менделеев верил в могущество науки, в победу всего прогрессивного. Он был революционером в науке. Борясь за экономическую и культурную независимость родины, он принимал активное участие в изучении природных богатств страны, способствовал развитию различных отраслей отечественной промышленности. С этой деятельностью связаны его большие работы в области метрологии (науки об измерениях). «Наука начинается с тех пор, как начинают измерять; точная наука немыслима без меры», и в «природе мера и вес — суть главные орудия познания»<sup>3</sup>.

Последние пятнадцать лет своей жизни Д. И. Менделеев работал в Главной палате мер и весов. Здесь им было выполнено большое число научных исследований по метрологии, в частности усовершенствование весов, определение плотности воды и воздуха, опыты по определению ускорения сил тяжести, составлены таблицы плотностей спирто-водных растворов. Работы по метрологии, начатые Д. И. Менделеевым, успешно продолжают советскими учеными. Имя

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Основы химии, т. I, изд. 13. М., Изд-во АН СССР, 1947, стр. 476.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев. Материалы для суждения о спиритизме. СПб., 1876, стр. 377.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев. Полн. собр. соч., т. 22. Л.—М., 1950, стр. 217.



Рис. 22. Здание Палаты мер и весов.

великого русского ученого Д. И. Менделеева золотыми буквами вписано в историю науки. Советский народ высоко чтит память славного сына русского народа. Его имя присвоено многим учебным заведениям, промышленным предприятиям и научным обществам. Всесоюзное химическое общество им. Д. И. Менделеева объединяет химиков страны. Съезды этого общества привлекают ученых всего мира.

### ***Лев Александрович Чугаев*** **(1873—1922)**

Безвременно скончавшийся Л. А. Чугаев, ученик Н. Д. Зелинского, унаследовал лучшие традиции научного исследования своих предшественников и глубокий интерес к химическим наукам.

Л. А. Чугаев родился в семье преподавателя физики 17 октября 1873 г. Общее образование получил в кадетском корпусе, по окончании которого поступил в Московский университет на естественное отделение физико-математического факультета. Блестяще окончив в 1895 г. университет, он здесь же в 1903 г. защитил магистерскую диссертацию на тему «Исследование в области терпенов и камфары», а в 1906 г. диссертацию на степень доктора наук «Исследования в области комплексных соединений». В 1904 г. Л. А. Чугаев занимает должность профессора Московского Высшего технического училища, а в 1908 г. избирается профессором и руководителем кафедры неорганической химии Петербургского университета.

Имя Л. А. Чугаева широко известно в России и за границей как перво-классного органика-синтетика и особенно как выдающегося ученого в области комплексных соединений. Первая диссертация Л. А. Чугаева посвящена одному из интереснейших отделов органической химии и является классическим исследованием углеводов терпенового ряда.



Рис. 23. Л. А. Чугаев.

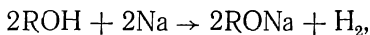
Несмотря на то что изучение таких продуктов жизнедеятельности растений, как эфирные масла, получивших широкое применение в медицине, парфюмерии и технике, совпадает по времени с первыми шагами развития научной химии, природа компонентов, входящих в состав масел, была невыясненной. Между тем Л. А. Чугаев в своей диссертации писал, что во многих отношениях вещества эти представляют выдающийся интерес прежде всего с чисто химической, а затем и с биологической точки зрения. И далее он указывает, что большая часть веществ, входящих в эфирные масла, является членами «огромной естественной группы терпенов и их производных». Соединения терпенового ряда по химическому строению относятся преимущественно к циклическим.

К терпенам, помимо углеводов, относятся также кислородсодержащие соединения, как, например, камфара (кетон), герониол (спирт), составная часть розового масла, лимонен (углеводород), составная часть лимонного, укропного и других масел, и т. д. Эти соединения заинтересовали Л. А. Чугаева прежде всего потому, что они встречаются не только в мертвой, но и в живой растительной природе и связаны с жизненными процессами, происходящими в растениях.

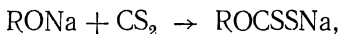
Отсутствие научных методов исследования терпенов побудило Л. А. Чугаева к их разработке в целях

правильного, «рационального» изучения этих соединений.

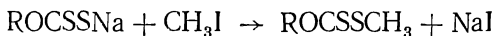
К одному из методов, разработанных Л. А. Чугаевым, относится ксантогеновая реакция (ксантогеновый метод, так называл его ученый) получения и изучения непредельных углеводородов. При этом исходный спирт превращается в алкоголят:



который под действием сероуглерода переходит в ксантогеновую соль:



при взаимодействии соли с иодистыми алкилами получается ксантогеновый эфир:



Результатом применения этого метода явилось открытие нового типа бициклических терпенов с точкой кипения около 150 °С. К этому типу следует отнести три новых терпена: туйен, борнилен, фенхен.

Ксантогеновый метод используется для получения лабильных углеводородов с двойной связью, а также для решения вопросов химической структуры углеводородов. Легкая разлагаемость ксантогеновых соединений (эфиров), в результате чего можно выделить непредельный углеводород, обусловлена присутствием в них малоустойчивого комплекса — OCSS.

Так, Л. А. Чугаев показал, что ксантогеновые эфиры терпенового ряда распадаются при нагревании на непредельный углеводород, меркаптан и сероокись углерода:



Отсюда непредельный углеводород выделяется в индивидуальном состоянии. Оригинальный ксантогеновый метод был впервые применен для превращения ментола в ментен, а позднее с успехом проверялся на спиртах различных рядов.

Видную роль ксантогеновая реакция сыграла при установлении строения камфары. Ксантогеновая реакция Л. А. Чугаева полностью сохраняет свое значение и в наши дни, оставаясь непревзойденным методом получения этиленовых углеводородов.

Большой интерес представляют работы Л. А. Чугаева в области бактериологических и биохимических исследо-

ваний. Одна из первых его работ была посвящена изучению действия ядов на микроорганизмы. Он исследовал 16 видов патогенных и сапрофитных микробов. Известно было, что вещества, образующие стойкие соединения с аминной группой молекулы белка, нарушают их жизненную функцию. К таким соединениям относятся альдегиды, реагирующие с аммиаком и веществами, содержащими аминные группы. Л. А. Чугаев, исходя из этих данных, занялся изучением токсичности органических соединений, содержащих карбонильную группу — альдегидов и кетонов.

В результате многочисленных наблюдений он установил, что между химическим составом органических соединений и их токсичностью имеется определенная зависимость. Например, токсичность альдегидов связана с их функциональной группой (СНО) и убывает по мере перехода от низших гомологов к высшим. Резкое уменьшение токсичности обнаруживается при переходе от альдегидов к кетонам, токсичность их может сильно повыситься введением в молекулу кетона атома галогена.

Наряду с бактериологическими исследованиями Л. А. Чугаев проводил работы по изучению биохимического окислительного процесса. Он выступал против виталистического объяснения окисления и считал, что в окислительных процессах у живых организмов большую роль играют ферменты (катализаторы селективного окисления).

Однако наиболее выдающиеся исследования Л. А. Чугаева относятся к неорганической химии, а именно — к химии комплексных соединений, в частности платиновой группы металлов. Он написал диссертацию на эту тему «Исследования в области комплексных соединений».

Необходимо отметить, что интерес к платиновым металлам в России возник после того, как в 1819 г. на Урале были обнаружены месторождения платиновых руд. С этого времени начинается деятельное их изучение с целью извлечения платины, из которой в 1828—1845 гг. чеканили монеты. До открытия богатейших месторождений платины в Южной Америке преобладающее количество платиновых металлов добывалось в России. Драгоценный металл до начала XX столетия отправлялся за границу для аффинажа, а затем в виде изделий или аффинированной платины возвращался обратно в Россию. Это продолжалось до Великой Октябрьской социалистической революции. Только в результате работ Л. А. Чугаева и его учеников была соз-

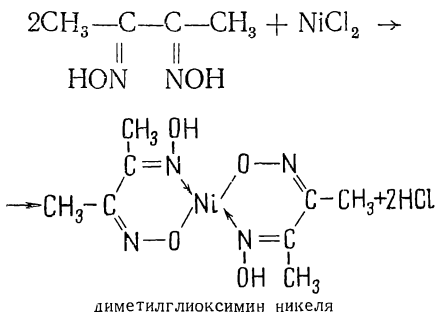


дана платиновая промышленность, освободившая нашу страну от иностранной зависимости.

В области изучения комплексных соединений Л. А. Чугаев является оригинальным ученым, создавшим свою научную школу. Он занялся исследованием неизвестных в то время металлических производных имидов и альфа-диоксимов. Продукты сочетания альфа-диоксимов с солями металлов были названы Л. А. Чугаевым диоксими-нами. Эти новые классы соединений оказались исключительно важными для обоснования координационной теории и применения органических соединений в аналитической химии.

Синтезированный Л. А. Чугаевым диоксими-н кобальта был первым примером существования солей — неэлектролитов, а диоксимины никеля, палладия и железа послужили для качественного обнаружения и количественного определения этих элементов.

Особенно чувствительной оказалась реакция с никелем. Л. А. Чугаев в одном из своих сообщений, относящихся к 1905 г., писал, что «образование соединения никеля с диоксимом диацетила является характерной и чувствительной реакцией на никель. Реакция (образование красного кристаллического осадка) протекает при разведении Ni-соли 1 : 8000», она вошла во всю учебную и научную литературу как «реакция Чугаева»:



Эта реакция послужила началом нового направления в развитии аналитической химии.

С целью смещения равновесия реакции вправо обычно ее проводят в аммиачном растворе, который связывает образующиеся минеральные кислоты.

Ало-красный осадок диметилглиоксими-на никеля представляет собой типичную внутрикомплексную соль. Реакция

Чугаева — одна из чувствительнейших реакций для открытия никеля; она позволяет обнаружить одну часть никеля в 400 тыс. частей воды.

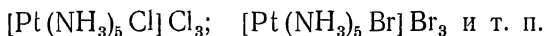
В 1910 г. Л. А. Чугаев получил изомерные соединения никеля с метилглиоксимом. В следующие годы были получены подобные изомерные никелевые производные с другими несимметричными диоксимидами.

Л. А. Чугаев явился подлинным родоначальником одного из интереснейших и наиболее перспективных направлений в аналитической химии, связанной с применением органических реактивов при качественных и количественных определениях вещества.

Изучая комплексные соединения кобальта, никеля, меди, палладия и железа, Л. А. Чугаев нашел очень важную закономерность, состоящую в том, что среди комплексных соединений, как и в органических, наиболее устойчивыми являются те соединения, которые характеризуются наличием пяти- и шестичленных циклов. Эта закономерность, отмеченная Л. А. Чугаевым в 1906 г., получила название «правила циклов». Л. А. Чугаев показал, что вообще циклические группировки стабилизируют комплексные соединения. Например, дисульфиды ( $C_2H_5S-CH_2-CH_2S-C_2H_5$ ), способные к замыканию цикла, дают при прочих равных условиях более прочные комплексы, чем моносульфиды. Большая устойчивость этилендиаминовых комплексов по сравнению с аммиачными — закономерное явление в химии комплексных соединений — подчеркивает стабилизирующее влияние циклических заместителей. Значение констант нестойкости комплексных соединений позволяет количественно охарактеризовать замеченное ученым стабилизирующее влияние циклических группировок.

Работая над изучением металлов платиновой группы, Л. А. Чугаев последовательно изучал соединения платины с гидросиламином, гидразином и аммиаком.

Полученные им соединения платины с гидразином, в частности, диаминдигидразин  $[Pt(NH_3)_2(N_2H_4)_2] \cdot Cl_2$ , вызвали большой интерес, ибо гидразин до этого применялся для выделения металлической платины из растворов. Л. А. Чугаеву удалось получить пентамины четырехвалентной платины, например:



Эти соединения по постановлению Менделеевского съезда были названы «солями Чугаева».

Горячий патриот своей родины, Л. А. Чугаев считал недопустимым, чтобы Россия — богатейшая страна по добыче платиновых металлов — не имела своей платиновой промышленности. Еще в 1916 г. Л. А. Чугаев совместно с В. Г. Хлопиным, В. В. Лебединским и И. И. Черняевым усовершенствовал методы выделения чистой платины из руд.

Однако производство чистой платины в России было налажено только после Октябрьской революции. В отличие от некоторых представителей русской интеллигенции Октябрьскую революцию Л. А. Чугаев встретил сочувственно; он с первых же дней существования Советской власти стал принимать активное участие в строительстве нового общественного строя. Он говорил, что наука сама по себе всегда демократична, а если в тех или других случаях плоды ее недостаточно равномерно распределяются между отдельными классами населения, то правильный, демократический строй всегда может и должен внести сюда надлежащую поправку.

В 1917 г. Л. А. Чугаев писал о необходимости создания института для изучения платины, золота и других благородных металлов. По его инициативе и при деятельном участии в 1918 г. был открыт Научно-исследовательский институт платины, золота и других благородных металлов. Определяя задачи вновь организованного института, он считал, что в этом учреждении разработка чисто научных вопросов чрезвычайно тесно связана и, можно сказать, переплетена с разработкой вопросов технического порядка, которые преимущественно интересуют практиков. Нельзя не признать огромной пользы, которую сама наука извлекает из соприкосновения с жизнью, с промышленностью.

В 1919 г. по инициативе группы ученых (Н. С. Курнакова, Л. А. Чугаева, В. Е. Тищенко и др.) был создан Институт прикладной химии. Одной из важнейших задач института являлось изучение различных вопросов химии и химической технологии, имеющих промышленное значение. Л. А. Чугаев умело сочетал научную деятельность с технологической практикой. Будучи одним из руководителей Института прикладной химии и опытного завода, он со своими сотрудниками разработал технологию производства красной соли, хлористого хромила, металлического мышьяка и красного фосфора.

Л. А. Чугаев много и успешно занимался изучением соотношений между различными физико-химическими, осо-

бенно оптическими, свойствами органических соединений и их строением.

Работая с увлечением и присущим ему энтузиазмом, он привлек большую группу молодых исследователей и создал свою научную, чугаевскую школу. Среди выдающихся представителей этой школы необходимо указать академика В. Г. Хлопина (1890—1950), первые труды которого были посвящены изучению комплексных соединений с сульфидами и теллуридами. Работы по изучению комплексной химии с успехом продолжали ученики Л. А. Чугаева, к числу которых принадлежит академик И. И. Черняев (1893—1966). Широко известны исследования И. И. Черняева по нитритам двух- и четырехвалентной платины и др. Экспериментальные и теоретические работы в области комплексных соединений школы Чугаева и его учеников по праву занимают одно из первых мест в мировой науке. Л. А. Чугаев был одним из немногих химиков нашего века, который прекрасно разбирался и плодотворно трудился как в области органической, неорганической, аналитической и физической химии, так и в биохимии.

За 25 лет научной деятельности он опубликовал 429 работ.

В сентябре 1922 г. после тяжелой болезни, в возрасте 48 лет он скончался. Преждевременная смерть оборвала творческую деятельность Л. А. Чугаева.

Имя Л. А. Чугаева принадлежит не только истории химии, писал в своих воспоминаниях ученик Чугаева — академик И. И. Черняев, но также истории русской культуры. Среди немногих имен русских ученых, упоминающихся в записях А. М. Горького, имя Льва Чугаева встречается несколько раз, в связи с вопросами организации русской науки... А. М. Горький познакомился с ним в период 1919—1921 гг., т. е. в самые критические годы гражданской войны и разрухи. В то время некоторые представители русской интеллигенции занимали в лучшем случае выжидательную, а чаще враждебную позицию по отношению к большевизму. Эта позиция естественно вызывала пассивное отношение к происходившему и желание отсидеться до лучших времен в тиши своих кабинетов. Но пассивность никогда не была свойственна профессору неорганической химии Петроградского университета Льву Чугаеву. Служение науке, которому он посвятил целиком всю свою жизнь, никогда не представлялось ему в виде созерцательного размышления.

«Действуйте, действуйте, действуйте», «Под лежащий камень вода не течет», — неустанно повторял он ученикам, доказывая своим поведением, что это не пустые слова, а девиз. Эта кипучая действенность Л. А. Чугаева была далека от предприимчивого делячества. Она была прежде всего глубоко принципиальной и всегда направленной на пользу науки и просвещения.

И. А. Каблуков, характеризуя Л. А. Чугаева как ученого, в речи, посвященной его памяти, говорил, что в лице Л. А. Чугаева не только русская, но и мировая наука потеряла крупного ученого, а Петроградский университет — профессора, который благодаря своему таланту, любви к науке и замечательной трудоспособности являлся достойным хранителем заветов Д. И. Менделеева.

## ***Николай Семенович Курнаков*** ***(1860—1941)***

Н. С. Курнаков родился 6 декабря 1860 г. в Нолинске в семье офицера — участника героической Севастопольской обороны.

У него рано зародился интерес к химии. Еще будучи гимназистом Н. С. Курнаков устроил дома небольшую лабораторию и с большим увлечением ставил различные химические опыты. Окончив в семнадцать лет Нижегородскую военную гимназию, он поступил в Петербургский горный институт.

По окончании курса в 1882 г. он был оставлен при институте для продолжения занятий по химии. Здесь Н. С. Курнаков защитил диссертацию «Испарительные системы соляных варниц» на звание адъюнкта по кафедре металлургии, галургии (соляного дела) и пробирного дела. С 1885 г. адъюнкт Н. С. Курнаков в течение восьми лет руководит практическими занятиями студентов по горнозаводскому техническому анализу, читает лекции по соляному делу, технологии топлива и горючих материалов, общей металлургии.

Осенью 1891 г. профессор К. И. Лисенко (учитель Н. С. Курнакова), получивший широкую известность своими исследованиями каменных углей и нефти, оставил службу при Горном институте. Его преемником на посту заведующего пробирной лабораторией был назначен Н. С. Курнаков. По инициативе Н. С. Курнакова лабора-

торию вскоре перевели в новое, более удобное помещение, ее значительно расширили и дополнили ценными приборами, необходимыми реактивами и наглядными пособиями.

В 1893 г. после защиты второй диссертации «О сложных металлических основаниях» Н. С. Курнаков избрали профессором кафедры неорганической химии Петербургского горного института. В последующие годы Н. С. Курнаков читал лекции и вел исследовательскую работу в Электротехническом (ныне имени В. И. Ульянова) и Политехническом (ныне им. М. И. Калинина) институтах. Он в течение 28 лет руководил кафедрой



Рис. 24. Н. С. Курнаков.

общей химии в Политехническом институте. Организованная им химическая лаборатория была до Октябрьской революции крупнейшей в России.

В 1913 г. Н. С. Курнаков стал академиком. В 1915 г. его назначили заместителем председателя Комиссии по изучению природных богатств России (КЕПС), а в 1918 г. ученый основал институт физико-химического анализа, бессменным директором которого он был до 1934 г. После переезда химических институтов Академии наук (1934) из Ленинграда в Москву Н. С. Курнаков состоит директором вновь организованного на базе институтов физико-химического анализа и платины Института общей и неорганической химии Академии наук СССР (ныне его имени).

Свою плодотворную деятельность в стенах Академии Н. С. Курнаков сочетает с работой в промышленности. Так, в 1916—1918 гг. он оказывает помощь Петроградскому химическому заводу Военно-промышленного комитета. С 1919 по 1927 г. он директор Института прикладной химии, а позднее — консультант.

За выдающиеся заслуги в области химии в 1939 г. Н. С. Курнаков награжден орденом Трудового Красного Знамени; в 1940 г. ему присвоено звание заслуженного дея-

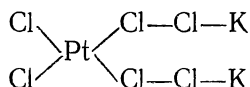
теля науки РСФСР, а в 1941 г. присуждена Государственная премия.

Всю свою жизнь Н. С. Курнаков посвятил научным исследованиям, распространению и внедрению химических знаний. Его лекции всегда собирали полную аудиторию. Студенты с большим вниманием слушали увлекательную речь любимого профессора. Отличительной чертой его лекций была широкая иллюстрация излагаемого материала наглядными примерами, опытами и др. Ни одно важное химическое явление не оставалось без всестороннего глубокого его рассмотрения.

Двери лаборатории Н. С. Курнакова были всегда широко открыты для всех тех, кто искренне стремился к научной работе. Он приветливо встречал каждого, кто хотел трудиться на ниве химической науки, будь то студент или убежденный сединой ученый. В русской технической школе того времени он впервые организовал студенческие дипломные работы. Н. С. Курнаков считал целесообразным знакомить студентов с практикой горного и соляного дела. По его просьбе Совет горного института разрешил студентам летом проходить практику на соляных промыслах и горных заводах.

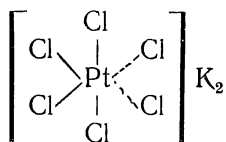
Прожив большую часть своей жизни в царской России, он никогда не отрывал теории от практики, не отделял «чистой» науки от прикладной, как это делали тогда многие ученые. Вся его творческая деятельность была проникнута стремлением как можно теснее связать свои исследования с вопросами промышленной практики.

В первый период своей научной работы Н. С. Курнаков занимался изучением строения и свойств комплексных соединений. В то время в науке еще не было единого взгляда на сущность комплексных соединений. Шведские ученые К. Бломстранд, П. Клеве, механически перенося классическую теорию химического строения А. М. Бутлерова, приписывали комплексным соединениям формулы, сходные по форме с органическими соединениями. Например, хлорплатинат калия  $K_2PtCl_6$  они изображали так:



Согласно же теории швейцарского ученого А. Вернера, появившейся в начале 90-х годов прошлого столетия,

тот же хлорплатинат калия изображался совсем другой формулой:



Вокруг центрального атома (Pt) располагались во внутренней сфере атомы-заместители (Cl), а атомы калия находились во внешней сфере. Аналогичные формулы приписывались и другим комплексным соединениям. Химическая связь между центральным атомом и заместителями во внутренней сфере, по мнению А. Вернера, обусловлена существованием «дополнительных» валентностей (в формуле показаны пунктиром).

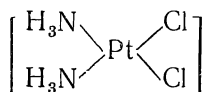
Н. С. Курнаков не отвергал ни одной из этих теорий, но и не принимал какую-либо из них безоговорочно. Его воззрения занимали промежуточную позицию между ними и в то же время были некоторым шагом вперед. Он считал, что химические связи существуют как между центральным атомом комплексного соединения и его заместителями, так и между самими заместителями. В те годы взгляды ученого на строение комплексных соединений не нашли отклика среди химиков, так как всеобщим признанием пользовалась теория А. Вернера. Но спустя тридцать лет его идеи сыграли важную роль в развитии познания закономерности *транс*-влияния, открытой академиком И. И. Черняевым. Сущность ее состоит в том, что координированные в комплексных сферах заместители оказывают влияние друг на друга при условии их взаимного *транс*-расположения.

