

54(09)

с60

УДК 54(091) ((47+57)-89)

Соловьев Ю. И. История химии в России: Научные центры и основные направления исследований.— М.: Наука, 1985.— 416 с., ил., библиогр. в подстроч. примеч.

Книга представляет собой обобщающий труд по истории химии в России. В ней всесторонне рассмотрен процесс возникновения, становления и развития химии в нашей стране.

Преемственность научных школ, традиции в развитии научных идей, формирование и развитие различных направлений исследований русских химиков, создание научных центров — главные мотивы данной книги. На основе изучения многочисленных источников показана роль научных школ русских химиков в развитии отечественной и мировой химии. Изложение исторического процесса развития химии дано на общем социально-экономическом фоне России XVIII и XIX столетий.

Книга предназначена для широкого круга читателей, интересующихся историей отечественной науки.

Рецензенты:

доктор химических наук

В. И. КУЗНЕЦОВ,

доктор исторических наук

Н. М. РАСКИН,

доктор химических наук

Н. А. ФИГУРОВСКИЙ

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Автор давно готовился к созданию данной книги. Опираясь на личный, более чем тридцатилетний опыт работы в области истории химии, а также на многочисленные исследования своих коллег историков химии, можно было приступить к созданию обобщающего труда по истории химии в России.

Думаю, что поступлю правильно, если начну свой рассказ с изложения того, что было сделано моими предшественниками.

В 1893 г. прозвучал призыв видного русского химика Н. А. Бунге собирать материал по истории химии в России в виде кратких биографий и списков трудов всех умерших русских химиков. Этот призыв в какой-то степени был реализован редакцией «Журнала Русского физико-химического общества», помещавшей на страницах своего журнала некрологи и очерки о жизни и деятельности русских химиков. Но в целом план, задуманный Н. А. Бунге, не был осуществлен. У русских химиков не было тогда еще прямой необходимости подводить итоги своей деятельности. Они были устремлены вперед, и им некогда было останавливаться и оглядываться назад<sup>1</sup>.

Первый повод изложить историю возникновения и развития химических лабораторий высших учебных заведений России возник в связи со 150-летием Ломоносовской химической лаборатории.

В 1901 г. вышел в свет объемистый «Ломоносовский сборник» (710 с.), в котором содержалась большая информация по истории химических лабораторий русских университетов и политехнических институтов.

1904 год был ознаменован выходом в свет классической работы В. Н. Меншуткина «М. В. Ломоносов как физико-химик. К истории химии в России». Эта книга впервые позволила осознать огромное значение физико-химических рукописей М. В. Ломоносова. История химии не богата такими примерами, когда труд, посвященный изучению научного наследия ученого прошлых поколений, вызвал бы такой общий интерес и внимание, как книга В. Н. Меншуткина<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Первый краткий обзор развития химии в России опубликован в «Энциклопедическом словаре» Ф. А. Брокгауза и И. А. Ефрона (СПб., 1899, т. 55, (XXVIII), с. 753—760). Автор обзора в сжатой, но емкой форме изложил основные факты из истории отечественной химии.

<sup>2</sup> Более подробно см.: Смолеговский А. М., Соловьев Ю. И. Борис Николаевич Меншуткин: химик и историк науки. М.: Наука, 1983, с. 71—119 (Серия ПБЭ).

## ВВЕДЕНИЕ

**Ш**ирокая программа преобразования России, разработанная Петром I, была направлена на то, чтобы «пробудить русскую промышленную предприимчивость, направить ее на разработку нетронутых богатств страны...»<sup>1</sup>. «Задавая себе это дело, он затронул все отрасли народного хозяйства... Но более всего потратил он усилий на развитие обрабатывающей промышленности, мануфактур, особенно горного дела...»<sup>2</sup>.

«Демидыч, развивай свои фабрики, я помогу», — говорил Петр I уральскому заводчику Демидову.

Уже в первом десятилетии XVIII в. было образовано четыре крупных промышленных округа: тульский, олонекский, уральский и петербургский. «Особенно широко развернулось горное дело в нынешней Пермской губернии; в этом отношении Урал можно назвать открытием Петра, — пишет В. О. Ключевский. — Еще до первой поездки за границу Петр велел разведать всякие руды на Урале»<sup>3</sup>. В 1699 г. на р. Нейва в Верхотурьевском уезде были построены первые заводы по производству железа. В начале XVIII в. на Урале возникло много других казенных и частных заводов, которые образовали обширный горнозаводской округ. Управление им сосредоточено было в Екатеринбурге. «К концу царствования Петра в Екатеринбургском округе находилось 9 казенных и 12 частных заводов, железных и медных... В 1718 г. на всех русских заводах, частных и казенных, выплавлено было более 6 1/2 миллионов пудов чугуна и около 200 тысяч пудов меди. Такая минеральная добыча дала возможность Петру вооружить и флот, и полевую армию огнестрельным оружием из русского материала и русской выделки»<sup>4</sup>.

У руководства заводов и фабрик ставилась «знать ткацкого станка и чугуноплавильной печи»<sup>5</sup>. Строительство заводов и фабрик, верфей, кораблей новой конструкции требовало научно-технических знаний, новые предприятия нуждались в различных специалистах, подготовка которых стала одной из важнейших государственных задач. «...русские люди по распоряжению правительства учились всюду за границей всевозможным искусствам и мастерствам, начиная с „философских и дохтурских наук“ до печного мастерства и до искусства обивать комнаты...»<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Ключевский В. О. Соч.: В 8-ми т. М.: Соцэкгиз, 1958, т. 4, с. 117.