Н. С. Курнакову принадлежит открытие многих комплексных соединений, а также установление закономерностей, которые дают возможность определять внутреннее строение некоторых комплексных соединений двухвалентной платины. Так, он установил, что в отдельных случаях вопрос о составе комплексного иона может быть решен на основании цвета соединения. Например, соль состава:  $\text{PtCl}_2 \text{CuCl}_2 \cdot 4\text{NH}_3$  может существовать в двух формах. Одна из них может быть получена сливанием растворов комплексной соли  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4] \text{Cl}_2$  с хлоридом меди (II), а другая — при сливании аммиачного раствора хлорида меди (II) — темно-синего цвета с раствором хлорплатината калия  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$ . Первая соль имеет желто-бурую окраску, вторая же (соль Миллона) окрашена в темно-фиолетовый цвет. Зная, что

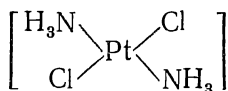


медно-аммиачный комплекс имеет темно-синий цвет, сразу можно сказать, что в темно-фиолетовой соли (Миллона) аммиак связан с ионом меди, в то время как в желто-бурой соли с ионом платины.

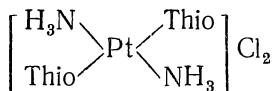
Н. С. Курнаков одним из первых привлек рефрактометрию к выяснению вопросов, связанных с природой сил комплексообразования. Он установил, что атомная рефракция соединений платины сильно меняется в зависимости от типа соединения. В «Журнале Русского физико-химического общества» (1893) Н. С. Курнаков опубликовал работу о тиомочевинной реакции, в которой показал порядок замещения лигандов в комплексных соединениях. Так, при действии тиомочевина на *цис*-соединение типа



в первую очередь происходит замещение кислотных остатков молекулами тиомочевина. Образующийся продукт является неустойчивым. Однако при действии тиомочевина на *транс*-соединения типа



также в первую очередь замещаются кислотные остатки, но при этом образуется уже устойчивое соединение



Работы Н. С. Курнакова по комплексным соединениям сыграли большую роль в развитии химии этих веществ как в деле опытного изучения, так и в развитии теоретических воззрений.

Вершиной его научного творчества было создание физико-химического анализа — нового отдела общей химии. Известно, что правильное представление о природе и свойствах веществ можно получить не столько изучением отдельно взятых веществ, сколько путем исследования системы тел, находящейся в равновесии. «Изучение равновес-

ных систем,— писал Н. С. Курнаков,— является одной из самых важнейших задач общей химии».

Так как исследование превращений, протекающих в системах, можно проводить только при изучении свойств систем, то общий прием физико-химического анализа состоит в количественном изучении свойств равновесных систем, образованных двумя и более компонентами (основными слагаемыми систем), в зависимости от их состава.

Зависимость между химическим составом тел и их важнейшими физическими свойствами (электропроводностью, внутренним трением, твердостью, точкой плавления, вязкостью, плотностью), положенная в основу физико-химического анализа, изображается графически в виде диаграммы «состав — свойство», которая не только качественно, но и количественно выражает связь между свойствами и составом однородных тел, образующихся в системе.

Диаграмма «состав — свойство» позволяет судить о характере изменений, которые происходят в процессе химической реакции, то есть об образовании новых соединений, о появлении новых твердых или жидких фаз. Все мельчайшие детали химической реакции — появление новых соединений, твердых тел или жидких растворов — в точности отображаются характером точек, линий и поверхностей, слагающих данную диаграмму. Эти диаграммы позволяют также предсказать и особенности химического взаимодействия веществ системы.

Химия, с точки зрения Н. С. Курнакова, получает международный геометрический язык, аналогичный языку химических формул, но гораздо более общий, так как он относится не только к определенным соединениям, но и ко всем химическим превращениям. Применение в физико-химическом анализе геометрического метода к изучению превращений веществ в сложных, многокомпонентных системах значительно способствовало разрешению многих теоретических и практических задач. Рассмотрение в системах превращений, протекающих под влиянием различных физических и химических факторов равновесия, придает исследованию необходимую полноту, обеспечивающую всестороннее изучение объекта.

Созданные Н. С. Курнаковым новые методы физико-химического анализа являются в руках исследователей орудием, позволяющим рассматривать свойства и особенности веществ, которые не поддаются изучению обычными методами химического анализа. Ученый писал о том, что

среди назревших научных потребностей настоящего времени особенное внимание обращает на себя новая область химического знания, которая изучает измеримые свойства двумя и более «компонентами». Эту обширную область предложено называть физико-химическим анализом. Этот анализ имеет бесчисленные приложения в пограничных областях теоретического и прикладного знания — минералогии, петрографии, геологии, металлургии, прикладной и строительной механике.

При исследовании химических превращений методом физико-химического анализа Н. С. Курнаков в качестве объектов изучения брал вещества самой разнообразной химической природы (минеральные соли, органические вещества, металлы и др.). Особенно удачным для изучения оказались металлы и их взаимные сочетания — металлические сплавы.

Работы Н. С. Курнакова и его учеников в области металлических сплавов открывают страницы в истории развития металлографии не только в нашей стране, но и за рубежом. Установление зависимости между составом и свойствами металлических сплавов оказало неоценимые услуги в познании природы этого важного в практическом и в научном отношении объекта изучения. Диаграммы состояний металлических сплавов показали, что металлы при взаимных сочетаниях проявляют большое разнообразие в характере взаимодействия. При этом можно отметить три основных случая взаимодействия: образование механической смеси, твердых растворов и химических соединений. Комбинация этих случаев дает все многообразие отношений металлов друг к другу, встречаемых в практике.

Исследования Н. С. Курнакова в познании физико-химической природы сплавов позволяют осуществить рациональный подбор металлических материалов с нужными эксплуатационными свойствами. Так, нашли, что изменение всех свойств механических смесей происходит по правилу прямой линии в зависимости от их состава; в случае же образования твердого раствора электросопротивление, твердость, давление истечения и другие механические свойства возрастают с повышением концентрации раствора, а электропроводность падает.

Опыты Н. С. Курнакова по выяснению природы металлических сплавов внесли ясность в понимание химических процессов, которые протекают при затвердевании сплавов. Изучая состав сплавов, он обнаружил, что имеются хими-

ческие соединения, состав которых может изменяться в довольно больших пределах. Такие соединения Н. С. Курнаков предложил называть бертоллидами по имени французского ученого К. Бертолле, допускавшего существование таких соединений. В отличие от бертоллидов, соединения (сплавы) с постоянным составом он назвал дальтонидами, в честь английского физика и химика Д. Дальтона.

Изучая (совместно с академиком Г. Г. Уразовым) сплавы железа с кремнием, Н. С. Курнаков установил, что причиной выделения ядовитого фосфористого водорода, вызывающего нередко отравление и взрывы, у некоторых сортов ферросилиция является взаимодействие бертоллидов с влагой воздуха.

При исследовании сплавов чаще всего пользуются термическим анализом, значительно усовершенствованным Н. С. Курнаковым, который сконструировал оригинальный пирометр — термоэлектрический прибор для автоматической регистрации температуры.

Построение и анализ диаграмм «состав — свойство» нашло применение при изучении не только металлических сплавов, но и других объектов, например смесей, органических веществ, руд и т. д. Особенно широко этими диаграммами пользовался Н. С. Курнаков при изучении водно-солевых систем. Их исследованию он уделял большое внимание.

Еще в 90-х годах прошлого столетия Н. С. Курнаков совершил несколько поездок на крымские соляные озера. Интерес к ним сохранился у него и позднее. В конце 20-х годов он по заданию Главхима и других организаций, заинтересованных в развитии производства минеральных солей в нашей стране, произвел исследования по различным вопросам соляного дела. Наряду с лабораторными опытами Н. С. Курнаков систематически наблюдал над годовыми циклами изменений соляной массы крымских озер в районе Евпатории и Перекопа. Осенью 1926 г. ученый принимал участие в экспедиции по изучению процесса испарения морской воды в Крыму. А с 1928 по 1933 г. он был бессменным руководителем Крымской экспедиции Института физико-химического анализа и Всесоюзного геологического института, которая комплексно исследовала все озера степного Крыма и Керченского полуострова.

В 30-х годах началось изучение соляных богатств в Западной Сибири и в Нижнем Поволжье. Поэтому Институт физико-химического анализа, директором которого был

Н. С. Курнаков, послал экспедиции научных сотрудников в эти районы. Наблюдения над выделением солей в естественных условиях позволили сделать важные выводы о «жизни» соляного озера, что имело большое практическое значение для организации добычи солей. В 1930 г. Н. С. Курнаков, несмотря на свой преклонный возраст (ему было тогда уже 70 лет), обследовал Эльтон, Баскунчак и другие озера дельты Волги. Результаты исследований показали, что эти озера могут служить источниками ценного химического сырья — хлорида магния и брома.

Неизменный интерес проявлял Н. С. Курнаков и к самому мощному в мире источнику сернонатриевой соли — Кара-Богаз-Голу. В 1918 г. он организовал Карабогазский комитет, положивший начало всестороннему изучению, а позднее промышленному использованию этого месторождения сульфата натрия, столь необходимого для нашей стекольной и бумажной промышленности. В связи со значительным падением уровня Каспийского моря в 1935—1940 гг. нарушился водный режим залива Кара-Богаз-Гола. Поступление воды в него сократилось, и возникла угроза гибели сульфатных промыслов. По инициативе Н. С. Курнакова его ученики — В. И. Николаев и В. С. Егоров — провели новое исследование режима питания залива и разработали меры для сохранения промыслов сульфата натрия.

Изучая соляные водоемы, Н. С. Курнаков впервые высказал новую точку зрения на объекты этого рода как на природные образования, состояние которых зависит от климатических, почвенных, биологических и других факторов.

Подвергая глубокому научному анализу результаты, полученные им и его сотрудниками при изучении состава соляных рассолов крымских озер, Н. С. Курнаков установил факт их метаморфизации (изменения химического состава) и ввел в науку новое понятие — коэффициент метаморфизации природных соляных рассолов.

Изучение Н. С. Курнаковым с сотрудниками растворимости солей в воде и построение соответствующих диаграмм «состав — свойство» дало ключ к пониманию процессов, протекающих в природных водоемах, а также позволило устанавливать пути образования соляных озер и использования содержащихся в них солей в промышленности. Примером такой диаграммы может служить диаграмма растворимости системы, образованной водой и четырьмя солями ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ). Толчком к исследова-

нию этой системы послужило стремление вскрыть механизм садки глауберовой соли, которую Н. С. Курнакову пришлось наблюдать еще в конце прошлого века. Оказалось, что полная диаграмма растворимостей дает возможность решать всевозможные вопросы, касающиеся воспроизведения реакций обмена, последовательности и условий кристаллизации той или иной соли.

Еще в 1916 г. Н. С. Курнаков на основе анализа образцов, привезенных из Соликамска (они были найдены в буровой коллекции бывшего Троицкого солеваренного завода), пришел к выводу о наличии мощных залежей калиевых солей в Приуралье. Ученые обнаружили, что в соликамских залежах соли наряду с хлоридом натрия содержится большое количество хлорида калия — сильвина. Однако несколько случайных образцов не являлось еще доказательством справедливости подобной гипотезы. Поэтому Н. С. Курнаков решил на месте проверить правильность своего предположения. Летом 1917 г. он с горным инженером К. Ф. Белоглазовым поехал в Соликамск. Исследования проб из отходов и рассолов солеваренного завода показали присутствие в них значительного количества калия. На основании этих анализов Н. С. Курнаков пришел к выводу, что район распространения калиевых солей в Прикамье значительно больше, чем он предполагал ранее. Как известно, соли калия в дореволюционной России не добывались. Калийные удобрения ввозились преимущественно из Германии, и за них платили ежегодно сотни тысяч золотых рублей. Во время первой мировой войны ввоз калиевых солей из-за границы был прекращен. Возникла острая необходимость нахождения собственной сырьевой базы. В 1918 г. начали разведочные работы в Соликамском районе, но вскоре их пришлось прекратить: помешала гражданская война. Только в 1925 г. удалось закончить полную разведку соликамского месторождения калийных солей, оказавшегося крупнейшим в мире.

Позднее были обнаружены месторождения калийной соли в Западном Казахстане и в некоторых районах Башкирии. Это открытие также имеет большое народнохозяйственное значение.

Исключительно велико научное наследие, оставленное нам Н. С. Курнаковым. Список одних только опубликованных работ превышает 440 названий. Все они отличаются глубиной творческой мысли, широтой научного кругозора, новизной и совершенством экспериментальной методики.

## *Илья Ильич Черняев*

*(1893—1966)*

И. И. Черняев родился 20 января 1893 г. в крестьянской семье в одном из сел Вологодской губернии. Еще в школьные годы у него пробудился интерес к химии. Уже с детских лет он мечтал стать химиком. Окончив в 1911 г. Вологодскую гимназию, он поступает на физико-математический факультет Петербургского университета. В те годы курс общей и неорганической химии читал в университете Л. А. Чугаев. Проникновенные лекции профессора, его необыкновенный энтузиазм в проведении научных работ пробудили у молодого И. И. Черняева желание работать в дальнейшем под его руководством. Он начал исследования органических соединений — терпенов и камфары, но вскоре увлекся химией комплексных соединений. Заинтересовавшийся этим новым направлением в химии, И. И. Черняев после окончания университета в 1915 г. поступает в лабораторию Л. А. Чугаева.

Для своего первого исследования И. И. Черняев выбрал комплексные соединения платины. В 1916 г., спустя год после начала работы в лаборатории Л. А. Чугаева, он опубликовал результаты изучения гидроксиламиновых соединений и аквосолей платины. Это была первая веха на его плодотворном научном пути. Усердие, с которым И. И. Черняев выполнял свои опыты, острая наблюдательность и исключительное экспериментальное чутье не остались незамеченными. Не прошло года, как Л. А. Чугаев предложил своему ученику остаться при университете для подготовки к профессорскому званию. Со свойственной ему прозорливостью Л. А. Чугаев видел в нем достойного помощника и надежную смену.

Высокая оценка учителя еще более усилила энтузиазм И. И. Черняева, который работал в лаборатории не покладая рук с утра до позднего вечера, нередко засиживаясь далеко за полночь. Л. А. Чугаев часто беседовал со своим учеником и всегда восхищался способностью И. И. Черняева легко и быстро ориентироваться в сложных научных вопросах и находить правильные пути для их решения. Целеустремленность в работе, высокая теоретическая подготовка, хорошие навыки экспериментатора — все это способствовало быстрому научному росту молодого ученого.

Первая мировая война застала химическую промышлен-

ность царской России не подготовленной к выполнению важнейших заданий, требуемых сложившейся военной обстановкой. В стране царил «химический голод», так как большинство необходимых для народного хозяйства и армии химических продуктов до 1914 г. ввозилось из-за границы, преимущественно из Германии. Уже с первых месяцев войны выдающиеся русские химики, среди которых был и Л. А. Чугаев, разрабатывают практические меры налаживания отечественной химической промышленности,



Рис. 25. И. И. Черняев.

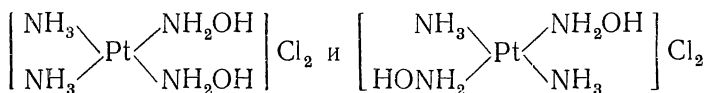
производства химико-фармацевтических препаратов, взрывчатых веществ и др. Так, в лаборатории неорганической химии Петербургского университета И. И. Черняев вместе с другими учениками и сотрудниками Л. А. Чугаева и под его руководством разработали метод получения азидов натрия для морского ведомства. Принимал участие И. И. Черняев и в выполнении важного задания военно-химического комитета — по исследованию физических и химических свойств разрывных лекарственных веществ.

В 1917 г. по предложению Комиссии по изучению естественных производительных сил России под непосредственным руководством Л. А. Чугаева были развернуты исследования платины и ее спутников с целью разработки эффективных методов выделения этих металлов из руд. В этой работе наряду с В. Г. Хлопиным, В. В. Лебединским деятельное участие принимал и И. И. Черняев.

В 1918 г. по инициативе Л. А. Чугаева был организован Платиновый институт. Новый институт разрабатывал методику аффинажа платины и ее спутников и методику получения этих металлов в химически чистом состоянии. В задачу всех сотрудников Платинового института, в том числе и И. И. Черняева, входило изучение комплексных соединений платиновых металлов, разработка и усовер-



шенствование методов анализа, отыскание принципиально новых возможностей использования платины и ее спутников (защитные покрытия металлов, сплавы и т. д.). Выполняя важные научно-практические задания, И. И. Черняев изучает свойства комплексных соединений платины с различными заместителями во внутренней сфере. Вначале эти работы были посвящены исследованию гидроксиламиновых и смешанных аммиачногидроксиламиновых соединений платины. Ученый впервые показал возможность существования геометрических изомеров среди комплексных соединений. Он получил изомерные аммиачногидроксиламиновые хлориды двухвалентной платины:



Синтез этих веществ позволил заполнить пробелы в ряду смешанных аммиачногидроксиламиновых соединений и показать, что комплексные соединения двухвалентной платины имеют плоскостную конфигурацию. Расширяя исследования в этом направлении, И. И. Черняев начал изучать такие соединения, которые содержали бы во внутренней сфере нитрогруппу и легко окисляющиеся молекулы гидроксилamina. Ему удалось получить оптические *цис*- и *транс*-изомеры состава  $[\text{PtNH}_2\text{OH}(\text{NO}_2)_2]$ .

При этом он открыл важную закономерность — *транс*-влияние: в первом приближении можно принять, что активность любой координированной молекулы зависит только от группы, стоящей на прямой, соединяющей центральный атом с молекулой, иначе в *транс*-положении.

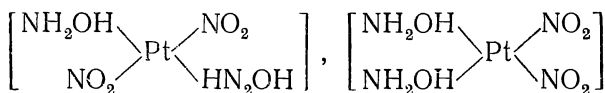
Трудно переоценить роль этого открытия, которое является огромным вкладом в неорганическую химию. Пользуясь закономерностью *транс*-влияния, И. И. Черняев и его ученики получили много новых комплексных соединений с заранее заданными свойствами. Это позволило наметить научно обоснованные пути для проведения реакций по замещению тех или иных лигандов во внутренней сфере.

*Транс*-влияние — частный случай более общей закономерности — взаимного влияния отдельных атомов в молекулах органических соединений (открытой еще в прошлом веке А. М. Бутлеровым и развитой его учеником В. В. Марковниковым). Она подытожила известные к тому времени представления о химизме комплексных соединений и ука-

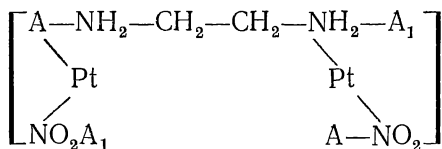
зывала способы синтеза новых соединений не только платиновых металлов, но и других (кобальта, никеля).

На основе *транс*-влияния И. И. Черняев смог правильно объяснить поведение полученных им стереоизомеров нитро-солей.

Оказалось, что молекулы гидроксиламина *транс*-изомера не могут замещаться другими аминами, тогда как в молекуле *цис*-изомера подобное замещение проходит легко, не затрагивая нитрогрупп, находящихся в *цис*-положении друг к другу во внутренней сфере:



У *транс*-изомеров под действием аммиака, пиридина, этилендиамина замещается только одна нитрогруппа на амин, другая нитрогруппа в комплексе остается нетронутой даже при избытке взятых для реакции аминов. Пользуясь подмеченной им повышенной устойчивостью *транс*-изомеров гидроксиламиновых соединений с нитрогруппой во внутренней сфере, И. И. Черняев получил своеобразное комплексное соединение, в котором молекула этилендиамина служила «мостиком» между двумя атомами платины.



Образование такого мостика в соединениях, где нитрогруппы находятся в *транс*-положении, по мнению И. И. Черняева, обусловлено ослаблением связи между двумя кислотными остатками и центральным атомом — комплексообразователем. Для соединений такого типа была подмечена еще одна интересная закономерность. Оказалось, что у комплексных соединений двухвалентной платины незамещенная нитрогруппа обладает чрезвычайной устойчивостью. Это свойство использовал И. И. Черняев для синтеза комплексных соединений платины с тремя различными аминами в качестве заместителей во внутренней сфере, то есть впервые удалось получить платиновые соединения с четырьмя разными заместителями вокруг атома-комплексообразователя. Эти соединения типа  $[\text{PtA}_1\text{A}_2\text{A}_3\text{NO}_2]_x$  были получены

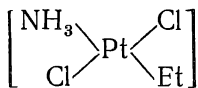
им в трех изомерных формах, при этом наиболее отщепляемый амин всегда находился в *транс*-положении по отношению к нитрогруппе.

Заменяя амины другими группами, атомами, И. И. Черняев синтезировал нитрохлориды двухвалентной платины. Для этих соединений также наблюдались различия в химическом поведении *транс*- и *цис*-изомеров. В соединениях, в которых заместители находятся в *транс*-положении, ионы хлора внутри сферы обладают почти такой же подвижностью, как и атомы хлора, располагающиеся во внешней сфере, в *цис*-соединениях, наоборот, хлор не обладает большой подвижностью, он связан с центральным атомом типичной комплексной связью.

В 1926 г. И. И. Черняев утверждал, что между двумя кислотными остатками в комплексе двухвалентной платины в случае их *транс*-положения происходит ослабление их связи с платиной. В результате один из кислотных остатков становится легко подвижным, лабильным и способным к реакциям замещения. Справедливость этого положения наглядно видна на примере *транс*-нитрохлорида  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{NO}_2\text{Cl}]_x$ , в котором хлор легко замещается аммиаком или каким-либо другим амином, тогда как в *цис*-изомере того же соединения такого замещения не происходит. В соответствии с развитыми взглядами и наблюдениями над химическим превращением различных комплексных соединений платины И. И. Черняев составил ряд, в котором заместители (нитрогруппа, амины, хлор и т. п.) располагаются по силе *транс*-влияния:  $\text{NO}_2 > \text{NH}_2 > \text{Br} > \text{Cl} > \text{H}_2\text{O}$ .

Работы, проведенные в последующие годы И. И. Черняевым и его учениками, а также и другими исследователями, показали, что правило *транс*-влияния не только применимо к комплексным соединениям двух- и четырехвалентной платины, оно справедливо для многих комплексных соединений других металлов.

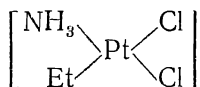
Так было получено действием этилена на хлороплатинат калия ( $\text{K}_2\text{PtCl}_4$ ) комплексное соединение  $\text{K}[\text{PtEtCl}_3]$ , в котором при взаимодействии с аммиаком хлор, находящийся в *транс*-положении к этилену, легко замещается, образуя:



Столь легкое замещение аммиаком хлора, находящегося в *транс*-положении к этилену, обусловлено *транс*-влия-

нием молекулы этилена, которая обладает в данном случае своеобразным катализирующим действием, ослабляя связь между хлором и центральным атомом. В последние годы своей жизни И. И. Черняев приписывал *транс*-влияние (рассматривая его как внутрисферный катализ) всем атомам, молекулам и ионам в комплексных соединениях. Более того, он даже полагал, что и центральный атом может также обладать *транс*-влиянием.

При действии этилена на  $K [PtNH_3Cl_3]$  образуется *цис*-соединение:



Здесь проявляется *транс*-влияние одного из атомов хлора, ослабляющего связь своего соседа по диагонали, на другой атом хлора с центральным атомом.

В дальнейшем одна из учениц И. И. Черняева А. Д. Гельман показала, что повышенным *транс*-влиянием обладают, помимо этилена, также многие ненасыщенные молекулы: пропилен, окись азота, окись углерода и др. (позднее было установлено А. А. Гринбергом, Д. И. Рябчиковым), что фосфорсодержащие заместители и тиосульфатные остатки во внутренней сфере комплексных соединений также проявляют сильное *транс*-влияние.

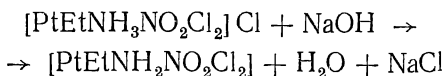
Большой интерес представляют проведенные И. И. Черняевым исследования по изучению комплексных соединений двухвалентной платины с сильными окислителями, такими, как кислород, хлор, азотная кислота, концентрированная серная кислота, перекись водорода. При окислении хлором гидроксиламиновых соединений двухвалентной платины наряду с окислением гидроксилamina происходит замещение хлором одного из заместителей во внутренней сфере, который находится в *транс*-положении к молекуле гидроксилamina, что не противоречит закономерности *транс*-влияния.

Еще более любопытные факты были отмечены И. И. Черняевым при окислении концентрированной азотной кислотой *цис*-диаминдинитросоединений двухвалентной платины.

Азотная кислота производит «нитрование» комплексных соединений с образованием в качестве конечного продукта тринитрита четырехвалентной платины  $[Pt_2A (NO_2)_3NO_3]$ , в котором вновь вступившие во внутреннюю сферу нитро-

и нитрато-группы занимают место на вновь возникшей координате.

На основании этих и других аналогичных наблюдений И. И. Черняев приходит к выводу, что процесс окисления и процесс разрушения молекулы, обычно происходящие в одном и том же месте, здесь разделены пространственно: окисление идет по одной стороне молекулы, а разрушается другая сторона ее. Исследуя этилендиаминовые соединения четырехвалентной платины, он получил ряд оптических антиподов. Детальное изучение показало, что у них наблюдается перемена знака вращения под действием щелочи.



Наряду с переменной знака вращения плоскости поляризации света увеличивается угол вращения и наблюдается аномальная дисперсия. Следует отметить, что обратное превращение амидосоединения под действием кислоты в аммиачное соединение сопровождается и обратным изменением знака вращения и величины угла вращения плоскости поляризации света. И еще одна интересная закономерность, подмеченная в этих опытах,— инверсия знака и угла вращения не зависит ни от природы взятой щелочи, ни от заряда комплексного иона.

Еще в первые годы работы в Платиновом институте И. И. Черняев много внимания уделял методам анализа платины и платиновых металлов. Так, при его участии проведены анализы: самородной платины, рутения, палладия; разработаны методы определения небольших количеств иридия в платине, азота, входящего в состав внутрисферных нитросоединений разных комплексных соединений, и реакции на осмий с тиомочевинной.

Развитие атомной энергетики в нашей стране в послевоенные годы нашло также отклик в научных исследованиях И. И. Черняева. Под его руководством и при непосредственном его участии начали планомерное изучение комплексных соединений актиноидов, причем были вскрыты важные специфические особенности веществ этих элементов. Громадный теоретический и экспериментальный материал, полученный в результате этих исследований, был использован в атомной промышленности.

Посвятив свою жизнь изучению комплексных соединений, И. И. Черняев создал школу химиков-комплексников, ко-

торые успешно развивают идеи своего учителя. Почти 15 лет И. И. Черняев проработал в Платиновом институте Академии наук. После реорганизации института платины в Институт общей и неорганической химии (ИОНХ) он стал заведовать в этом институте отделом комплексных соединений (1934—1941). В 1941 г. И. И. Черняев был назначен директором Института общей и неорганической химии (после смерти академика Н. С. Курнакова).

За свои выдающиеся исследования по химии комплексных соединений он был в 1933 г. избран членом-корреспондентом Академии наук СССР, а в 1943 г. ее действительным членом.

Наряду с плодотворной научной деятельностью И. И. Черняев в течение более сорока лет преподавал неорганическую химию и химию комплексных соединений в различных высших учебных заведениях страны — Ленинградском государственном университете, Московском нефтяном институте им. И. М. Губкина, Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова.

Характерной чертой всей деятельности И. И. Черняева было чуткое и внимательное руководство своими учениками и стремление передать им как можно больше знаний. Научно-педагогическая работа ученого-комплексника была высоко оценена партией и правительством. И. И. Черняев был удостоен Государственной премии, награжден тремя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени и медалями.

Многочисленные ученики И. И. Черняева успешно и плодотворно работают во многих высших учебных заведениях и научных институтах нашей страны, внося свою лепту в развитие химии комплексных соединений и неорганической химии.

## ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Органическая химия как наука возникла в первой половине XIX столетия, однако ее истоки лежат в глубокой древности. Еще в древние времена было известно о спиртовом брожении, о природных органических красителях, таких, как индиго, ализарин, а также о получении уксуса из вина. Алхимики умели уксус превращать в уксусную кислоту и ее соли.

Во времена Ф. Парацельса (1493—1541), который называл себя ятрохимиком (врачом-химиком), исследования были направлены на использование химических веществ в медицине. Уже тогда из растений были выделены летучие эфирные масла, найдены способы получения простого эфира, уксусной кислоты и метилового спирта.

В дальнейшем развитие органической химии связано с использованием аналитических методов, которые помогли выяснить состав органических соединений. Французский ученый А. Лавуазье экспериментально доказал, что вода может быть получена не только сжиганием «горючего» воздуха (водорода), но и спирта и других органических веществ. Он установил также, что при этом образуется вода и двуокись углерода, на основании чего сделал заключение, что органические вещества состоят в основном из углерода и водорода. А. Лавуазье разработал методы для определения состава органических соединений, усовершенствованные затем французскими учеными Ж. Гей-Люссаком и Л. Тенаром (1811). В 30-х годах XIX столетия Ю. Либих (1831) и Ж. Дюма (1830) предложили свой способ количественного определения азота. В результате анализа огромного количества органических соединений растительного и животного происхождения было найдено, что растительные вещества состоят из углерода, кислорода и водорода, а вещества животного происхождения содержат

в своем составе, кроме того, азот, а иногда серу и фосфор. Таким образом, представления о принципиальном различии в составе веществ растительного и животного происхождения отпали.

Впервые термин «органическая химия» встречается в трудах известного шведского химика Я. Берцелиуса, опубликовавшего в 1827 г. «Руководство по органической химии». Я. Берцелиус, как и другие химики того времени, считал, что между неорганическими и органическими соединениями существует различие. В живой природе (растительном и животном мире) элементы подчиняются особым законам, и образование органических веществ происходит с помощью особой «жизненной силы», которая способна синтезировать и воссоздавать вновь то, что разрушается химическими силами. Первый удар по «жизненной силе» был нанесен немецким химиком Ф. Вёлером, получившим при выпаривании водного раствора циановокислого аммония вещество, которое в 1828 г. было признано тождественным мочеvine, продукту жизнедеятельности живых организмов. Вскоре последовали и другие открытия. В 1845 г. немецкий химик Г. Кольбе синтезировал уксусную кислоту, в 1854 г. французский ученый П. Бертло описал синтез веществ из класса жиров, в 1861 г. А. М. Бутлеров искусственно получил сахаристое вещество, названное им метиленитан. Под влиянием этих открытий учение о жизненной силе было химиками отвергнуто.

Развитие промышленного капитализма в начале XIX в. поставило перед органической химией новые задачи, что сказалось на темпах и характере исследований. В связи с этим к середине XIX в. уже накопился огромный фактический материал в области естественных наук, который при существующих воззрениях нельзя было рассмотреть с единой точки зрения, т. е. не было исходных позиций. «Главная работа... заключалась в том, чтобы справиться с имеющимся налицо материалом»<sup>1</sup>. Этими словами Ф. Энгельса можно характеризовать и химию первой половины XIX в.

Состояние органической химии этого периода Ф. Вёлер, в своем письме (1835) к Я. Берцелиусу определил так: «Органическая химия может в настоящее время кого угодно свести с ума, ...она представляется мне дремучим ле-

---

<sup>1</sup> Ф. Энгельс. Диалектика природы. М., Политиздат, 1969, стр. 8.



сом, полным чудесных вещей, огромной чашей, без выхода, без конца, куда не осмеливаешься проникнуть».

Возникла настоятельная необходимость в теории, чтобы найти выход из этой «чаши дремучего леса». Такой попыткой явилась теория радикалов, которая исходила из электрохимической концепции неорганических соединений Я. Берцелиуса. Однако она не в состоянии была объединить имеющиеся факты. Позже Ш. Жерар и О. Лоран предложили рассматривать органические соединения как производные простейших неорганических веществ (путем замещения в них одного или нескольких атомов водорода), которые стали называться «остатками» или радикалами.

Согласно этой теории все органические соединения обладают типическими свойствами тех неорганических веществ, от которых они произошли. Исходя из этого, Ш. Жерар предложил три типа органических соединений:  $\text{H—O—H}$ ,  $\text{R—OH}$ ,  $\text{R—O—R}$  (тип воды);  $\text{NH}_3$ ,  $\text{R—NH}_2$ ,  $\text{R}_2\text{NH}$ ,  $\text{RN}_3$  (тип аммиака);  $\text{RCl}$ ,  $\text{RBr}$  (тип хлористого водорода). Несколько позднее А. Кекуле предложил еще четвертый тип:  $\text{RCH}_3$ ,  $\text{R}_2\text{CH}_2$ ,  $\text{R}_3\text{CH}$  (тип метана).

Теория типов на первом этапе развития органической химии сыграла безусловно положительную роль, главным образом в попытках классификации многочисленных органических соединений. Однако эта теория, имеющая формальный характер, оказалась не в состоянии объяснить новые факты — возникли новые трудности и противоречия, а вновь полученные соединения не подходили ни к одному из этих типов.

Плодотворное влияние на дальнейшее развитие органической химии оказали работы английского химика Э. Франкланда, который в 1852 г. установил правило атомности, или значность, сущность которого сводилась к тому, что один атом данного химического элемента может соединяться только с определенным количеством атомов других элементов. Это правило затем получило название валентности.

В 1857 г. А. Кекуле на основании имеющихся фактов высказал идею о четырехвалентности углерода и о сцеплении его атомов друг с другом. Однако это не помешало А. Кекуле остаться на позициях теории типов Ш. Жерара. Английский химик А. Купер первый решительно отказался от теории типов, он считал, что атомы углерода способны сцепляться друг с другом и это свойство придает соединениям углерода своеобразный характер.

Однако А. Кекуле и А. Купер не пытались выяснить строение молекул органических соединений, связать его со свойствами вещества. Поэтому, несмотря на работы А. Кекуле, А. Купера и других, теория типов была господствующей и органическая химия, по выражению А. М. Бутлерова, оставалась в «неловком положении»: она отставала от все накапливающихся фактов, и в частности не могла объяснить явление изомерии. Выход из этого состояния застоя нашел А. М. Бутлеров. После работ Т. Е. Ловица в России почти до конца XVIII столетия в области органической химии серьезные исследования не проводили. В первой половине XIX в. появляются работы Ю. Ф. Фришше, а затем школы химиков А. А. Воскресенского и Н. Н. Зинина. Особенно успешно органическая химия развивается последующим поколением учеников Зинина — бутлеровской, казанской школы химиков. Они создали новую эпоху в области органической химии.

## ***Александр Михайлович Бутлеров*** **(1828—1886)**

А. М. Бутлеров родился 25 августа 1828 г. в г. Чистополе Казанской губернии. Вскоре он лишился матери и был взят на воспитание родителями отца в деревню Подлесная—Шантали Чистопольского уезда. Воспитание и образование А. М. Бутлеров получил вначале в одном из частных пансионов Казани, затем в первой Казанской гимназии, которую он окончил в 1844 г. В том же году А. М. Бутлеров поступил на естественное отделение физико-математического факультета Казанского университета. В первые годы своей студенческой жизни он увлекался ботаникой и зоологией, а затем под влиянием лекций К. К. Клауса и Н. Н. Зинина решил посвятить себя только химии. В 1849 г. А. М. Бутлеров окончил университет и по предложению К. К. Клауса был оставлен здесь для подготовки к профессорскому званию. После защиты магистерской диссертации (1851) на тему «Об окислении органических соединений» он был зачислен преподавателем Казанского университета. В 1854 г. А. М. Бутлеров защитил в Московском университете докторскую диссертацию на тему «Об эфирных маслах» и в 1857 г. получил годичную командировку за границу, где посетил все лучшие химические лаборатории Германии,

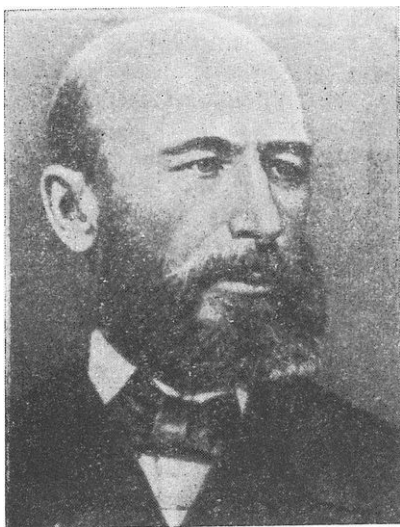


Рис. 26. А. М. Бутлеров.

Франции, Англии, Швейцарии и Италии. В 1861 г. он вновь отправился за границу и на съезде немецких врачей и натуралистов в Шпейере 19 сентября 1861 г. сделал свой знаменитый доклад «О химическом строении веществ». В мае 1868 г. по представлению Д. И. Менделеева А. М. Бутлеров был избран ординарным профессором Петербургского университета. В 1870 г. он стал адъюнктом, в 1871 г. экстраординарным, а в 1874 г. ординарным профессором.

А. М. Бутлеров — один из выдающихся теоретиков

и блестящих экспериментаторов химии. Он является творцом теории химического строения органических соединений. Его научное направление в области органической химии до наших дней служит неиссякаемым источником бесконечного ряда открытий, имеющих в равной мере и теоретическое и практическое значение. А. М. Бутлеров создал знаменитую, известную всему миру, казанскую (бутлеровскую) школу химиков, представители которой (А. М. Зайцев, В. В. Марковников, А. Е. Арбузов, А. Е. Фаворский и др.), продолжая и развивая работы А. М. Бутлерова, утвердили русскую химическую науку как передовую науку в мире.

Ученые пытались проникнуть во внутреннюю взаимосвязь атомов в молекулах органических соединений и создать теорию химического строения этих соединений и в добутлеровский период. Этому вопросу были посвящены многочисленные работы крупнейших и наиболее влиятельных западноевропейских химиков-органиков: А. Кекуле, А. Кольбе, Ш. Вюрца и др. Однако теоретические взгляды этих химиков оказались непоследовательными. Так, А. Кекуле считал, что для одного и того же химического соединения возможно несколько «более развернутых рациональных формул», в зависимости от того, какие химические превра-

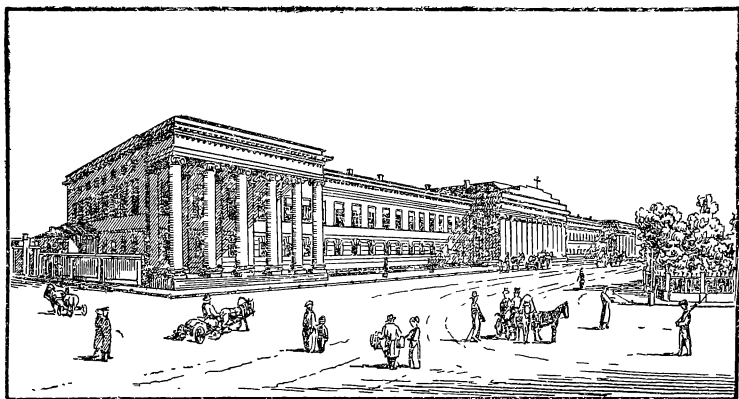
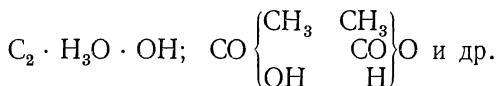
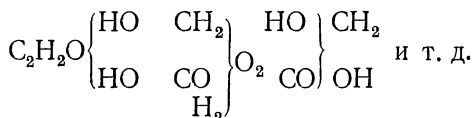


Рис. 27. Главное здание Казанского университета в XIX в.

щения этого соединения они выражают. Уксусная кислота, по мнению А. Кекуле, имеет восемь рациональных формул, которые и передают все возможные ее превращения:



Гликолевая кислота, по его представлениям, также имеет несколько химических формул:



При этом А. Кекуле в формулах химических соединений видел лишь способ выражения химических превращений (реакций), полагая при этом, что эти формулы не могут выражать конструкцию, т. е. расположение атомов в существующих соединениях.

Такая точка зрения в решении практических задач органической химии обуславливалась у А. Кекуле его субъективно идеалистическим отношением к теории. Он считал, что о теории в химии не может быть и речи. Все так называемые теоретические соображения являются соображениями, основанными на вероятности и целесообразности. Аналогичные взгляды о непознаваемости истинной взаимосвязи атомов в молекуле органических соединений высказывали

А. Кольбе, Ш. Вюрц и др. Так, А. Кольбе, считая принципиально невозможным выяснение химического строения молекул, утверждал, что нельзя создать никакого представления о способе взаимной связи элементарных атомов в молекуле и химии вообще никогда не приобретут этого представления. По его мнению, пространственное расположение атомов в химическом соединении останется навсегда скрытым от нашего телесного и духовного взора.

В то время, когда, казалось бы, теоретические представления в органической химии зашли в тупик, А. М. Бутлеров смело решил эту задачу. Он разработал новую теорию химического строения органических соединений, проложив тем самым путь к развитию теоретической органической химии и промышленности органического синтеза.

Свои взгляды на строение химических соединений А. М. Бутлеров впервые изложил в 1861 г. на съезде немецких естествоиспытателей в Шпейере. Он считал, что все 4 единицы валентности углерода совершенно равноценны и пространственно расположены симметрично; атомы углерода могут соединиться друг с другом в любом количестве и, затрачивая на взаимную связь 1, 2 и 3 единицы валентности, образовывать цепи углерода, причем его свободные единицы валентности могут связываться с атомами других элементов и остатками молекул. «Исходя от мысли, что каждый химический атом, входящий в состав тела, принимает участие в образовании этого последнего и действует определенным количеством принадлежащей ему химической силы (сродства), я называю химическим строением распределение этой силы, вследствие которого химические атомы, посредственно или непосредственно влияя друг на друга, соединяются в химическую частицу»<sup>1</sup>.

А. М. Бутлеров впервые в истории органической химии высказал утверждение о том, что на основании изучения химических свойств вещества можно установить его химическое строение и, наоборот, по структурной формуле строения вещества можно судить о химической природе этого вещества и в большинстве случаев предсказать многие его свойства.

...«Химическая натура сложной частицы определяется натурой элементарных составных частей, количеством их и химическим строением... Возьмем грубый пример: пред-

---

<sup>1</sup> А. М. Б у т л е р о в. Избранные работы по органической химии. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 71—72.

положим, что у четырехатомного пая углерода все 4 единицы сродства различны; представим его себе в виде тетраэдра, у которого каждая из 4 плоскостей способна связать один пай водорода. Не имея возможности обозначить каждую плоскость по способу оказываемого ею притяжения, мы тем не менее можем утверждать, что это притяжение различно для каждой плоскости, и можем охарактеризовать это различие, хотя и не знаем, которой из плоскостей принадлежит именно тот или иной способ действия»<sup>1</sup>. И далее: «Если попытаемся теперь определить химическое строение вещества, если нам удастся выразить его нашими формулами, то формулы эти будут, хотя еще не вполне, но до известной степени настоящими рациональными формулами. Для каждого возможна будет в этом смысле лишь одна рациональная формула, и когда сделаются известными общие законы зависимости химических свойств тел от их химического строения, подобная формула будет выражением всех этих свойств»<sup>2</sup>.

Эти положения, высказанные А. М. Бутлеровым, составляют основу всей современной органической химии; в них с предельной ясностью ученый указывает не только на значение теории химического строения, но и на пути ее развития.

В отличие от А. Кекуле, А. Купера и А. Кольбе, претендовавших на приоритет в создании теории строения органических соединений, А. М. Бутлеров считал, что структурные формулы химических соединений могут и должны отражать реальное строение молекул, а не условные, надуманные представления об этих молекулах. А. М. Бутлеров резко критиковал этих ученых за отрицание ими реального значения структурных формул органических соединений. При этом он подчеркивал, что каждая молекула имеет только одно вполне определенное строение и не может совмещать в себе несколько структур. Наряду с этим А. М. Бутлеров указывал, что однозначность строения химической частицы нельзя смешивать со способами, которыми можно выразить это строение на бумаге.

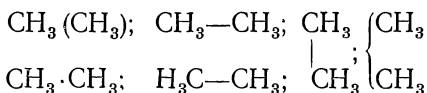
По мнению А. М. Бутлерова, дело не в форме, а в сущности, в понятии, в идее, что формулами, обозначающими изомерию, логически необходимо выражать настоящие частицы, т. е. некоторые химические отношения, в ней суще-

---

<sup>1</sup> А. М. Б у т л е р о в. Избранные работы по органической химии. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 72.

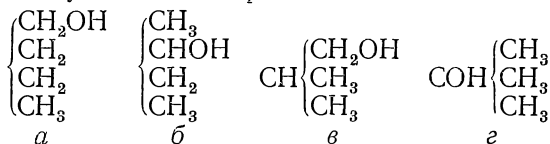
<sup>2</sup> Т а м ж е, стр. 78.

ствующие. Отсюда легко прийти к убеждению, что всякий способ писания может быть хорош, лишь бы только он выражал эти отношения. Естественно даже употреблять разные способы, предпочитая тот, который является более выразительным для данного случая. В качестве примера А. М. Бутлеров приводит этан  $C_2H_6$ , который может быть изображен так:



Дело, очевидно, не в точках, черточках, скобках или горизонтальном и вертикальном расположении знаков. Однако же при недостаточно определенном понимании иной способ записи может привести к недоумениям.

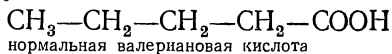
Теоретические взгляды А. М. Бутлерова, изложенные им в 1861 г. в своем докладе, создали твердую и уверенную базу для предсказаний и оценки химической изомерии. Правильность этих взглядов была в дальнейшем подтверждена многочисленными специальными исследованиями. Например, можно было предвидеть существование четырех различных бутиловых спиртов:



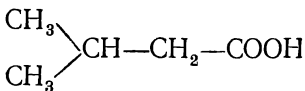
А. М. Бутлеров дал названия этим спиртам: а) нормальный, б) вторичный, в) первичный и г) третичный.

Первым из этой серии спиртов стал известен спирт, открытый в 1852 г. Ш. Вюрцем в сивушном масле и принадлежащий (это было установлено Р. Эрленмейером и В. В. Марковниковым) к первичному изобутиловому спирту (в). Нормальный бутиловый спирт (а) впервые был получен в 1871 г. восстановлением нормальной масляной кислоты. Обработкой эритрита иодистым водородом был получен иодистый бутил; спирт же из иодистого бутила давал при окислении кетон (этилметилкетон), что указывает на принадлежность этого спирта к вторичным, т. е. к бутиловому спирту. Третичный спирт (триметилкарбинол) синтезировал А. М. Бутлеров взаимодействием цинкметила с хлорангидридом уксусной кислоты. В соответствии с правилами изомерии, высказанными в теоретических положениях А. М. Бутлерова, стало возможным существование четырех валериановых кислот

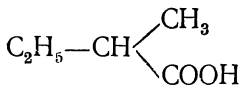
формулы  $C_4H_9COOH$ :



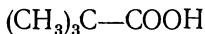
нормальная валериановая кислота



изопропилуксусная (изовалериановая) кислота

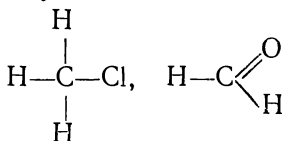


метилэтилуксусная кислота



триметилуксусная кислота

Действительно, эти предсказания также блестяще были подтверждены экспериментами Р. Эрленмейера, который в 1871 г. установил строение первых трех известных в то время кислот; четвертая кислота в 1872 г. была впервые получена А. М. Бутлеровым синтетически из первичного иодистого бутила. Теорию химического строения А. М. Бутлерова нельзя сводить только к представлению о пространственном расположении атомов и распределении связей в молекуле. А. М. Бутлеров неоднократно отмечал, что при изучении строения и свойств химических соединений необходимо учитывать наличие взаимного влияния между отдельными, непосредственно не связанными друг с другом атомами и атомными группами в молекуле. Он по этому поводу писал: «...мы имеем право сказать, что, например, с  $CH_3Cl$  три атома водорода и атом хлора, будучи соединены с углеродом, не соединены непосредственно между собой; в  $CH_2O$  так же водород и кислород соединены с углеродом и не соединены между собой:



Из этого, однако, не следует, чтобы атомы эти вовсе не обнаруживали друг на друга никакого влияния; только это влияние будет влиянием другой категории,— его можно называть взаимным влиянием атомов, непосредственно между собой не соединенных»<sup>1</sup>. Приводя примеры взаимного влияния

<sup>1</sup> А. М. Б у т л е р о в. Избранные работы по органической химии. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 452.



атомов в молекуле (в частности, хлор в хлорангидридах кислот под влиянием кислорода обладает большей подвижностью, чем в хлористых алкилах), А. М. Бутлеров указывал, что при большей разработке такие обобщения, без сомнения, приобретут более твердые основания, более определенный вид и заслужат названия законов.

Закономерность о взаимном влиянии атомов в составе молекул сложного вещества, установленная А. М. Бутлеровым, получила дальнейшее развитие и экспериментальное подтверждение в работах его ученика В. В. Марковникова, защитившего в 1869 г. докторскую диссертацию на тему «Материалы по вопросу о взаимном влиянии атомов в химических соединениях».

Таким образом, основными и фундаментальными положениями теории химического строения, созданной А. М. Бутлеровым, является последовательное, научное обоснование и признание глубокой зависимости химических свойств вещества от химического строения его молекул. Эта теория указывает, что химические свойства веществ позволяют познать строение молекул и, наоборот, на основании химического строения можно предсказать химические свойства веществ.

Характеризуя теорию строения А. М. Бутлерова, Д. И. Менделеев писал: «Он впервые путем изучения химических превращений стремится проникнуть в самую глубь связей, скрепляющих разнообразные элементы в одно целое, признает за каждым из них врожденную способность вступать в известное число соединений и различные свойства приписывает различному способу связи. Никто не приводит этих мыслей так последовательно, как он, хотя они и проглядывали ранее»<sup>1</sup>.

Как учебник «Основы химии» Д. И. Менделеева стал необходимым пособием для химиков, так и книга «Введение к полному изучению органической химии» А. М. Бутлерова, в которой изложены новые взгляды на строение органических соединений, стала руководящей работой по органической химии. В Западной Европе эта книга произвела огромное впечатление и ее влияние надолго предопределило дальнейшее развитие химии углеродистых соединений.

«А. М. Бутлеров,— писал Д. И. Менделеев в 1864 г.,— один из замечательнейших русских ученых. Он русский

---

<sup>1</sup> Журнал Русского физико-химического общества, часть химич., т. 1., вып. 4, 1929, стр. 643—644.

и по ученому образованию, и по оригинальности своих трудов. Ученик знаменитого нашего академика Зинина, он сделался химиком не в чужих краях, а в Казани, где и продолжает развивать самостоятельную химическую школу. Направление ученых трудов А. М. не составляет продолжения или развития идей его предшественников, но принадлежит ему самому. В химии существует бутлеровская школа и бутлеровское направление»<sup>1</sup>.

Трудно что-нибудь прибавить к этой блестящей характеристике.

А. М. Бутлеров прекрасно понимал значение своих работ. Возвратившись из поездки за границу в 1861 г., он писал, что все «...воззрения, встреченные мною в Западной Европе, представляли для меня мало нового. Откинув неуместную здесь ложную скромность, я должен заметить, что воззрения и выводы в последние годы более или менее уже усвоились в казанской лаборатории, не рассчитывавшей на оригинальность: они сделались в ней общим ходячим достоянием и частью введены были в преподавание»<sup>2</sup>.

Интересно отметить, что еще в 1886 г. А. М. Бутлеров высказал смелую для того времени мысль о сложности строения атома и о возможности существования различных видоизменений химических элементов, обладающих различной атомной массой. По его мнению, неделимость атомов относительна, атомы неделимы только потому, что для их разделения в распоряжении химиков нет средств. Неделимость атомов сохраняется в тех химических процессах, которые известны теперь, но они могут быть разделены в новых процессах, которые будут открыты впоследствии. Однако достоверность этой идеи была установлена после открытия катодных лучей (1879) и радиоактивности (1898).

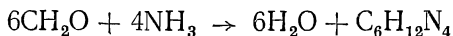
Из числа многочисленных экспериментальных работ А. М. Бутлерова по синтезу и изучению свойств и строения органических соединений следует особо упомянуть его работы по полимеризации и конденсации формальдегида. Изучая свойства и превращения иодистого метилена ( $\text{CH}_2\text{I}_2$ ), А. М. Бутлеров в 1859 г. открыл полимер формальдегида, названный им триоксиметиленом. При взаимодействии его с аммиаком А. М. Бутлеров получает довольно слож-

---

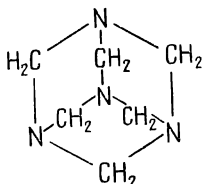
<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Соч., т. 15. М., Изд-во АН СССР, 1949, стр. 595.

<sup>2</sup> А. М. Б у т л е р о в. Избранные работы по органической химии. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 481.

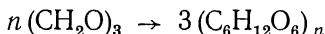
ное вещество — гексаметиленetetрамин, которое до настоящего времени под названием уротропина находит широкое применение в медицине:



Детальные исследования показали, что уротропин имеет следующее строение:



Дальнейшее изучение свойств формальдегида приводит А. М. Бутлерова в 1861 г. к его конденсации (под действием известкового раствора) в сахаристое вещество:



Он назвал данное вещество метилениитаном. Эта работа открыла широкую перспективу для дальнейшего синтеза сахаров из формальдегида. А. М. Бутлеров писал, что получение метилениитана следует рассматривать как факт, имеющий большое значение.

«Как бы то ни было, получение метилениитана является фактом замечательным: это первый пример образования вещества, обладающего свойствами настоящего сахаристого тела, за счет наиболее простых органических соединений и могущего, если принять во внимание весь ряд превращений, исходной точкой для которых является этильный алкоголь, образоваться даже из элементов. Таким образом, это первый полный синтез сахаристого вещества»<sup>1</sup>.

Только советским ученым впервые удалось разработать схему механизма этой сложной реакции, имеющей большое научное и практическое значение.

А. М. Бутлеров, как и Д. И. Менделеев, был сторонником экономического преобразования России и ярким поборником распространения просвещения среди широких масс населения. Особенно плодотворна общественная деятельность его в Вольном экономическом обществе, где в течение многих лет он был его председателем.

<sup>1</sup> А. М. Б у т л е р о в. Избранные работы по органической химии. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 65.

Как и многим передовым ученым XIX в., А. М. Бутлерову не раз приходилось иметь столкновения с чиновничье-бюрократическим режимом дореволюционной России. Он, как академик, выдвинул в действительные члены Российской Академии наук Д. И. Менделеева. После того как немецкая реакционная группировка академии (не без поддержки правительства) провалила эту кандидатуру, А. М. Бутлеров выступил в печати с обличительной статьей «Русская или только императорская Академия наук». Само название этой статьи говорит о ее содержании.

А. М. Бутлеров вошел в историю химической науки как создатель теории строения органических соединений, которая явилась новым этапом в развитии органической химии.

До А. М. Бутлерова органическая химия не имела теоретических основ и не была наукой в полном смысле этого слова. Начало развития органической химии как настоящей науки о молекулах, их свойствах и превращениях связано с именем А. М. Бутлерова, в работах которого теория химического строения получила глубокое научное обоснование и ясную формулировку.

На основе этой теории стал возможным планомерный, направленный органический синтез; это послужило, в свою очередь, толчком к развитию промышленного органического синтеза. Теория химического строения, правильно отражая объективную действительность, открывает неисчерпаемые возможности дальнейшего развития органической химии, что нашло свое выражение в создании стереохимии, учения об обратимой изомеризации и успешном изучении механизма химических реакций. Новые представления, связанные с открытием элементов, с учением о строении атома, с идеями квантовой механики, не зачеркнули этой теории, а, наоборот, углубили ее основные положения: она, как бессмертный периодический закон, развивается в наши дни на основе новейших достижений в области физики и химии.

## *Николай Николаевич Зинин* (1812—1880)

Н. Н. Зинин родился 25 августа 1812 г. в Закавказье, в небольшом уездном городке Шуше. Он рано лишился родителей и остался на попечении двух старших сестер. Вскоре



Рис. 28. Н. Н. Зинин.

в результате эпидемии умерли и сестры; мальчик вынужден был переехать в Саратов к дяде. Здесь он поступает в гимназию. Н. Н. Зинин поражал учителей гимназии своими способностями и прилежанием к наукам. Особенно он проявлял большие успехи по математике и иностранным языкам.

В 1830 г. его принимают на физико-математический факультет Казанского университета. На этом факультете в то время преподавали выдающиеся профессора — математик Н. И. Лобачевский, который был ректором университета;

основатель Казанской обсерватории, астроном И. М. Симон; профессор математики М. Ф. Бартельс. Н. Н. Зинин и здесь, как и в гимназии, поражал своих учителей исключительными способностями. В 1833 г. Н. Н. Зинин окончил университет с золотой медалью за представленное им сочинение «О пертурбациях эллиптического движения планет». После окончания университета он остается в нем преподавателем аналитической механики, гидростатики, гидравлики; затем ему было поручено преподавание астрономии, а потом и химии. Необычайная разносторонность знаний Н. Н. Зинина поражала всех. Так, известный русский врач и общественный деятель Н. А. Белоголовый, характеризуя Н. Н. Зинина, писал: «Зинин решительно ослепил меня своими разнообразными познаниями; не было предмета, о котором заходила речь, где бы он не был дома: химия, минералогия, ботаника, геология, астрономия, физиология и проч. — со всем этим он был знаком весьма, казалось, фундаментально; при этом живость характера, страстность и блеск речи и, наконец, изумительная память — он, например, как двенадцатилетний гимназист старого времени, в состоянии был, не запнувшись, перечислить все города какой-нибудь губернии, процитировать целые

страницы из Хераскова и Шиллера на немецком языке и в переводе Жуковского и проч.— произвели на меня глубокое впечатление. Я положительно не встречал до этих пор в такой мере даровитого человека»<sup>1</sup>.

В 1836 г. Н. Н. Зинин защитил магистерскую диссертацию на тему «О явлениях химического сродства и о превосходстве теории Я. Берцелиуса о постоянных химических пропорциях перед химическою статикою Бертоллета». За эту диссертацию ему было присуждено звание магистра естественных наук.

В следующем 1837 г. Н. Н. Зинин был утвержден адъюнктом химии и затем на три года выехал за границу, где слушал лекции по химии Э. Митчерлиха и Г. Розе (в Берлине), работал в лабораториях Ю. Либиха (в Гиссене) и Пелуза (в Париже), а также посетил виднейшие лаборатории и заводы Англии, Голландии и Бельгии.

В лаборатории Либиха Н. Н. Зинин с большим интересом и энтузиазмом проработал год. Здесь он выполнил одно из своих первых исследований в области изучения производных горько-миндального масла (бензойного альдегида). В сентябре 1840 г. Н. Н. Зинин вернулся в Россию, прежде, чем поехать в Казань, остановился в Петербурге и за короткий срок выдержал словесные и письменные испытания на степень доктора наук, а 30 января 1841 г. защитил докторскую диссертацию на тему «О соединениях бензоила и об открытых новых телах, относящихся к бензоилловому роду».

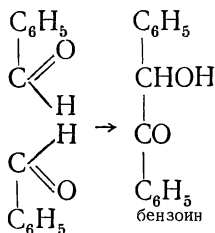
В этой работе он показал метод получения бензоила, заключающийся в действии спиртового или водного раствора цианистого калия на масло горьких миндалей (бензойный альдегид).

После защиты докторской диссертации Н. Н. Зинин выехал в Казань, где получил должность экстраординарного профессора при кафедре химической технологии Казанского университета, заведовал кафедрой тогда профессор К. Клаус, учитель Н. Н. Зинина. В докторской диссертации Н. Н. Зинин разработал метод получения бензоина ( $\alpha$ -кетонспирта) действием спиртового или водного раствора цианистого калия на бензойный альдегид. При этом бензойный альдегид уплотняется и превращается в

---

<sup>1</sup> Цит. по кн.: Н. А. Фигуровский и Ю. И. Соловьев. Николай Николаевич Зинин. М., Изд-во АН СССР, 1957, стр. 92.

бензоин:



Метод, предложенный Н. Н. Зининым 110 лет назад, сохраняет свое значение и до наших дней. В 1847 г. ученого приглашают в Петербургскую медико-хирургическую академию, где он руководил кафедрой химии до 1868 г. В 1858 г. Н. Н. Зинин был избран экстраординарным, а затем ординарным академиком Академии наук.

Большое значение в развитии химической науки в России имела научно-общественная деятельность Н. Н. Зинина, широко развернувшаяся в шестидесятых годах. Он был одним из организаторов Русского химического общества, первым его президентом, непрерывно и бессменно работавшим на этом посту в течение десяти лет. Н. Н. Зинин активно пропагандировал и распространял химические знания среди народа.

Особенно плодотворным оказался казанский период в жизни Н. Н. Зинина. К этому времени при Казанском университете была построена (1834 — 1837) под непосредственным руководством Н. И. Лобачевского химическая лаборатория, которая по своему устройству и оборудованию нисколько не уступала лучшим зарубежным лабораториям. Создание такой лаборатории значительно способствовало научной работе, которую наряду с педагогической деятельностью развернул ученый. Основная исследовательская деятельность Н. Н. Зинина —

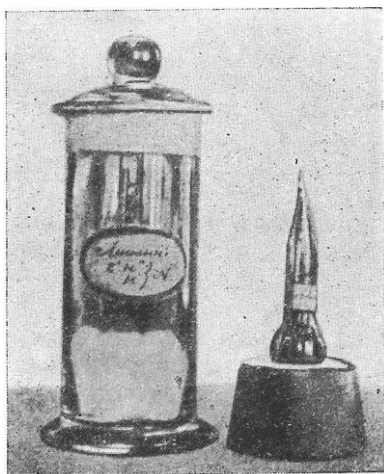
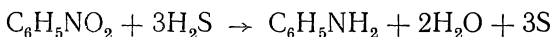
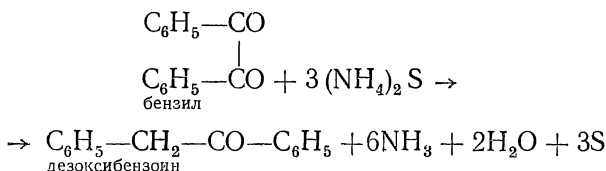
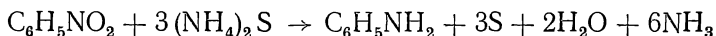


Рис. 29. Ампула с анилином, приготовленным Н. Н. Зининым.

работа над получением новых классов химических соединений путем восстановления и окисления органических веществ. Так, он открыл метод получения аминов и других ароматических соединений, которые являются сырьем для современной анилиноокрасочной промышленности. Способ получения анилина, разработанный в 1862 г. Н. Н. Зининым, доказал возможность синтеза органических веществ. Превращение нитробензола в анилин Н. Н. Зинин осуществил действием сероводорода на нитробензол:



Полученное аминосоединение он назвал бензидамом. Как показали дальнейшие исследования, аналогичным восстановительным эффектом обладает также и сернистый аммоний (1863):

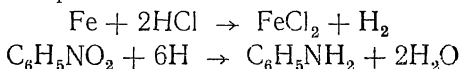


В те же годы, в Петербурге, русский академик, директор завода искусственных минеральных вод Ф. Фрицше в течение многих лет исследовал индиго — высокоценную синюю краску, добываемую из растений. Еще за два года до опытов Н. Н. Зинина с бензидамом Ф. Фрицше, перегоняя индиго с каустиком, обнаружил бесцветную, постепенно темнеющую под действием света и кислорода воздуха жидкость, которую он назвал анилином. Ознакомившись с открытием Н. Н. Зинина, Ф. Фрицше установил, что вещество, полученное казанским профессором синтетически и названное бензидамом, было анилином, который он сам выделил из индиго. Ф. Фрицше немедленно написал Н. Н. Зинину о том, что синтез азотистых органических оснований открывает перспективы для искусственного получения сложных азотистых оснований многих химических соединений, содержащихся в растениях. Реакцию Зинина вскоре оценили химики того времени и применили этот метод для синтеза других нитросоединений.

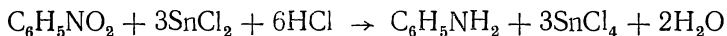
В настоящее время анилин образуется восстановлением нитросоединений в кислой среде с помощью железных



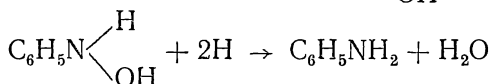
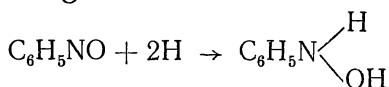
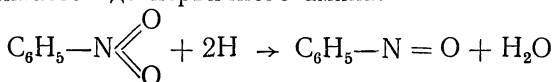
опилок или хлорида олова:



или



Однако, как показали дальнейшие исследования, механизм этого процесса иной, а именно: вначале нитрогруппа ( $\text{NO}_2$ ) нитробензола переходит в нитрозогруппу ( $\text{NO}$ ), затем к полученному при этом нитрозосоединению по месту двойной кислородной связи присоединяется водород, в результате чего образуется фенил гидроксиламин, который далее восстанавливается до первичного амина:



Для восстановления нитросоединений не только для лабораторного эксперимента, но и для технических нужд в настоящее время применяются соли сероводородной кислоты, в частности сульфид натрия. Так получают амины антрахинового ряда.

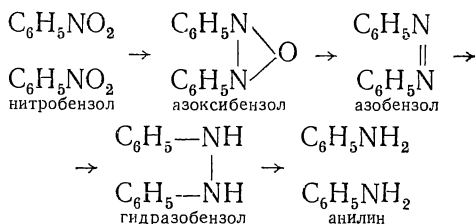
Особенно важен этот способ для ступенчатой реакции, когда требуется провести восстановление одной нитрогруппы в ди- или полинитросоединениях.

Основатель анилиноокрасочной промышленности, известный немецкий ученый А. В. Гофман на заседании Немецкого химического общества 8 марта 1880 г., оценивая значение работ Н. Н. Зинина, заявил, что «если бы Зинин не научил нас ничему более, кроме превращения нитробензола в анилин, то и тогда его имя осталось бы записанным золотыми буквами в историю химии»<sup>1</sup>.

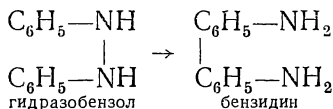
Необходимо отметить, что Н. Н. Зинин восстанавливал нитробензол и в щелочной среде. При этом он впервые получил азоксибензол, а из него последующим восстанов-

<sup>1</sup> Цит. по кн.: Н. А. Фигуровский и Ю. И. Соловьев. Николай Николаевич Зинин. М., Изд-во АН СССР, 1957, стр. 214.

лением — азобензол, гидразобензол и, наконец, анилин:



Если гидразобензол выделить и нагревать с соляной кислотой, то происходит изомерное превращение его в бензидин (диамино дифенил):



Бензидин, как известно, является одним из важнейших продуктов анилинокрасочной промышленности. Таким образом, Н. Н. Зинин осуществил целый ряд превращений нитробензола, которые получили название «реакций Зинина». Восстановление нитробензола, нитронафталина и других ароматических нитросоединений в соответствующие аминопроизводные (анилин, альфанафтиламин и др.) создало базу для развития промышленности красителей, фармацевтического производства, взрывчатых веществ и др. Как и все выдающиеся русские ученые, Н. Н. Зинин принимал деятельное участие в укреплении обороноспособности страны. Он один из первых оценил значение нитроглицерина в качестве взрывчатого вещества и во время Крымской кампании предложил применять его для снаряжения гранат. Он лично, рискуя жизнью, изготовлял гранаты и испытывал их.

А. М. Бутлеров, характеризуя деятельность Н. Н. Зинина, в частности в области получения анилина, писал: «Открытие этого первого общего, методического способа — открытие, составляющее эпоху в изучении органических щелочей, сделано было в 1841 г. Н. Н. Зининым»<sup>1</sup>.

Труды Н. Н. Зинина по органической химии открывают новую блестящую страницу в развитии синтетической химии. В то же время они послужили основой для дальнейших работ его учеников, в числе их был один из гениальных

<sup>1</sup> А. М. Б у т л е р о в. Избранные работы по органической химии. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 509.

русских ученых — А. М. Бутлеров, который преданно любил своего учителя.

Продолжателем работ Н. Н. Зинина и А. М. Бутлерова в области теории органических соединений был профессор Московского университета В. В. Марковников.

### ***Владимир Васильевич Марковников*** **(1838—1904)**

В. В. Марковников родился в деревне Черноречье, в 40 км от Нижнего Новгорода (ныне Горький). Среднее образование получил в Александровском дворянском институте (в Нижнем Новгороде), по окончании которого в 1856 г. поступил в Казанский университет на юридический факультет. Одновременно с этим он слушал курс лекций по органической химии А. М. Бутлерова, проходил практикум в его лаборатории и (с согласия А. М. Бутлерова) издал литографированным путем прослушанный им лекционный материал. По окончании университета В. В. Марковников по представлению своего учителя был оставлен при университете в качестве лаборанта химической лаборатории. В 1862 г. ввиду болезни А. М. Бутлерова он читал лекции по неорганической, а в 1863 г. — по аналитической химии. В 1865 г. В. В. Марковников защитил диссертацию на магистра химии, после чего его командировали на два года за границу. Здесь он работал в лабораториях Р. Эрленмейера, А. Байера и А. Кольбе. В 1867 г. он вернулся в Казань и стал доцентом по кафедре химии. В 1869 г. В. В. Марковников блестяще защитил докторскую диссертацию, в которой по-новому поставил коренные вопросы теоретической химии. В этом же году в связи с отъездом А. М. Бутлерова в Петербург В. В. Марковникова избрали профессором по кафедре химии.

В знак протеста против увольнения профессора П. Ф. Лесгафта<sup>1</sup> он вместе с группой других передовых ученых ушел из Казанского университета. В период 1871—1873 гг. В. В. Марковников был профессором Новороссийского университета (Одесса). В 1873 г. его пригласили в Московский университет, где он работал до конца своей жизни. В. В. Марковников, развивая и углубляя бутлеровское

---

<sup>1</sup> Проф. П. Ф. Лесгафт (1837—1909) — выдающийся русский педагог, анатом и врач, заведующий кафедрой физиологии и анатомии в Казанском университете (1868—1871). В 1871 г. он был уволен из университета за выступления против установления правительственного надзора над университетом.

направление в органической химии, создал знаменитую марковниковскую школу химиков, многие из которой заняли достойное место среди ученых с мировым именем: профессор Киевского политехнического института М. И. Коновалов (1858—1906), академик Н. Я. Демьянов (1861—1938), профессор Томского университета Н. М. Кижнер (1867—1935) и др.

Уже в первых своих работах В. В. Марковников исторически обосновал необходимость новых взглядов на строение органических соединений.

В своей магистерской диссертации «Об изомерии органических соединений» он дал полный обзор и развитие теории строения химических соединений от Я. Берцелиуса до А. М. Бутлерова, сосредоточив главное внимание на явлениях изомерии (экспериментальным материалом для этой работы служили его исследования изомерии жирных кислот).

Получив впервые синтетическим путем изомасляную

кислоту  $\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH} - \text{COOH} \\ \diagdown \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$ , ученый показал, что она изомерна

нормальной масляной кислоте:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ .

Подробно изученная им  $\alpha$ -оксиизомасляная кислота

$\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH} - \text{COOH} \\ \diagdown \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$  оказалась совершенно идентичной «ди-

метилщавелевой», «ацетоновой», «бутиллактиновой» и другим кислотам, считавшимся до этого исследования различными и новыми кислотами. В. В. Марковников показал, что все эти «новые» кислоты представляют собой синтезированную различными методами оксиизомасляную кислоту. Получив и подробно обследовав строение других изомерных кислот и в особенности окси- и броммасляных, а также окси- и



Рис. 30. В. В. Марковников.

бромьантарных, он дал богатейший экспериментальный материал, утверждающий правильность теории строения химических соединений (над проверкой которой в тот период усиленно работал А. М. Бутлеров). В 1869 г. появилась знаменитая докторская диссертация В. В. Марковникова «Материалы по вопросу о взаимном влиянии атомов в органических соединениях», в которой теория строения А. М. Бутлерова получает свое дальнейшее развитие. Как известно, она устанавливала порядок соединения атомов в молекуле. Кроме того, эта теория заставляла предположить, что в сложных молекулах атомы находятся не только в химической связи, но и в постоянном взаимном влиянии друг на друга, оказывающем, в свою очередь, определенное влияние на направление химических реакций, а следовательно, и на порядок расположения атомов в новой молекуле, полученной в результате этих реакций.

В. В. Марковников в своей диссертации писал, что теория строения есть внешний механизм, действие которого направляется и регулируется теорией взаимного влияния атомов. Это есть та внутренняя причина, которая дает смысл всем проявлениям механизма. Рассматривая вопрос о взаимном влиянии атомов в молекуле, В. В. Марковников писал: «Характер элементов в соединениях обуславливается не только элементами, связанными с ними непосредственно, но также и теми, которые удерживаются с ними в одной химической системе только посредством какого-либо многоатомного элемента». При этом он указывал, что в сложных молекулах «влияние какого-либо элемента на другие ослабляется по мере удаления их друг от друга в общей цепи химического действия, удерживающей все элементы в частице, ... таким образом, к качественному и количественному влиянию присоединяется еще влияние различия группировки»<sup>1</sup>.

Наряду с теорией строения теория взаимного влияния, разработанная В. В. Марковниковым, дальше обоснует то, что А. М. Бутлеров назвал правилом взаимного отношения со стороны частей. По В. В. Марковникову эти правила приобретают более широкую формулировку, а именно: «...химическая натура сложного вещества определяется натурой и количеством составных частей, химическим строением его частиц и взаимным влиянием атомов, входящих в эту частицу»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> В. В. Марковников. Материалы по вопросу о взаимном влиянии атомов в органических соединениях. Казань, 1869, стр. 4, 49.

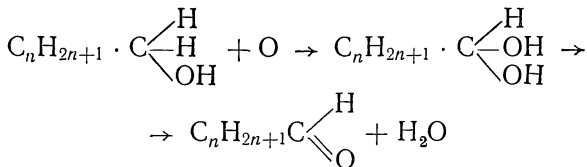
<sup>2</sup> Там же, стр. 62.

Установив общую закономерность взаимного влияния и опираясь на эту закономерность, В. В. Марковников изучил также влияние отдельных элементов, входящих в состав органических молекул, на свойства и направленность химического взаимодействия этих молекул. При этом он на богатом экспериментальном материале обнаружил связь между явлениями замещения атомов в сложных молекулах, выяснил условия закономерностей химического взаимодействия этих молекул и указал направление реакций замещения в них. Наблюдения его в этой области привели к установлению определенных правил, получивших в настоящее время название «правил Марковникова». Наиболее существенные из них правила по реакциям замещения, разложения и присоединения.

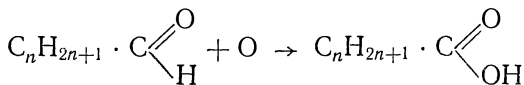
**По реакциям замещения.** *Замещение атомов водорода хлором в различных углеводородах.* Если хлор замещает часть водорода, принадлежащего одному углеродному атому в составе углеводорода, то остальные эквиваленты того же углерода, связанные с оставшимися водородами, получают особенное стремление вступать во взаимодействие с хлором. *Пример.* Хлорирование метана ( $\text{CH}_4$ ) протекает труднее чем хлористого метила ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ), а в хлористом метиле ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) водород замещается хлором труднее, чем в хлороформе ( $\text{CHCl}_3$ ), и легче, чем в хлористом метиле, и т.д.

*Влияние кислорода на свойства атомов водорода замещаться галоидами в кислородсодержащих органических соединениях.* Замещению подвергаются всегда атомы, находящиеся под влиянием кислорода.

**Примеры.** 1. Окисление спиртов происходит всегда у углеродного атома, содержащего гидроксильную группу, т. е. по месту нахождения окисленного углерода

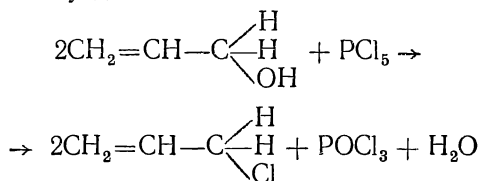


и далее:



2. При хлорировании непредельных спиртов атом хлора замещает прежде всего гидроксильную группу, т. е.

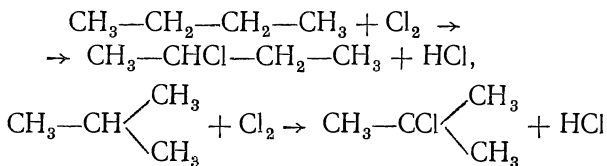
замещает связи у окисленного углерода, а не присоединяется по месту двойной связи.



и т. д.

*Порядок замещения водорода у предельных углеводов.* В предельных углеводородах водороды, принадлежащие углеродным атомам, потратившим часть своего сродства на связь с другими углеродами, легче подвергаются замещению сравнительно с другими.

**Пример.** При хлорировании нормального бутана и *изо*-бутана легче всего происходит замещение хлором тех водородных атомов, которые принадлежат углеродам, связанным с наибольшим количеством других углеродных атомов:



и т. д.

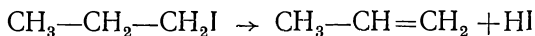
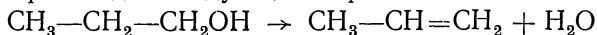
Обобщая указанные три правила взаимного влияния атомов на реакции замещения, В. В. Марковников приходит к общему выводу, что если часть углеродного сродства, занятого водородом, вступает во взаимодействие с другим элементом, преимущественно электроотрицательного характера, то остальное его сродство получает свойство легче взаимодействовать, и притом не только в отношении элемента, заместившего уже водород, но и в отношении ко всем другим элементам. Если же за замещением всего водорода одного углеродного пая оно идет дальше, то из всех других паев углерода, находящегося в частице, замещению подвергается легче всего водород ближайшего углерода.

### **По реакциям разложения и присоединения.**

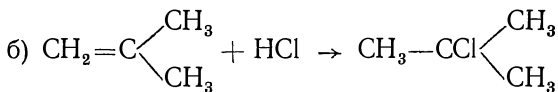
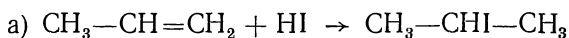
*Выделение водородных и галогидных атомов из состава органических соединений.* С водным остатком в виде воды уходит водород, принадлежащий не тому углеродному атому, с которым был связан гидроксил. То же правило

применяется и к выделению галоидоводородных кислот и галоидных радикалов.

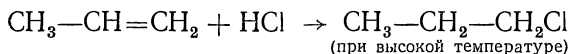
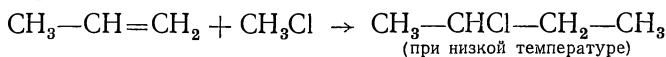
**Пр и м е р.** Отщепление элементов воды от спиртов и элементов галоидоводородных кислот от галоидных алкилов происходит следующим образом:



*Присоединение галоидоводородных кислот и других веществ к непредельным углеводородам:* «Галоид присоединяется к наименее гидрогенизированному углероду, как к такому углероду, который наиболее подвержен влиянию других углеродных атомов, а в случае присоединения хлорноватистой кислоты хлор соединяется с гидрогенизированным углеродом, а гидроксил с менее гидрогенизированными»<sup>1</sup>. **П р и м е р.**



В результате дальнейших исследований химического взаимодействия непредельных углеводородов с предельными соединениями В. В. Марковников в своей статье «О законах образования прямого соединения непредельными органическими частицами» (1876) дает общее правило для реакций присоединения к непредельным частицам. Если непредельная частица  $\text{C}_m\text{H}_n$  соединяется с предельной  $\text{RZ}$ , то при температуре сравнительно низкой отрицательный элемент или группа присоединяется к наименее гидрогенизированному углероду или к углероду, связанному уже с отрицательным элементом (группой); при температуре же более высокой присоединение происходит в обратном направлении. На-пример:



<sup>1</sup> Как показали дальнейшие исследования, это правило соблюдается не всегда (см. ниже интерпретацию «правил Марковникова» с современной точки зрения).



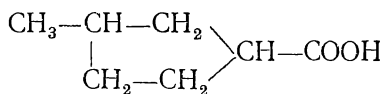
Установив это правило, В. В. Марковников впервые показал, что внешние условия, в частности температура, оказывают большое влияние на ход и направление реакций присоединения. Это дает возможность путем изменения внешних условий, направлять реакции синтеза в желаемую для нас сторону.

Теория взаимного влияния атомов не только объясняет ход многих реакций, но и дает возможность предвидеть их результаты.

«Правила Марковникова» стали известны всему миру химиков и являются дальнейшим развитием и углублением теории строения органических веществ. Можно с полным правом утверждать, что блестящим развитием синтетической химии и органической промышленности мы прежде всего обязаны творцам теории химического строения — А. М. Бутлерову, В. В. Марковникову и их ученикам.

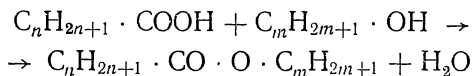
«Правила Марковникова», установленные экспериментально, были обоснованы теоретически взаимным влиянием атомов в составе молекул, как внутренней причиной, которая и обуславливает направленность химических реакций. Согласно современным представлениям об электронном строении атомов и молекул этой внутренней причиной взаимного влияния атомов является их поляризуемость как в процессе возникновения химической связи, так и при воздействии на эту связь внешнего электрического поля (полярных молекул растворителя других, не относящихся к данной связи, электрически заряженных атомов в составе той же молекулы и т. п.).

Научная деятельность В. В. Марковникова не ограничивалась только работами в области теории строения. Он занимался также анализом химического состава кавказской нефти, интересовался развитием нефтяной промышленности, с большой любовью и знанием дела изучал вопрос о происхождении соляных озер на юге России. Он первый ввел в науку термины «нафтены» и «нафтеновые кислоты». Из состава этих нефтей сумел выделить метилцикло-пентанмонокарбоновую кислоту, изучив ее структуру и химические свойства:



Эта кислота кипит при 214—215 °С и обладает запахом, напоминающим валериановую кислоту.

В. В. Марковников применил концентрированную серную кислоту как катализатор при получении сложных эфиров карбоновых кислот:



Большую работу ученый провел во время русско-турецкой войны: он был одним из организаторов и руководителей дезинфекционного дела в Закавказской и Дунайской армиях. Вопросы развития промышленности, использования необъятных природных богатств России интересовали его прежде всего как патриота и ученого — гражданина своего отечества, ратовавшего за создание своей промышленности, независимой от иностранцев.

«Представим себе, — говорит он в актовой речи, произнесенной им в Московском университете в 1879 г., — что Россия вступила в войну со своими западными соседями. Провоз морской и сухопутный как сырых, так и обработанных химико-красильных продуктов совсем прекратится... Мы отказываемся изобразить ту картину бедствия, в котором очутится тогда вся наша промышленность». И далее:

«Чтобы стать твердо на ноги, чтобы рост ее (химической промышленности. — С. Б. и С. Б.) был солиден и прочен, она должна во всех случаях стремиться к переработке отечественного сырья»<sup>1</sup>.

Эти слова с исчерпывающей полнотой характеризуют В. В. Марковникова как патриота своей родины.

К ученым бутлеровской школы по праву относятся достойнейшие ее представители: непосредственный преемник А. М. Бутлерова по кафедре органической химии в Казани профессор Александр Михайлович Зайцев (1841—1910) и профессор Казанского университета, академик Александр Ерминингельдович Арбузов.

Работы А. М. Зайцева по синтезу спиртов и А. Е. Арбузова в области превращения фосфорорганических соединений, структуры эфиров борной кислоты и органического катализа являются классическими в истории химии. «Зайцевские синтезы» или «зайцевские спирты», а также явления «арбузовской изомеризации» имеют громадное значение в химии. Они помогли открыть новые методы органического синтеза.

<sup>1</sup> В. В. Марковников. Избранные работы по органической химии. М., Изд-во АН СССР, 1955, стр. 74.

Одним из наиболее выдающихся учеников и последователей А. М. Бутлерова, развивших идеи своего учителя, является корифей русской и мировой науки А. Е. Фаворский.

## ***Алексей Евграфович Фаворский*** **(1860—1945)**

А. Е. Фаворский, сын священника, родился в 1860 г. в с. Павлово Нижегородской губернии (ныне Горьковской области). Среднее образование получил в Нижегородской, а затем в Вологодской гимназии. В 1878 г. А. Е. Фаворский поступил в Петербургский университет на естественное отделение физико-математического факультета, где в то время читали лекции знаменитые русские ученые: Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров, Н. А. Меншуткин, И. М. Сеченов и В. В. Докучаев.

По окончании университета (1882) А. Е. Фаворский был оставлен лаборантом на кафедре А. М. Бутлерова и всю свою дальнейшую жизнь посвятил научно-педагогической деятельности.

В 1891 г. он защитил диссертацию на степень магистра, а в 1895 — доктора химии, однако только после Октябрьской социалистической революции научное творчество А. Е. Фаворского получило общее признание. Начиная с 1918 г. он выполнял работы в области изомерных превращений ацетиленовых и диэтиленовых углеводородов.

В 1929 г. А. Е. Фаворского избирают действительным членом Академии наук СССР, где он организовал лабораторию органического синтеза. Она впоследствии выросла в Институт органической химии, первым директором которого был А. Е. Фаворский (1934—1938). За выдающиеся заслуги перед родиной А. Е. Фаворский удостоен звания лауреата Государственной премии, награжден четырьмя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени и получил высокое звание Героя Социалистического Труда.

Он руководил кафедрами органической химии в Ленинградском химико-технологическом институте (1899—1945), в Ленинградском университете (1902—1945) и на Высших женских курсах (1902—1918). Основная научная деятельность А. Е. Фаворского протекала главным образом в Ленинградском университете. Исследования его имеют исклю-

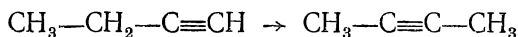
чительно важное теоретическое и практическое значение.

Развивая идеи А. М. Бутлерова и В. В. Марковникова о взаимном влиянии атомов и радикалов, входящих в состав молекул органических соединений, он заложил фундамент развития химии ацетилена и является одним из основоположников химии ненасыщенных соединений. Исходя из теории строения органических соединений, А. Е. Фаворский изучал внутримолекулярные перегруппировки — перемещения атомов и групп внутри

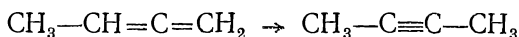
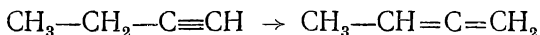


Рис. 31. А. Е. Фаворский.

молекулы органического вещества, казавшейся до этого построенной из устойчивого углеродного скелета. В результате работ А. Е. Фаворского формулы строения веществ приобретают своеобразную динамику, раскрывают явления изомерии и таутомерии, которые были подробно изучены им и его учениками. Научная деятельность А. Е. Фаворского началась с открытия изомерного превращения этилацетилена в диметилацетилен, которое происходит в присутствии спиртового раствора едкого кали при повышенных температурах (170 °C) и давлении в запаянной трубке:

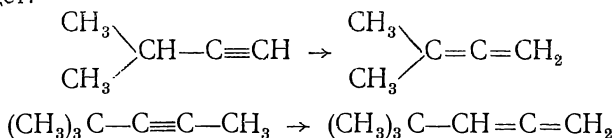


Дальнейшее изучение А. Е. Фаворским изомерного превращения ацетиленовых углеводородов показало, что это превращение происходит через алленовые углеводороды:

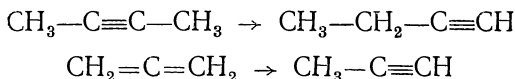


При этом, если замещающими ацетиленистый водород являются не первичные, а вторичные и третичные радикалы,

то это превращение дальше алленовой перегруппировки не идет:



Этими опытами, результаты которых были доложены в 1885 г. на заседании Русского физико-химического общества, А. Е. Фаворский впервые показал возможность в зависимости от условий производить превращения однозамещенных ацетиленовых углеводородов в двузамещенные, а последних — в алленовые углеводороды. Изучая реакции изомеризации углеводородов ацетиленового ряда, А. Е. Фаворский сделал и другое важное открытие (1886) — превращение двузамещенных (симметричных) ацетиленовых углеводородов и алленов в однозамещенные (несимметричные) ацетиленовые углеводороды (при нагревании, в присутствии металлического натрия):

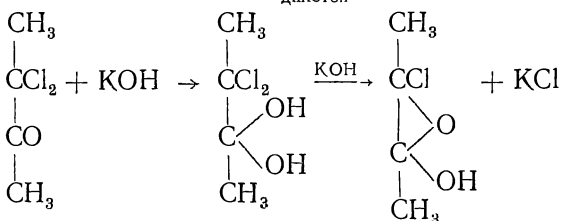
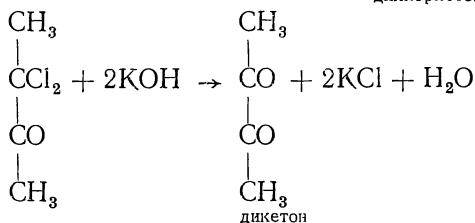
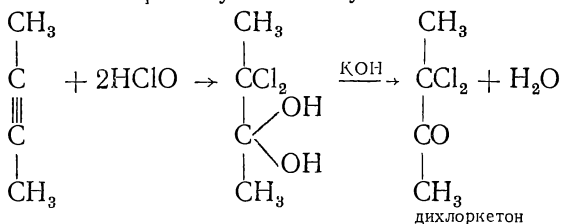


Эти исследования легли в основу диссертации А. Е. Фаворского на степень магистра химии на тему «По вопросу о механизме изомеризации в рядах непредельных углеводородов» (1891); они явились началом широкого изучения свойств углеводородов непредельного ряда и в дальнейшем послужили теоретической основой синтеза каучука и терпенов, получения пластмасс, пиролиза нефти и т. п. Эти исследования А. Е. Фаворского стали фундаментом дальнейшего развития теории строения органических соединений.

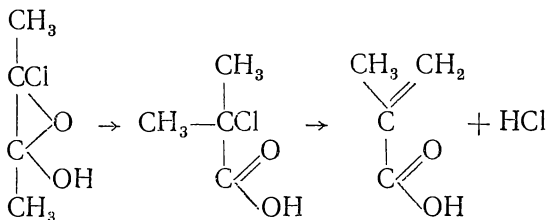
Изучая действие хлорноватистой кислоты, а затем щелочей на ацетиленовые и алленовые углеводороды, А. Е. Фаворский обнаружил, что, кроме ожидаемых дикетонов и хинонов, здесь образуются новые продукты — кислоты алленового ряда. При этом происходит своеобразный внутримолекулярный окислительно-восстановительный процесс и перестройка углеродного скелета молекулы.

Так, при действии на диметилацетилен хлорноватистой кислоты получается дихлоркетон. При обработке его едким кали образуется соединение, легко дающее (с выделением KCl) нестойкую окись. Эта окись изомеризуется в хлоризомасляную кислоту, которая, отщепляя HCl, пре-

вращается в метакриловую кислоту:



и далее



Аналогичные превращения с изменением числа циклов претерпевают и циклические хлоркетоны.

Открытый А. Е. Фаворским новый вид изомеризации способствовал превращению (хлорированием) спиртов и кетонов в карбоновые кислоты, послужил основой для синтеза каучука, терпенов, органического стекла и других продуктов полимеризации. Эти работы по исследованию свойств непредельных углеводородов ученый обобщил в докторской диссертации и опубликовал в виде монографии под названием «Исследования изомерных превращений

в рядах карбонильных соединений, охлоренных спиртов и галоидозамещенных окисей» (1895).

Все работы А. Е. Фаворского по изомерным превращениям ацетиленовых углеводов принесли ему мировую известность. Дальнейшая научная деятельность А. Е. Фаворского и школы его последователей была посвящена изучению изомерных превращений в зависимости от различных условий и тем самым более детально рассмотрению механизма химических реакций, выяснению природы химического сродства и строения органических соединений. В явлениях изомерных превращений А. Е. Фаворский видел особую ценность для выяснения взаимного влияния атомов и радикалов, а также для развития учения о валентности и сродстве. Он использовал так называемую «теорию натяжений»<sup>1</sup> А. Байера, согласно которой между атомами в молекулах органического соединения существует «натяжение». Это «натяжение» (напряжение) ослабляет отдельные связи между атомами, вызывая тем самым процесс изомеризации молекулы. Оно возрастает при переходе от первичных к вторичным и третичным радикалам. В соединениях с открытой цепью простая связь имеет большее напряжение между углеродными атомами, чем двойная, а двойная — большее, чем тройная; в циклических соединениях, наоборот, двойная связь вызывает увеличение напряжения между атомами. В молекулах с разветвленной цепью напряжение больше, чем в молекулах с прямой цепью, а отсюда, оно наибольшее у четвертичного углерода. Согласно этой теории при большом числе боковых цепей молекула становится малоустойчивой.

Развивая теорию напряжений и проявляя при этом значительный интерес к вопросам стереохимии, А. Е. Фаворский в своих работах по изучению алициклических превращений выявил некоторые закономерности в возможности существования тройной связи в составе замкнутой цепи циклических углеводов. При этом им был установлен так называемый «запрет Фаворского», согласно которому в пяти-, шести- и семичленных циклах ацетиленовая связь существовать не может.

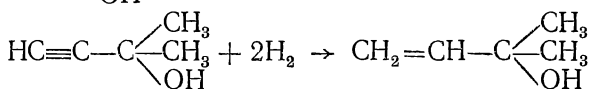
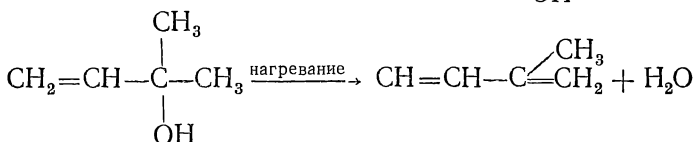
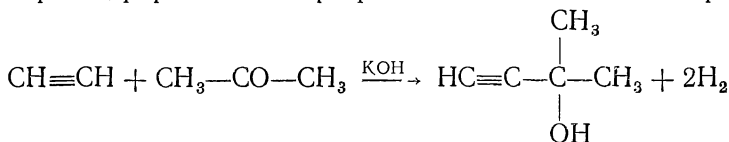
При дальнейшей разработке теоретических вопросов изомеризации А. Е. Фаворский все случаи изомерных превращений разбивает на три группы: превращения с выделением воды, с присоединением воды и с сохранением состава

---

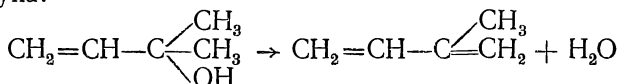
<sup>1</sup> Эту теорию называют также «теорией напряжения».

исходного вещества. Теоретические взгляды его давали возможность предсказывать свойства тех или иных соединений и направленность химических реакций. Так, он предсказал свойство циклопропана превращаться в аллилен и аллен.

Особенно большое научное и практическое значение имеют работы А. Е. Фаворского по изучению взаимодействия ацетилена и однозамещенных ацетиленовых углеводородов ( $R-C \equiv CH$ ) с кетонами. При этом им было показано, что в присутствии порошкообразного едкого кали реакционная способность ацетилена значительно активизируется. Это привело А. Е. Фаворского к открытию нового метода синтеза третичных алленовых спиртов (1900—1905), которые в настоящее время используются в качестве исходных веществ при получении важнейших промышленных продуктов органического синтеза. Например, при конденсации ацетилена с ацетоном по методу Фаворского<sup>1</sup> образуется ацетиленовый спирт, который при нагревании отщепляет молекулу воды, переходя при этом в ацетилен-алленовый углеводород, а при гидрировании — превращается в алленовый спирт:



Алленовый спирт, аналогично ацетиленовому спирту, также отщепляет воду и переходит в изопрен, который служит сырьем для получения синтетического (изопренового) каучука:

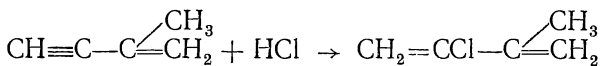


Алленацетиленовый же углеводород при взаимодействии с хлористым водородом образует хлоропрен, который

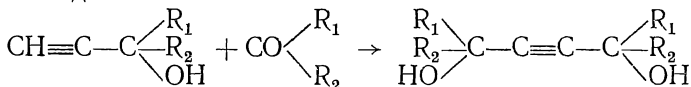
<sup>1</sup> Эта реакция практически была осуществлена А. Е. Фаворским.



при полимеризации дает хлоропреновый каучук:

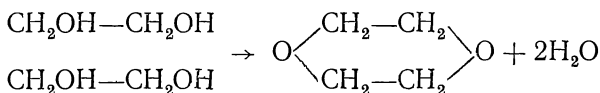


Открытая А. Е. Фаворским реакция алкинольного синтеза<sup>1</sup> и далее



послужила в дальнейшем основой для получения большого количества новых соединений, из которых многие приобрели огромное народнохозяйственное значение. Ученики А. Е. Фаворского, применяя эту реакцию к винилацетилену, изучали переход от него к олефиновым, диолефиновым, предельным, алициклическим и ароматическим соединениям, создав, таким образом, новую область знаний в органической химии — химию винилацетилена.

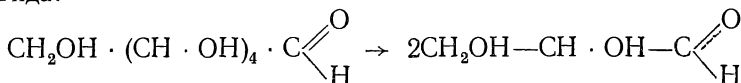
Рассматривая бромгидрины одно- и двухатомных спиртов, А. Е. Фаворский впервые установил обратимость их изомеризации и в результате этих исследований разработал метод получения диэтиленового эфира (1,4-диоксана), который в настоящее время промышленностью синтезируется в больших количествах путем нагревания подкисленного серной кислотой этиленгликоля:



Диоксан используется в технике как растворитель.

Распространив свои теоретические взгляды на биологические процессы, А. Е. Фаворский разработал новую, оригинальную схему спиртового брожения, которая подробно освещена в его учебнике «Курс органической химии». Схема этого процесса, по А. Е. Фаворскому, сводится к следующему.

Под влиянием фермента, вырабатываемого дрожжами, глюкоза распадается на две частицы глицеринового альдегида:



<sup>1</sup> Эти синтезы осуществляются под влиянием порошкообразного едкого кали, или амида натрия, или других катализаторов.

Глицериновый же альдегид, отщепляя воду, образует метилглиоксаль  $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{C} \begin{smallmatrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{smallmatrix}$ , который под влиянием того же

фермента вместе с альдегидом претерпевает одновременное восстановление и окисление, давая глицерин и пировиноградную кислоту.

Далее пировиноградная кислота разлагается с образованием угольного ангидрида и уксусного альдегида, который в свою очередь с метилглиоксалем дает этиловый спирт и пировиноградную кислоту. Помимо исключительного теоретического интереса, работы А. Е. Фаворского имели и большое практическое значение. Они позволили осуществить промышленное производство продуктов первостепенного народнохозяйственного значения: пластмасс, синтетического каучука и волокон, органического (небьющегося) стекла, склеивающих препаратов и т. п.

А. Е. Фаворский создал одну из самых крупных школ советских химиков. Его ученики С. В. Лебедев, А. Е. Порай-Кошиц, Ю. С. Залькинд, В. Н. Ипатьев, И. Н. Назаров, М. Ф. Шостаковский и другие (еще при жизни своего учителя) заняли ведущее место среди ученых в области органической химии. Особо выдающуюся роль в развитии органической химии и химической промышленности сыграл один из наиболее выдающихся его учеников — академик С. В. Лебедев (1874—1934).

## ***Сергей Васильевич Лебедев***

***(1874—1934)***

С. В. Лебедев родился в июле 1874 г. в г. Люблине. После смерти отца, когда Лебедеву было 8 лет, семья переехала в Варшаву, где он окончил гимназию. По окончании гимназии в 1895 г. он поступил на физико-математический факультет Петербургского университета, который в 1900 г. окончил с дипломом I степени.

Со второго курса С. В. Лебедев начинает специализироваться в области органической химии под руководством академика А. Е. Фаворского. Первой его научной работой является статья «Исследование трихлорортометаксифенилкарбинола».



Рис. 32. С. В. Лебедев.

По окончании университета он работает при Институте инженеров путей сообщения, где занимается исследованием химических и механических свойств рельсовой стали. Работы его получили блестящую оценку: С. В. Лебедев был награжден золотой медалью.

В 1902 г. его зачислили лаборантом Петербургского университета по кафедре аналитической и технической химии.

После заграничной командировки в 1906 г. он приступил вновь к работе в лаборатории А. Е. Фаворского, по совету ко-

торого занимался изучением полимеризации непредельных соединений. В результате шестилетнего упорного труда по полимеризации углеводов он опубликовал классическую монографию «Исследование в области полимеризации диолефиновых углеводов», которая явилась его магистерской диссертацией.

В 1913 г., после защиты магистерской диссертации, он избирается приват-доцентом Петербургского университета и профессором Неврологического института, а в 1915 г. — профессором органической химии Женского педагогического института. В 1917 г. С. В. Лебедев избирается профессором Военно-медицинской академии. На этом посту он оставался до самой смерти.

За исследования в области полимеризации углеводов в 1928 г. С. В. Лебедев избирается членом-корреспондентом Академии наук, а в 1932 г. действительным членом Академии наук.

В Академии наук С. В. Лебедев организовал лабораторию высокомолекулярных соединений и синтетического каучука, которую он возглавлял до конца своей жизни.

За особо выдающиеся заслуги по разрешению проблемы получения синтетического каучука в 1931 г. правительством

Советского Союза С. В. Лебедев был награжден орденом Ленина.

Научная деятельность С. В. Лебедева многогранна. Еще в лаборатории А. Е. Фаворского он заинтересовался изучением непредельных соединений, той областью органической химии, которая получила широкое развитие в трудах русской химической школы и особенно в работах А. М. Бутлерова.

Теоретические исследования в области полимеризации двуэтиленовых углеводородов были необходимой предпосылкой для решения такой важной народнохозяйственной проблемы, как промышленный синтез каучука, блестящее решение которой было предложено и осуществлено С. В. Лебедевым.

Проблема искусственного получения каучукоподобных продуктов особенно остро встала в первую мировую войну, когда многие страны, в частности Германия, были лишены возможности получения натурального каучука. С развитием самолетостроения, автомобильной промышленности и других видов промышленного производства, требующих колоссального количества продуктов из каучука, эта потребность не могла быть удовлетворена каучуконосными растениями. Поэтому в ряде стран за период 1900—1930 гг. проведены многочисленные исследования по разрешению этого вопроса путем искусственного получения каучукоподобных продуктов, так называемого синтетического каучука. Решающую роль в этой работе сыграли русские и советские ученые — А. Е. Фаворский, Б. В. Бызов, И. И. Остромысленский. Практическое осуществление, доведенное до технического производства каучука, было выполнено С. В. Лебедевым.

Под синтетическим каучуком принято понимать продукт хотя и не тождественный в химическом и структурном отношении натуральному каучуку, но обладающий присущими последнему технически ценными свойствами.

Синтетический каучук может быть с успехом применен при изготовлении резиновых изделий вместо натурального, а в некоторых случаях он дает такие ценные свойства, которые отсутствуют в натуральном каучуке. Исходя из этого, С. В. Лебедев и выполнил работу по синтезу каучука. Характеризуя проблему синтеза каучука, он писал, что химия синтетического каучука сейчас достаточно определенно намечает пути своего дальнейшего развития. Если до недавнего времени стремилась она к тому, чтобы

синтетический каучук возможно точнее копировал свойства природного каучука, то в настоящее время задача ставится значительно шире. Всякая новая форма синтетического каучука приносит новый комплекс свойств, которых нет ни у природного, ни у других синтетических каучуков. Способностью превращаться в высокомолекулярные полимеры, обладающие признаками природного каучука (эластичностью, способностью вулканизоваться горячим и холодным способом), отличаются многие вещества.

К началу работ С. В. Лебедева, относящихся к получению каучука, была установлена генетическая связь между изопреном и натуральным каучуком и химическая структура изопрена, а также были сделаны наблюдения о способности изопрена полимеризоваться с образованием каучукоподобных продуктов. Занимаясь этой проблемой, С. В. Лебедев подробно изучил полимеризацию 16 углеводородов ряда дивинила и нескольких производных ряда аллена. Он не ограничился только простой констатацией способности того или иного углеводорода полимеризоваться, но занимался изучением строения полученных полимеров, кинетикой этого процесса. Он впервые установил, что при полимеризации углеводородов ряда дивинила идут два самостоятельных процесса: образование циклических димеров и образование каучукоподобных полимеров.

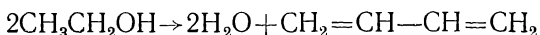
В результате изучения механизма полимеризации соединений типа дивинила он устанавливает следующие закономерности полимеризации: температура играет важную роль при образовании полимерной и димерной форм. С повышением температуры количество димера растет, а полимера — уменьшается. Это правило имеет особо важное значение, так как дает возможность выбрать такие условия, при которых процесс полимеризации протекает при наиболее низких температурах.

Второе правило С. В. Лебедева касается вопроса установления зависимости между скоростью полимеризации и строением исходного мономера. Он сформулировал его так: «В рядах изомеров при перемещении заместителя от крайних атомов сопряженной системы к средним скорость полимеризации возрастает, при обратном перемещении она убывает. Образование кольца цепью, имеющей сопряженную систему, повышает скорость полимеризации».

В гомологическом ряду увеличение массы заместителей при средних атомах сопряженной системы повышает, а увеличение массы заместителей при крайних атомах понижает

скорость полимеризации, если нагревание вести при соответственных температурах.

Это второе правило также имеет большое практическое значение, так как позволяет предсказывать относительную скорость полимеризации того или иного дивинила. Таким образом, подробное и всестороннее изучение процесса полимеризации позволило С. В. Лебедеву найти исходный продукт для синтеза каучука. В качестве такого продукта С. В. Лебедев брал этиловый спирт, из которого он получал дивинил:



По данным С. В. Лебедева, выход дивинила при этом получается до 20%. Процесс идет при пропускании паров спирта над смесью соответствующих катализаторов при 400—450 °С. Получаемый продукт — дивинил — является газом с температурой кипения 4 °С. Он может быть получен также и при сухой перегонке различных веществ, в том числе нефти и каменного угля.

Однако простейшим методом получения дивинила является метод, предложенный С. В. Лебедевым, как уже указывалось, заключающийся в пропускании паров этилового спирта над нагретым катализатором.

В 1925 г. XV съезд партии принял грандиозную программу индустриализации страны, программу создания своей отечественной машиностроительной промышленности, программу борьбы за полную независимость Советского Союза от капиталистических стран. Немаловажное место в реализации этой программы занимал вопрос об источниках сырья для резиновой промышленности.

Решая эту задачу, в 1926 г. Высший совет народного хозяйства объявил всемирный конкурс на лучший способ получения синтетического каучука. Срок конкурса был весьма короткий, а условия жесткие. Сырьем для получения каучука должны были служить материалы отечественного происхождения, а самый синтез должен быть максимально прост, дешев и пригоден в крупном заводском масштабе. Стоимость полученного искусственного каучука не должна превышать цены натурального каучука на мировом рынке, качество продуктов из каучука должно соответствовать продуктам из натурального каучука и каучук в количестве 1 кг должен быть представлен к 1 января 1928 г. В этом конкурсе принял участие и

С. В. Лебедев с небольшой группой своих учеников. К назначенному сроку он представил описание разработанного им способа получения синтетического каучука, исходя из широко доступного этилового спирта. За день до срока конкурса С. В. Лебедев представил 2 кг синтезированного им в лаборатории каучука. Предложенный С. В. Лебедевым способ синтеза каучука был положен в основу промышленного получения каучука у нас, а за последнее время и во всем мире.

Начиная с 1928 г. в Ленинграде на опытных установках проводится освоение предложенного С. В. Лебедевым метода получения синтетического каучука.

Под непосредственным наблюдением С. М. Кирова, а также при непрестанной заботе и контроле со стороны партии и правительства в короткие сроки были пущены два опытных завода.

Советские ученые, и в первую очередь С. В. Лебедев и его школа, блестяще разрешили эту задачу. Через несколько лет промышленность синтетического каучука, созданная на основе работ советских ученых, полностью удовлетворяла потребность страны в этом продукте.

Разработанный С. В. Лебедевым метод получения дивинила, исходного сырья для синтетического каучука, из спирта отличается простотой и оригинальностью по сравнению с другими способами.

Заслуга С. В. Лебедева заключается в том, что он решил эту задачу совершенно по-новому, самым простым путем, предложив ввести одновременно дегидратацию и дегидрогенизацию спирта на смешанном катализаторе.

В результате упорных поисков С. В. Лебедеву удалось получить смешанный катализатор, который давал дивинил из спирта с достаточно высоким выходом.

Метод С. В. Лебедева по своей простоте и эффективности является классическим.

С. В. Лебедев не ограничивался только промышленным оформлением процесса синтеза каучука, но дал ему подробное и теоретическое обоснование, тщательно изучив механизм этого процесса. Вся научная деятельность его является образцом повседневной связи ученого с промышленностью. В своей лаборатории, наряду с проведением теоретических работ, он тщательно изучает технические свойства каучука и находит способ повышения прочности резины из синтетического каучука путем применения активных наполнителей.

С. В. Лебедев выполняет большой цикл исследований по каталитической полимеризации этиленовых углеводородов силикатами, что явилось основой для применения изобутилена как исходного сырья для получения новых каучукоподобных полимеров. Он детально изучает процесс полимеризации изобутилена и деполимеризации его полимерных форм, а также показывает, что для получения высокомолекулярных продуктов необходимо проводить процесс при низких температурах. Так, изучая процесс при температуре до  $-125^{\circ}\text{C}$ , он получил полимеры со средней молекулярной массой 8000.

Кроме разработки промышленного метода получения синтетического каучука и изготовления из него резиновых изделий, С. В. Лебедев много работает в области получения загустителей смазочных масел, что позволяет некоторые фракции нефти превращать в высоковязкие авиационные смазочные масла. Труды С. В. Лебедева занимают выдающееся место в развитии органического синтеза, являются образцом непосредственной связи науки и практики.

Развитие современной промышленности органического синтеза многим обязано также одному из известных ученых XIX—XX вв., профессору Петербургского земледельческого института М. Г. Кучерову.

## ***Михаил Григорьевич Кучеров*** ***(1850—1911)***

М. Г. Кучеров — один из выдающихся русских исследователей в области органического синтеза, основоположник технического использования ацетилена в качестве исходного продукта для промышленного получения многочисленных химических продуктов.

М. В. Кучеров родился 22 мая 1850 г. Начальное обучение он получил в кадетском корпусе, а затем учился в артиллерийском училище. Не закончив военного образования, он поступил в Петербургский земледельческий институт (ныне Лесотехническая академия), который окончил в 1871 г. Научную работу он начал в химической лаборатории проф. Н. Н. Соколова.

Вследствие того что М. Г. Кучеров был связан со студенческими революционными кружками, он только через 20 лет со дня начала научной деятельности был утвержден до-





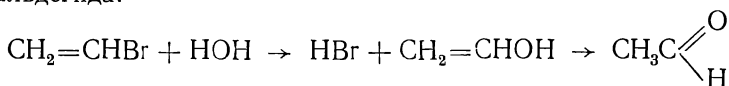
Рис. 33. М. Г. Кучеров.

центом, а в 1902 г. исполняющим обязанности сверхштатного (экстраординарного) профессора.

Несмотря на свои выдающиеся научные заслуги, М. Г. Кучеров так и не получил звания ординарного профессора и других ученых званий. По тем же, видимо, причинам работы М. Г. Кучерова в условиях царской России не были оценены по достоинству и его открытия не нашли на родине практического применения.

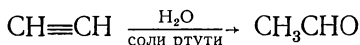
Научные исследования М. Г. Кучерова относятся главным образом к реакции между соединением

ртути и углеводородом ряда ацетилена. Поводом к этому послужила работа А. М. Зайцева, показавшего, что взаимодействие бромистого винила с влажной уксусной ртутью ведет в конечном результате к образованию уксусного альдегида:



Широко поставленные исследования М. Г. Кучерова с бромистым винилом показали, что бромистый винил с галоидом, стоящим у углерода с кратной связью, значительно отличается высокой прочностью связи углерода с галоидом от галоидалкилов с галоидом, стоящим у углерода с простой связью.

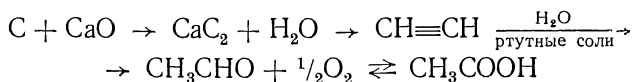
М. Г. Кучеров предположил, что бромистый винил диссоциирует на бромистый водород и ацетилен, который под влиянием ртутных солей присоединяет воду, что схематически можно представить уравнением реакции:



Опыты по гидратации чистого ацетилена в присутствии ртутных солей блестяще подтвердили это предположение.

Уксусный альдегид окисляется в дальнейшем кислородом воздуха в уксусную кислоту. Исходным продуктом для получения уксусной кислоты по методу М. Г. Кучерова является окись кальция, которая при нагревании с углем дает карбид кальция, разлагающийся при действии воды с выделением ацетилена.

Весь процесс можно представить следующим образом:



Открытая М. Г. Кучеровым реакция получила дальнейшее развитие в работе его известного современника А. Е. Фаворского, который в 1888 г. показал, что в присутствии плавленного едкого кали к ацетилену можно присоединять также и спирты. При этом образующиеся простые эфиры винилового спирта устойчивы в щелочной и нейтральной средах. В кислой среде они гидролизуются с регенерацией исходного спирта и образованием уксусного альдегида.

Реакция Фаворского за последнее время получила широкое применение и начинает конкурировать с реакцией Кучерова в качестве нового промышленного метода производства уксусного альдегида. Исследования были оценены, как выдающееся событие в области теоретической химии. М. Г. Кучерову Русским физико-химическим обществом в 1885 г. была присуждена премия имени Н. Н. Соколова «За открытие и исследования реакций между соединениями ртути и углеводородами ацетиленового ряда».

Реакция Кучерова долгое время не находила промышленного применения. И только в 1914 г. в Канаде была построена первая установка для гидратации ацетилена по Кучерову.

Значительная задержка в практической реализации открытия М. Г. Кучерова объясняется отчасти тем, что не было разработано дешевого промышленного метода получения карбида кальция. И только в начале XX столетия, когда было налажено промышленное производство карбида кальция, стало возможным и использование реакции Кучерова.

Сам М. Г. Кучеров прекрасно понимал огромное значение своего открытия для ближайшего будущего и поэтому неустанно продолжал трудиться в этой области.

В одной из своих последних работ, относящихся к 1909 г., он показывает, что гидратация ацетилена, а также гидрата-

ция изопропилацетилена может быть осуществлена не только в присутствии ртутных солей, но и при более высокой температуре в присутствии магниевых, цинковых и кадмиевых солей галогеноводородных кислот или уксусной кислоты. Это исследование послужило основанием для осуществления в присутствии цинковых и кадмиевых солей присоединения к ацетилену фенола. Продукты конденсации, в частности третичнобутилфенола с ацетиленом, используются в качестве сырья для производства лаков.

Реакция Кучерова в настоящее время осуществляется в промышленных масштабах во всех странах мира для получения уксусной кислоты и уксусного альдегида, этилового спирта, бутанола и др. Успеху широкого использования реакции Кучерова способствовало снижение себестоимости ацетилена за счет получения его крекингом метана и его гомологов, которые находятся в отходящих газах заводов гидрирования угля.

Применение реакции Кучерова в Советском Союзе было осуществлено в первые годы пятилеток. Особенно в больших масштабах она применяется у нас для производства уксусной кислоты, уксусного альдегида, синтетического каучука после Великой Отечественной войны.

Таким образом, исследования М. Г. Кучерова явились основой для развития важнейших отраслей современной промышленности.

## *Николай Дмитриевич Зелинский* (1861—1953)

Николай Дмитриевич Зелинский родился в 1861 г. в Тирасполе. Прадед его со стороны матери был турок, взятый в плен войсками Суворова в 1790 г. при штурме города Измаила, получивший фамилию Васильева. В раннем возрасте Н. Д. Зелинский лишился отца и матери. Воспитанием его занялась родная бабушка М. П. Васильева, очень культурная, с большим сочувствием относившаяся к реформам 60-х годов. Ее взгляды, ее влияние сильно сказались на формировании молодого Н. Д. Зелинского. Начальное образование он получил дома, а затем в уездном училище города Тирасполя и, наконец, в одесской гимназии Ришелье. По окончании гимназии Н. Д. Зелинский поступил на естественно-историческое отделение физико-математического факультета Новороссийского университета.

Уже в студенческие годы он начинает под руководством профессора П. Г. Меликова вести научную работу. Его первая работа «О продукте присоединения метиламина к  $\beta$ -метилглицидной кислоте» была опубликована в журнале Русского физико-химического общества в 1884 г. Его исследования в студенческие годы среди товарищей и руководителей оставили неизгладимый след лучших воспоминаний молодости. В 1884 г. Н. Д. Зелинский окончил университет и был командирован за границу для продолжения своей научной деятельности в области органической химии.

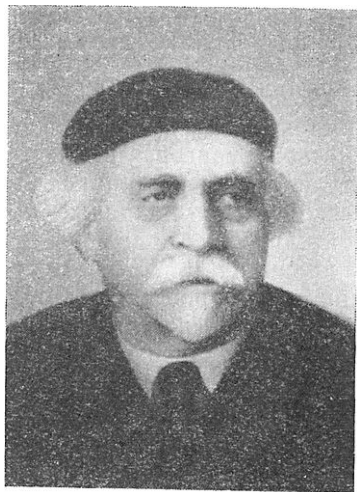
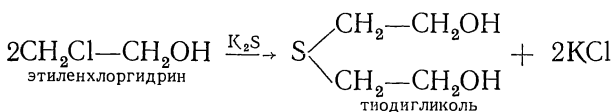
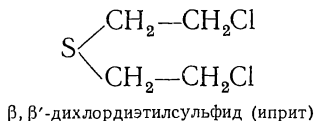


Рис. 34. Н. Д. Зелинский.

Сначала он работал у профессора И. Вислиценуса в Лейпциге, а затем в Геттингене, в лаборатории профессора В. Мейера. Здесь молодой ученый исследовал тиофен, незадолго перед тем открытый В. Мейером. Работая с тиофеном с целью синтеза тетрагидротиофена, он неожиданно для себя получил дихлордиэтилсульфид как продукт взаимодействия треххлористого фосфора с тиодигликолем:



Тиодигликоль с треххлористым фосфором дает:



Изучая этот продукт, Н. Д. Зелинский получил сильные ожоги, в результате которых он болел весь летний семестр. Полученное вещество впоследствии называли ипритом или горчичным газом. Н. Д. Зелинский оказался первой

жертвой этого сильнейшего отравляющего вещества, которое приобрело во время первой мировой войны столь ужасную известность.

Возвратившись из-за границы, он выдержал магистерский экзамен и стал работать приват-доцентом Новороссийского университета, где читал обязательный курс для студентов-естественников — избранные главы из органической химии, а также начал самостоятельную научную деятельность, привлекая к ней учеников и сотрудников. В 1889 г. Н. Д. Зелинский защитил магистерскую диссертацию «К вопросу об изомерии в тиофеновом ряду», а два года спустя и докторскую «Исследование явлений стереоизомерии в рядах предельных углеродистых соединений». В 1890 г. он был еще раз командирован за границу в лабораторию профессора Оствальда (Лейпциг). В этой лаборатории ученый познакомился с методикой определения электропроводности растворов. Летом 1891 г. он принимает участие в экспедиции по изучению воды Черного моря и глубоководного ила. В результате биохимических исследований было впервые доказано, что сероводород в воде Черного моря имеет бактериальное происхождение. В 1893 г. Н. Д. Зелинский назначается экстраординарным профессором Московского университета по кафедре аналитической и органической химии. В 1911 г. он вместе с другими профессорами в знак протеста против реакционной политики царского министра Кассо покинул Московский университет и переехал в Петербург. В 1917 г. Н. Д. Зелинский вернулся в университет, где он работал до конца своей жизни.

Великая Октябрьская социалистическая революция открыла широкие возможности для развития науки и промышленности. Передовая часть русской интеллигенции с огромным энтузиазмом включилась в творческую деятельность во всех направлениях, среди них был и Н. Д. Зелинский.

В 1918 г. белогвардейскими контрреволюционными войсками и интервентами Центр России был отрезан от источников нефти, источников авиационного топлива. Для получения этого топлива Н. Д. Зелинский разрабатывает метод каталитического крекинга тяжелых нефтяных отходов (мазута) и масел, значительные запасы которых находились в волжских нефтяных цистернах и нефтехранилищах. Получившаяся в результате крекинга смесь углеводородов имела температуру кипения в интервале 25—180° С и была пригодна в качестве топлива для самолетов.

Одним из крупнейших открытий Н. Д. Зелинского является разработанный им метод обессеривания высокосернистых нефтей, который сводился к их каталитическому гидрированию в присутствии катализаторов. Практическое значение этого метода огромно, благодаря ему были открыты перспективы широкого использования высокосернистого сырья для двигателей внутреннего сгорания.

Особенно большое народнохозяйственное значение имеют его исследования, которые были связаны с промышленной переработкой нефти. В кавказской нефти в свое время В. В. Марковниковым было обнаружено довольно много «нафтенов» (циклопарафино-насыщенные углеводороды ациклического ряда) — «химических мертвецов», как называл их В. В. Марковников. Н. Д. Зелинский «оживил этих мертвецов», показав, что циклогексан ( $C_6H_{12}$ ) и его гомологи при  $300^\circ C$  каталитическим дегидрированием превращаются в бензол и его гомологи:  $C_6H_{12} \rightarrow C_6H_6 + 3H_2$ .

Изучение свойств и «переделка» углеводородов нефти привели Н. Д. Зелинского к теории и практике дегидрогенизационного и гидрогенизационного катализа. Эти работы имели первостепенное теоретическое значение и прославили его как крупнейшего мирового ученого. Он установил, что каталитической дегидрогенизации подвергается шестичленное кольцо гексаметилен ( $C_6H_{12}$ ) и его производные, а углеводороды с пятичленными кольцами и их производные не отщепляют водород под влиянием катализатора и остаются такими, какими они были. Это явление было названо им «селективным» (избирательным) катализом. С помощью селективного катализа можно было разделять смеси, состоящие из углеводородов с шестичленным или пятичленным кольцом. В результате этих исследований Н. Д. Зелинский открыл важное явление «необратимого» катализа, при котором вследствие перегруппировки атомов водорода из шестичленного кольца циклогексена образуются бензол и циклогексан. Этот процесс оказался необратимым.

Не менее важным является открытие Н. Д. Зелинским процесса каталитического образования ароматических углеводородов из углеводородов жирного ряда.

Таким образом, был переброшен мост между «химическими мертвецами» — циклическими насыщенными углеводородами и ароматическими соединениями, которые, обладая большой реакционной способностью, являются столь необходимыми исходными продуктами для химической промышленности.

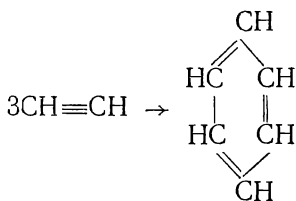
Большой практический интерес представляют исследования Н. Д. Зелинского по разработке методов раскрытия пятичленных циклических углеводов в углеводороды с открытой цепью, что дало возможность проводить «бензинизацию» нефти.

Теоретические взгляды его на природу катализа сходны со взглядами Д. И. Менделеева. Н. Д. Зелинский рассматривает катализ как результат контакта, благодаря которому происходит деформация молекулы. Деформация молекулы определяет ее химические свойства, так как, по мнению ученого, химические и физические свойства молекул зависят только от их состава и формы; других причин для этих свойств нельзя себе представить.

Эти мысли о связи между формой молекул и способностью их к каталитическим превращениям являются основой всех теоретических и экспериментальных исследований Н. Д. Зелинского.

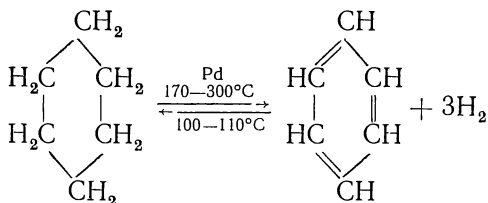
Деформацию молекул он понимает как увеличение или уменьшение длин связей между атомами, составляющими молекулу, вследствие чего изменяется прочность связей в молекуле, а причину деформации усматривает в изменении характера электронных оболочек атомов под влиянием активных центров на поверхности катализатора.

Важнейшие открытия Н. Д. Зелинского в области катализа основывались на катализаторах, найденных им же самим. Например, он успешно применил активированный уголь при контактном уплотнении ацетилена в бензол:

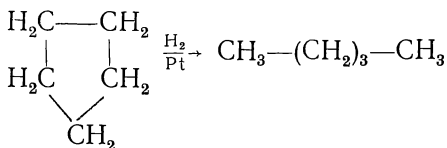


Им была установлена связь свойств катализаторов с условиями их приготовления и условиями проводимой реакции. Н. Д. Зелинский впервые установил гидрогенизационную и дегидрогенизационную активность никеля и металлов платиновой группы в различных условиях. Так, он нашел, что циклогексан над палладием при 170—300 °С превращается в бензол (дегидрогенизация), а при 100—110 °С про-

текает обратная реакция — образование циклогексана из бензола и водорода (гидрогенизация):



Гидрогенизационный катализ, примененный Н. Д. Зелинским к циклопентану и его производным, ведет к расщеплению кольца:



При переработке нефти содержащиеся в бензинах пятичленные нафтенy могут быть расщеплены с последующим превращением изопарафинов в ароматические углеводороды (дегидрогенизация).

Н. Д. Зелинский использовал этот катализ при решении важного вопроса: обессеривание бензинов и керосинов. При гидрировании тиофена в присутствии катализатора — платины, а также и никеля, отложенного на окиси алюминия, происходит выделение сероводорода за счет распада тиофенового кольца.

Эти работы имеют особенно существенное значение для переработки высокосернистой нефти второго Баку (Ишимбаевских месторождений).

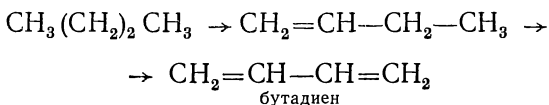
Дегидрогенизационный катализ дал возможность изменить содержание ароматических соединений в бензинах за счет нафтенов (ароматизация нефти), что повышает качества бензинов прямой гонки, а также позволяет этим путем выделять индивидуальные ароматические углеводороды.

Работы Н. Д. Зелинского в области облагораживания бензинов, получаемых из нефти, имеют громадное народно-хозяйственное значение.

Расширяя области применения дегидрогенизационного катализа, Н. Д. Зелинский осуществил (на сложных окис-

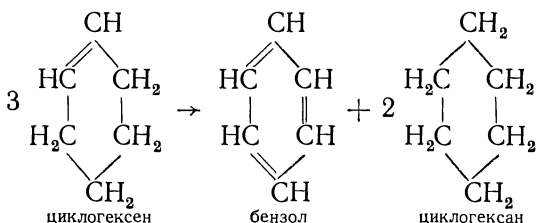


ных катализаторах) превращение парафинов в олефины и далее в диолефины:



Эти реакции имеют большое значение: так, получающийся бутадиен является исходным сырьем для получения синтетического каучука.

К рассмотренным выше реакциям дегидрогенизации циклогексановых углеводородов и гидрогенизации ароматических углеводородов непосредственно примыкает открытое Н. Д. Зелинским интересное явление каталитического перераспределения водорода между молекулами циклогексана в присутствии платины или палладия:



Таким образом, одна молекула циклогексена дегидрируется, образуя бензол, а две другие гидратируются, превращаясь в циклогексан. Этот вид катализа Н. Д. Зелинский назвал необратимым, так как, в отличие от большинства каталитических процессов, осуществить реакцию в обратном направлении не представляется возможным.

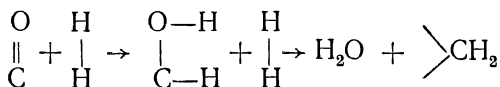
Необратимый катализ (или диспропорционирование водорода) имеет большое теоретическое значение и открывает широкие синтетические возможности.

Н. Д. Зелинский осуществил также каталитическую изомеризацию циклов — взаимные переходы углеводородов с различной величиной цикла.

Примером является обратимая изомеризация метилциклопентана и циклогексана в присутствии хлорида или бромида алюминия.

Н. Д. Зелинский изучал катализ при помощи хлорида алюминия с целью изомеризации. В дальнейшем он поставил опыты по синтезу бензина из окиси углерода и водорода, доказал возможность непосредственного восстановления

окси углерода в метиленовые радикалы на соответствующих катализаторах по схеме:



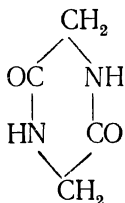
Классические работы Н. Д. Зелинского и его школы в области катализа составляют эпоху в понимании структурной стороны катализа вообще. Благодаря им можно превращать углеводороды различных рядов, различных скелетов друг в друга. Эти превращения имеют теоретический интерес и огромное народнохозяйственное значение.

Большой интерес представляют работы Н. Д. Зелинского по получению в лабораторных условиях нефтеобразных продуктов из различных исходных материалов путем обработки их хлоридом алюминия.

Результаты этих исследований являются блестящим подтверждением теории органического происхождения нефти.

Замечательные работы Н. Д. Зелинского в области теории и практики катализа были продолжены его любимым учеником академиком А. А. Баландиным, создателем мультиплетной теории катализа. А. А. Баландин впервые применил к катализу современные модели молекул и решеток кристаллов, а также энергии связей, объединив и конкретизировав предшествующие физические и химические теории катализа.

Н. Д. Зелинскому принадлежит изучение сложнейших по составу и химическому строению белковых молекул, лежащих в основе жизненных процессов. Он считал, что в состав белковой молекулы входят не только аминокислоты открытой цепи, например гликоколь —  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ , но и циклические группировки, например, дикетопиперазин:



Н. Д. Зелинский осуществлял каталитический гидролиз белковых веществ при высокой температуре и повышенном давлении в присутствии слабых кислот и щелочей.

Изучая продукты гидролиза, он пришел к выводу о важной роли дикетопиперазинов в построении молекулы белка.

Одна из работ Н. Д. Зелинского относится к периоду первых лет мировой войны — это разработка универсального средства борьбы с отравляющими веществами. Отравляющие вещества, как известно, были применены немцами 22 апреля 1915 г. на французском фронте, а несколько позднее на русском. Это вызвало не только всеобщее возмущение, но и растерянность. Были предприняты попытки предохранить людей от действия газов, но они положительных результатов не имели.

Н. Д. Зелинский пришел к идее создания универсального противогаза, которая была основана на возможной сорбируемости почти всех отравляющих веществ, независимо от их химической природы. В качестве поглотителя он использовал активированный уголь. Инженер завода «Треугольник» Э. Л. Кумант предложил для противогаза применить сконструированную им резиновую маску. Сотрудничество ученого-химика и инженера быстро привело к созданию универсального противогаза Зелинского — Куманта. В феврале 1916 г. после больших испытаний этот противогаз приняли на вооружение русской армии, и вскоре он получил распространение во всех армиях мира<sup>1</sup>.

После возвращения в Московский университет Н. Д. Зелинский с прежней энергией и увлечением принимается за научно-преподавательскую работу, которую он не прерывал даже в самые трудные годы гражданской войны и разрухи. В университете он читает лекции и руководит практическими занятиями студентов по аналитической и органической химии. Особенно большое внимание он уделяет дипломным работам и подготовке аспирантов. Из лаборатории Зелинского вышло много учеников; многие из них являются ныне выдающимися учеными. К ним нужно отнести академиков Б. А. Казанского, А. Н. Несмеянова, С. С. Наметкина, А. А. Баландина, Н. И. Щуйкина и др. Н. Д. Зелинский был хорошим лектором. Его простые по форме, но глубокие по содержанию лекции оставляли всегда большое впечатление у слушателей. Он излагал предмет понятно и интересно, широко используя химический эксперимент, уделял много времени постановке практиче-

---

<sup>1</sup> История открытия противогаза подробно описана в брошюре: Н. А. Ф и г у р о в с к и й. Замечательное русское изобретение. М., Изд-во АН СССР, 1956.



Рис. 35. И. А. Каблуков, Н. Д. Зелинский,  
С. С. Наметкин.

ских занятий в химических лабораториях. Обилие идей, активное участие в исследованиях и личное его обаяние — вот причины, которые привлекали к нему большое количество учеников и сотрудников. Научно-исследовательская деятельность Н. Д. Зелинского широка и многообразна. Чтобы охарактеризовать ее, достаточно указать, что он вместе с сотрудниками опубликовал свыше 500 работ. Многие из них напечатаны одновременно на русском и иностранных языках. Его работы издавались 26-ю журналами. В 1926 г. Н. Д. Зелинский получил звание заслуженного деятеля науки и в том же году избран член-корреспондентом Академии

наук СССР, а в 1929 г. — действительным членом. Ему присвоено звание лауреата Государственной премии (трижды) и звание Героя Социалистического Труда (1945), он четыре раза награжден орденом Ленина и два раза орденом Трудового Красного Знамени.

В 1951 г. советская научная общественность широко отметила славный 90-летний юбилей крупнейшего ученого. В связи с этим Н. Д. Зелинский заявил: «Хотя я — на пороге девяноста лет моей жизни, но ощущаю всей душой молодость моей родины, ее счастливое будущее, ее величие и красоту.

Эти чувства благотворно действуют на меня, и мне хочется еще жить и по мере сил продолжать участвовать в строительстве великого дела Ленина».

Н. Д. Зелинский как теоретик и экспериментатор занимает одно из первых мест в ряду ведущих мировых ученых в области катализа и органической химии.

Н. Д. Зелинский, как все выдающиеся русские ученые, был великим гражданином и замечательным человеком; страстное преклонение перед идеалами науки, пламенный патриотизм, честность и принципиальность в вопросах науки, строгость и требовательность к ученикам, научная скромность и внимательность к своим сотрудникам и товарищам по работе — вот далеко не полная его характеристика.

## ***Владимир Иванович Вернадский*** **(1863—1945)**

В. И. Вернадский, сын профессора-экономиста, родился 12 марта 1863 г. в Петербурге. Окончив гимназию в 1881 г., он поступил в Петербургский университет на естественное отделение физико-математического факультета, где в этот период читали лекции выдающиеся ученые-химики Д. И. Менделеев, Н. А. Меншуткин и Н. Н. Бекетов, основоположник русской физиологической науки И. М. Сеченов (1829—1905), основатель современной науки о почвоведении В. В. Докучаев (1846—1903), виднейший геолог А. А. Иностранцев (1843—1919) и др. По окончании университета в 1886 г. В. И. Вернадский был здесь оставлен хранителем минералогического музея, а в 1888 г. командирован за границу (во Францию, Италию и Германию) для ознакомления с методами синтеза и определения минералов. В 1890 г.

В. И. Вернадский вернулся в Россию и был утвержден доцентом Московского университета. В 1891 г. он защитил магистерскую, а в 1897 г. докторскую диссертацию. В 1898 г. В. И. Вернадский стал профессором Московского университета, где работал до 1911 г. В 1906 г. его избрали адъюнктом Академии, в 1909 г. экстраординарным, а в 1912 г. ординарным академиком.

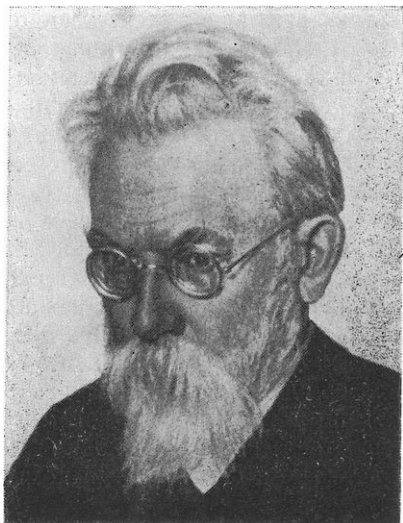


Рис. 36. В. И. Вернадский.

В 1911 г. В. И. Вернадский с группой демократически настроенных профессоров (К. А. Тимирязев, Н. Д. Зелинский и др.) в знак протеста против реакционной политики в отношении высшей школы оставил Московский университет и переехал в Петербург, где он с 1914 г. работал директором Геологического и минералогического музея Академии наук. С тех пор научная деятельность В. И. Вернадского протекала в академии. В. И. Вернадский был прекрасным организатором и активным общественным деятелем.

В 1915 г. в составе Академии наук во главе с В. И. Вернадским была создана комиссия по изучению естественных производительных сил России (КЕПС), которая немедленно приступила к систематическим изысканиям новых месторождений полезных ископаемых и изучению энергетических ресурсов на территории России. Вскоре на основе данных этой комиссии В. И. Вернадский писал, что в нашей стране имеются все геологические формации и полезные ископаемые, существующие на земном шаре. Однако в условиях царского самодержавия, в условиях чиновно-бюрократического режима ценные выводы комиссии не могли претворить в жизнь. И только после Великой Октябрьской социалистической революции эта комиссия по указанию В. И. Ленина провела огромную работу по вопросам экономически целесообразного размещения промышленности, по изысканию

для нее всех видов отечественного сырья, поиску и правильному использованию минерального горючего (нефти, углей и т. п.), по вопросам энергетики и т. п. В результате этих задач работа комиссии значительно расширилась и по инициативе В. И. Вернадского из ее состава вскоре были выделены самостоятельные научные учреждения: Институт минералогии и геохимии, Институт географии, Институты физико-химического анализа, керамический, оптический, почвенный, платиновый, радиевый и др.

Живя (1917—1921) на Украине, В. И. Вернадский разработал подробный план организации Украинской академии наук, основанной после победы Советской власти в 1919 г.; он стал ее первым президентом.

Вернувшись в Петроград (1921), В. И. Вернадский создал при Минералогическом музее Академии наук метеоритный отдел, который вскоре был преобразован в Комиссию, а затем — в Метеоритный комитет, председателем которого он был.

В 1922 г. В. И. Вернадский организовал в Петрограде Государственный радиевый институт, директором которого он состоял до 1939 г. В 1927 г. основал отдел живого вещества, преобразованный впоследствии (1929) в биохимическую лабораторию, в 1930 г. (совместно с другими учеными) — Комиссию по изучению вечной мерзлоты (ныне институт им. В. А. Обручева), а в 1939 г. — Комиссию по изотопам. Директором этой лаборатории он являлся со дня ее открытия, а председателем Комиссии по изотопам — с 1940 г.

В 1937 г. на 17-м Международном геологическом конгрессе по инициативе В. И. Вернадского была создана Международная комиссия по определению абсолютного возраста полезных ископаемых методом радиоактивных изотопов, вице-президентом которой избрали В. И. Вернадского.

С 1923 по 1930 г. В. И. Вернадского неоднократно направляли в заграничные командировки (во Францию, Польшу, Чехословакию, Голландию, Германию, Норвегию). В Карловом университете (Прага) и в Сорбонне (Париж) он читал лекции, а в Радиевом институте им. М. Кюри-Склодовской (Париж) проводил экспериментальные работы.

Особенно плодотворно научная деятельность В. И. Вернадского протекала в период индустриализации Советской страны, когда потребовались интенсивные поиски и определение запасов различного вида рудных ископаемых. В целях более успешного проведения геологических и геохимиче-

ских исследований В. И. Вернадский в 1926—1930 гг. вновь возглавил Комиссию по изучению естественных производительных сил России, которая по существу и решала все основные научные вопросы, связанные с индустриализацией Советского Союза.

В. И. Вернадский был членом Чехословацкой (с 1926 г.) и членом-корреспондентом отделения минералогии Парижской (с 1928 г.) Академий наук, в которых он имел своих учеников, был избран во многие русские и иностранные научные общества. Он награжден орденом Трудового Красного Знамени, а в 1943 г. за выдающиеся работы в области науки и техники ему присуждена Государственная премия.

Только немногие ученые в мировой науке могут сравниться с этим замечательным русским ученым и глубоким мыслителем, оставившим большой след во многих областях естествознания: минералогии и кристаллографии, радио- и гидрогеологии, гео- и биохимии и других смежных с ними областях знаний.

Научные проблемы, которые выдвигал В. И. Вернадский, представляли огромный практический интерес. Важнейшими из них являлись: изучение рассеянных, редких и в особенности радиоактивных элементов, роли живых организмов в геохимических процессах, определение возраста горных пород и строения силикатов.

В. И. Вернадский дал наиболее полное и правильное определение минералогии как науки, изучающей «химию земной коры», предметом исследования которой являются как продукты природных химических процессов, так называемые минералы, так и сами процессы. Он является основоположником геохимии — науки об истории химических элементов Земли, или, как он ее называл, динамической минералогии; биогеохимии — науки о роли растительных и животных организмов в истории химических элементов земной коры и о их взаимосвязи. В. И. Вернадский своими исследованиями внес научный вклад в кристаллографию, радиогеологию, гидрогеологию и другие смежные с ними области знания.

Определив минералогию как химию и историю минералов земной коры, В. И. Вернадский, в отличие от старой статической теории минералов, разработал эволюционную теорию, основу которой составляет изучение состава и распределения минералов в земной коре в зависимости от различных условий и процессов: магматических, метаморфических, осадочных и др.



В классических трудах «Опыт описательной минералогии» (1908—1922) и «История минералов земной коры» (1925) В. И. Вернадский дал теоретическое обобщение своих воззрений о развитии минералов. Он утверждал, что минералогия устанавливает химический состав минералов, выясняет условия химических взаимодействий элементов, приводящих к различному размещению и сочетанию минералов в связи с геологическими процессами, а также определяет условия изменения состава и распределения минералов в различных геологических сферах. При этом ученый отмечал, что большая часть минералов представляет собой изоморфные смеси и что все химические элементы периодической системы можно расположить в 20 изоморфных рядов. Каждый из этих рядов составляют элементы, которые в определенных условиях земной коры могут заменять друг друга при образовании общих для них минералов. Элементы любого ряда образуют серии аналогичных по химической структуре минералов в форме их изоморфных смесей. При этом В. И. Вернадский установил, что состав элементов в изоморфных рядах не постоянен, а изменяется в зависимости от внешних условий (температуры, давления), химического взаимодействия их при образовании минералов.

Особенно большое значение имеют работы В. И. Вернадского в области изучения строения наиболее важной, составляющей большую часть земной коры, группы минералов — силикатов и алюмосиликатов (полевых шпатов, слюд и др.). Рассматривая алюмосиликаты как соли алюмокремниевой кислоты, он разработал новую теорию строения этой группы минералов — теорию каолинового, или слюдяного, ядра (согласно которой в основе алюмосиликатов лежит каолиновое ядро состава  $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_7$ ).

Эта теория сыграла очень большую роль при выяснении образования строения и классификации алюмосиликатов. Она не утратила своего значения и до настоящего времени, современные рентгенографические анализы подтвердили основные положения этой теории. Классические исследования В. И. Вернадского были завершены опубликованием его монографии «Зеленые силикаты, алюмосиликаты и их аналоги» (1937).

Много внимания В. И. Вернадский уделил изучению химического состава земных оболочек (геосфер): наружной (атмосферы), водной (гидросферы) и земной коры (литосферы). При этом он положил начало развитию двух новых областей знания: геохимии, изучающей историю химиче-

ских элементов на нашей планете (их миграцию, рассеянность и концентрацию в отдельных геосферах земного шара), и биогеохимии — науки о роли растительных, животных и других живых организмов в этой истории. Он дал точное определение понятию биосферы как одной из земных оболочек, занятой совокупностью живых организмов, включающей в себя нижнюю часть атмосферы глубиной 2—3 км (зону выветривания).

Рассматривая геосферы как области подвижных физико-химических равновесий, В. И. Вернадский отмечал, что между геосферами, так же как между Землей и космосом, происходит непрерывный обмен химическими элементами. И с этой точки зрения все химические элементы он разделил на шесть групп, в зависимости от той роли, которую они играют в процессах, протекающих в земной коре. К первой группе этой классификации элементов он относит инертные газы, ко второй — благородные металлы, к третьей — циклические, к четвертой — рассеянные, к пятой — радиоактивные и к шестой — редкоземельные элементы. При этом В. И. Вернадский отмечает, что основную роль в геохимических превращениях играют элементы третьей группы (циклические — углерод, кислород, сера, железо, кальций, кремний, алюминий, натрий и др.). Остальные элементы участвуют в циклах в меньшей степени, так как в процессе круговорота (вследствие его неполной обратимости) они постоянно выходят из цикла.

При изучении и уточнении, по имеющимся данным, химического состава земной коры, океана и атмосферы В. И. Вернадский разбил все элементы по их распространенности в этих сферах на десять групп (декад), установил более точное содержание редких и рассеянных элементов в земной коре (рубидия, цезия, галлия и др.), дал историю образования кремния и силикатов углерода, марганца, брома и иода в земной коре и, наконец, обратил серьезное внимание на роль радиоактивных элементов в жизни нашей планеты. Отрицая теорию Канта — Лапласа о наличии расплавленного ядра внутри земного шара, В. И. Вернадский в своих работах развил положение, что основой энергетического источника для всех геохимических процессов, протекающих в земной коре, является не тепловая энергия этого ядра, а радиоактивный распад элементов.

Еще в 1922 г. он в связи с этим писал: «Мы подходим к великому перевороту в жизни человечества, с которым не может сравниться все им раньше пережитое. Недалеко

то время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет»<sup>1</sup>. И далее, обращаясь к ученым, он предупреждал: «Ученые не должны закрывать глаза на возможные последствия их научной работы, научного процесса. Они должны себя чувствовать ответственными за последствия их открытия. Они должны связать свою работу с лучшей организацией человечества»<sup>2</sup>.

Придавая решающее значение радиоактивным элементам как источникам энергии при геохимических процессах, В. И. Вернадский начиная с 1910 г. впервые в России провел научно обоснованные изыскания месторождений урана и радия и выдвинул проблему определения возраста пород по методу радиоактивного распада.

Изучая историю химических элементов Земли, В. И. Вернадский впервые обратил внимание исследователей на огромную роль в истории миграции (перемещения, концентрации и рассеяния) химических элементов в земных оболочках (биосфере) различного рода растительных и животных организмов и микроорганизмов. В своей работе «Биохимические очерки» (1940) он писал, что связь состава организмов с химией земной коры и то огромное первенствующее значение, которое имеет живое вещество в механизме земной коры, указывает нам, что разгадка жизни не может быть получена только путем изучения живого организма. Для ее разрешения надо обратиться к ее первоисточнику — к земной коре. При этом В. И. Вернадский обратил внимание на существование в земной коре организмов-концентраторов, фиксирующих в своем составе железо, кальций, кремний и другие элементы, на огромную роль микроорганизмов в процессе выветривания горных пород и на участие живых организмов в образовании рудных и нерудных месторождений.

В своем труде «История минералов земной коры» В. И. Вернадский большое место отводит минералогии воды. Здесь он определяет гидрогеологию как науку не только о подземных водах, как определяли ее до него, а науку о природных водах вообще. При этом В. И. Вернадский подчеркивает, что история, состав и свойства природных вод неразрывно связаны с историей, составом и свойствами твердых тел земной коры, с ее газовым режимом и микро-

---

<sup>1</sup> В. И. Вернадский, Очерки и речи, т. 2. 1922.

<sup>2</sup> Там же,

организмами. Не только подземные, но и все природные воды Земли находятся в единстве и тесной взаимосвязи. Это и должно составлять основу гидрогеологии.

Таким образом, сущность гео-, био-, гидрохимических работ В. И. Вернадского, связанных с образованием, размещением и сочетанием минералов, руд и горных пород, сводится к следующему. Земля представляет собой огромную химическую лабораторию. В процессе эволюции веществ (под влиянием химических и физических явлений) на ее поверхности возникают организмы, которые влияют на химический состав и геологический облик земной коры.

Некоторые факты из этой области были открыты раньше другими учеными. Например, известно возникновение коралловых островов или известняков осадочных пород в результате гибели микроскопических рачков, фиксирующих в своих панцирях кальций из морской воды, или открытие нашим крупнейшим ученым С. Н. Виноградским железных и серных бактерий, которые усваивают железо или серу и являются основной причиной образования железных или серных руд и отложений.

Однако В. И. Вернадский из этих разрозненных фактов создал общее учение о биогенном факторе, играющем основную роль при образовании земной коры.

Он выдвинул новую идею осадочного образования гранита в результате выветривания осадочных пород и их видоизменения под действием жизнедеятельности организмов. Как известно, в процессах выветривания важную роль играет, кроме воды, двуокись углерода, которая выделяется в основном живыми организмами.

В. И. Вернадский считал, что свободная двуокись углерода, кислород и даже азот атмосферы не могли бы существовать без жизни, так как они связывались бы химически. Только живая природа создает атмосферу, поддерживает ее равновесие. Например, известны организмы, способные растворять известняк и, выделяя двуокись углерода, превращать карбонаты в бикарбонаты, которые, растворяясь в воде, повышают концентрацию бикарбонатов в морях до предела равновесия их с двуокисью углерода окружающего воздуха, поддерживая тем самым постоянство содержания двуокиси углерода в атмосфере.

В. И. Вернадский на протяжении всей своей научной деятельности интересовался также и вопросами истории науки. Он издал блестящий очерк по истории кристаллографии, писал о М. В. Ломоносове, читал лекции по истории

естествознания в России и т. д. Фактический материал, собранный им по истории, представляет значительный интерес. Основная, огромная заслуга его в развитии науки состоит в том, что с материалистических позиций он разработал концепцию эволюции земной оболочки и на основе этого создал новые области научных знаний — гео- и биохимию, а также расширил наши познания в области минералогии, гидрогеологии и кристаллографии.

В. И. Вернадский беззаветно любил свою Родину, свой народ и верил в его творческие силы.

На склоне лет, в своем дневнике 21 сентября 1944 г., он записывает: «... по окончании войны моральное значение в мировой среде русских ученых должно сильно подняться... и мы должны считаться с огромным ростом науки в ближайшем будущем. Мировое значение русской науки и русского языка в мировой науке будет очень велико, ранее небывалое»<sup>1</sup>. Эти пророческие слова славного сына русского народа блестяще оправдываются в наши дни. Работы В. И. Вернадского получили широкое признание среди передовых ученых всего мира.

Из многочисленных учеников В. И. Вернадского следует указать академика А. Е. Ферсмана, В. Г. Хлопина, работы которых оказали значительное влияние на развитие химической науки и промышленности в России.

---

<sup>1</sup> Московское отд. Арх. АН СССР, фонд Вернадского, 1944.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беркенгейм Б. М. Жизнь и деятельность проф. Николая Александровича Шилова. «Успехи химии», т. XV, вып. I, 1946.
2. Блох А. М. Хронология важнейших событий в химии. М., Госхимиздат, 1940.
3. Бродский А. И. Работы Л. В. Писаржевского по перекисям и электрохимии неводных растворов. «Успехи химии», т. XVII, 1948.
4. Бутлеров А. М. Избранные работы по органической химии. М., Изд-во АН СССР, 1951.
5. Быков Г. В. Александр Михайлович Бутлеров. М., Изд-во АН СССР, 1961.
6. Быков Г. В. К 90-летию теории химического строения А. М. Бутлерова. «Успехи химии», т. XX, 1951.
7. Вант-Гофф. О теории растворов. Спб, 1903.
8. Гесс Г. И. Термохимические исследования. М., Изд-во АН СССР, 1958.
9. Дубинин М. М. Работы Н. А. Шилова в области противогазового дела. «Успехи химии», вып. 2, 1946.
10. Каблуков И. А. Очерки по истории электрохимии за XIX в. М., 1901.
11. Кедров Б. М. День одного великого открытия. М., Изд-во социально-экономической литературы, 1958.
12. Кедров Б. М. Как был открыт Д. И. Менделеевым периодический закон. «Химия в школе», 1969, № 1.
13. Кистяковский В. А. История электролитической диссоциации Аррениуса и эволюция современной химии. Л., АН СССР, 1929.
14. Коновалов Д. П. Об упругости паров растворов. Спб, 1884.
15. Курнаков Н. С. Избранные труды. М., Изд-во АН СССР, т. 2, 1963.

16. Л о в и ц Т. Е. Избранные труды по химии и химической технологии. Под редакцией Н. А. Фигуровского. М., Изд-во АН СССР, 1955.
17. М. В. Л о м о н о с о в. Труды по физике и химии, т. I. М., Изд-во АН СССР, 1950.
18. М. В. Л о м о н о с о в. Избранные труды по химии и физике. М., Изд-во АН СССР, 1961.
19. М е н д е л е е в Д. И. Основы химии, т. I и II. М., Госхимиздат, 1947.
20. М е н ш у т к и н Б. Н. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1936.
21. М у с а б е к о в Ю. С. История органического синтеза в России. М., 1958.
22. П и с а р ж е в с к и й Л. В. Избранные труды АН УССР. Киев, 1936.
23. П о г о д и н С. А. Выступление русских химиков — Зинина, Бутлерова, Менделеева и Энгельгардта против национализма и шовинизма в науке. «Успехи химии», т. XV, вып. 5, 1964.
24. С е р г и е н к о Ф. Синтетический каучук. М., Госхимиздат, 1940.
25. С о л о в ь е в Ю. И. Очерки по истории физической химии. М., «Наука», 1964.
26. С о л о в ь е в Ю. И., К и п н и с А. Я. Дмитрий Петрович Коновалов. М., «Наука», 1934.
27. С о л о в ь е в Ю. И., З в я г и н ц е в О. Е. Николай Семенович Курнаков. М., Изд-во АН СССР, 1960.
28. С о л о в ь е в Ю. И. Герман Иванович Гесс. М., Изд-во АН СССР, 1962.
29. С о л о в ь е в Ю. И. и др. Иван Алексеевич Каблуков. М., Изд-во АН СССР, 1957.
30. С о л о в ь е в Ю. И. История учения о растворах. М., Изд-во АН СССР, 1959.
31. С о л о в ь е в Ю. И. Эволюция основных теоретических проблем химии. М., «Наука», 1971.
32. Т у р ч е н к о Я. И. Николай Николаевич Бекетов. М., Изд-во АН СССР, 1964.
33. У и н и У. П. О значении работ русских химиков для мировой науки. Л., Научное химико-техническое изд-во, 1924.
34. Ф и г у р о в с к и й Н. А. и др. Труды Института истории естествознания и техники. М., Изд-во АН СССР, т. XVIII, 1958.
35. Ф и г у р о в с к и й Н. А. 90 лет теории химического строения. «Химия в школе», № 5, 1951.
36. Ф и г у р о в с к и й Н. А., С о л о в ь е в Ю. И. Николай Николаевич Зинин. М., Изд-во АН СССР, 1957.

37. Ф и г у р о в с к и й Н. А. Дмитрий Иванович Менделеев. М., Изд-во АН СССР, 1961.

38. Ф и г у р о в с к и й Н. А. Открытие и утверждение периодического закона Д. И. Менделеева. М., «Знание», 1969.

39. Ф и г у р о в с к и й Н. А. М. В. Ломоносов. М., «Знание», 1966.

40. Ф и г у р о в с к и й Н. А. Замечательное русское изобретение. М., Изд-во АН СССР, 1956.

41. Ф и г у р о в с к и й Н. А., Р о м а н ь к о в Р. И. Владимир Александрович Кистяковский. М., «Наука», 1967.

42. Ф и г у р о в с к и й Н. А. Очерки общей истории химии. М., «Наука», 1969.

43. Ш о с т а к о в с к и й М. Ф. Алексей Евграфович Фаворский М.— Л., Изд-во АН СССР, 1963.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
<i>Физическая химия</i> . . . . .	5
Михаил Васильевич Ломоносов . . . . .	—
Товий Егорович Ловиц . . . . .	34
Герман Иванович Гесс . . . . .	41
Николай Николаевич Бекетов . . . . .	46
Дмитрий Петрович Коновалов . . . . .	50
Николай Александрович Меншуткин . . . . .	56
Николай Александрович Шилов . . . . .	61
Иван Алексеевич Каблуков . . . . .	68
Владимир Александрович Кистяковский . . . . .	74
Лев Владимирович Писаржевский . . . . .	85
<i>Неорганическая (общая) химия</i> . . . . .	95
Александр Абрамович Воскресенский . . . . .	98
Дмитрий Иванович Менделеев . . . . .	104
Лев Александрович Чугаев . . . . .	130
Николай Семенович Курнаков . . . . .	138
Илья Ильич Черняев . . . . .	148
<i>Органическая химия</i> . . . . .	156
Александр Михайлович Бутлеров . . . . .	159
Николай Николаевич Зинин . . . . .	169
Владимир Васильевич Марковников . . . . .	176
Алексей Евграфович Фаворский . . . . .	184
Сергей Васильевич Лебедев . . . . .	191
Михаил Григорьевич Кучеров . . . . .	197
Николай Дмитриевич Зелинский . . . . .	200
Владимир Иванович Вернадский . . . . .	210
Список использованной литературы . . . . .	219

**Степан Афанасьевич Балезин,  
Сергей Дмитриевич Бесков**

**ВЫДАЮЩИЕСЯ  
РУССКИЕ  
УЧЕНЫЕ-ХИМИКИ**

Редактор *О. П. Федорович*

Переплет *Б. Л. Николаева*

Художественный редактор *Г. А. Жегин*

Технический редактор *В. Ф. Коскина*

Корректор *Р. Б. Штутман*

Сдано в набор 21. II 1972 г. Подписано  
к печати 1. VIII 1972 г.  $84 \times 108^{1/32}$ .  
Бумага тип. № 1. Печ. л. 7,0. Услов.  
л. 11,76. Уч. - изд. л. 12,03. Тираж 40  
тыс. экз. А07301. Заказ № 2—437.  
Цена без переплета 36 коп.,  
переплет 10 коп.

Издательство «Просвещение» Комитета  
по печати при Совете Министров РСФСР.  
Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41

Киевский полиграфический комбинат  
Комитета по печати при Совете Ми-  
нистров СССР, Довженко, 3.



46 коп.