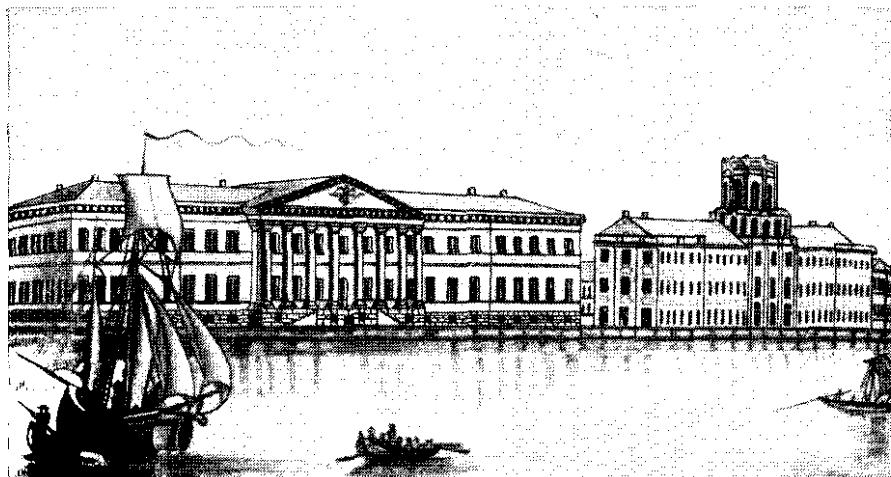
<sup>2</sup> Там же, с. 108.

<sup>3</sup> Там же, с. 121.

<sup>4</sup> Там же, с. 121—122.

<sup>5</sup> Там же, с. 117.

<sup>6</sup> Там же, с. 111.



*Петербургская Академия наук на рубеже XVIII и XIX вв.*

Но чем глубже шло преобразование экономической и культурной жизни страны, тем острее вставал вопрос о подготовке кадров у себя, а не в «заморских» странах.

22 января 1724 г. в Петербурге была основана Петербургская Академия наук. По замыслу Петра I, Академия наук должна была выполнять две основные задачи: «Науки производить и совершать» и «оние в народе размножать». Для этого требовалось прежде всего подготовить кадры русских ученых в различных областях знаний и привлечь иностранных ученых для исследования природных богатств России<sup>7</sup>.

Уже в первые годы своего существования Петербургская Академия наук приобрела известность крупного научного учреждения и центра подготовки ученых. При Академии были учреждены университет и гимназия. На академиков возлагались преподавание своих наук и индивидуальные занятия с более способными студентами. Во второй половине XVIII в. в Академии наук было правилом хорошего научного тона внушать молодым русским ученым уважение к экспериментальным наукам<sup>8</sup>. Общекультурное значение Петербургской Академии наук, особенно в первые десятилетия ее существования,

<sup>7</sup> См.: История Академии наук СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958. Т. 1. 483 с.; см. также: Пекарский П. П. История императорской Академии наук в Петербурге. СПб., 1870. Т. 1. 774 с.; 1873. Т. 2. 1041 с. Кунин А. А. Сборник материалов для истории имп. Академии наук в XVIII веке. СПб., 1865. Ч. 2. 530 с.; Сухомлинов М. И. История Российской Академии. Вып. 1—8. СПб., 1874—1888.

<sup>8</sup> См.: Райнов Т. И. Русское естествознание второй половины XVIII в. и Ломоносов.— В кн.: Ломоносов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940, т. 1, с. 345.



заключается в том, что ее деятельность способствовала утверждению представлений о «пользе науки для общественных нужд».

Почти все, что было достигнуто в области науки в России в XVIII в., прямо или косвенно исходило из Петербургской Академии. В стенах Академии наук работали такие ученые, как М. В. Ломоносов, Иоганн и Даниил Бернулли, Л. Эйлер, С. П. Крашенинников, П. С. Паллас, И. И. Лепёхин, Э. Г. Лаксман, Н. Я. Озерецковский, Т. Е. Ловиц, В. М. Севергин, Я. Д. Захаров и др. Многим из них принадлежит видная роль в изучении нашей страны, ее географии, населения, природных минеральных богатств.

Первым профессором химии (академиком) Петербургской Академии наук был И. Г. Гмелин (1709—1755). Он был избран в академики в 1731 г. Гмелин — автор работы «Об увеличении веса некоторых тел при обжигании», доложенной на заседании конференции Академии 6 апреля 1731 г. Эта работа затрагивала в то время актуальную проблему, связанную с выяснением причин увеличения веса при обжигании металлов, но она «ничего не прибавляла к тому, что уже было известно, и не содержала никаких новых теоретических взглядов... Но все же она представляла интерес для историка химии как первое химическое исследование, опубликованное в «Записках Петербургской Академии наук». Не исключена возможность, что эта статья была толчком, вызвавшим знаменитые опыты М. В. Ломоносова (1756) по обжиганию металлов «в заплавленных накрепко стеклянных сосудах»<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> *Погодин С. А.* Химия в Петербургской Академии наук до М. В. Ломоносова. — *Тр. Ин-та истории естествознания и техники*, 1962, т. 39, с. 10—11.

## МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ЛОМОНОСОВ И ЕГО РОЛЬ В РАЗВИТИИ ХИМИИ

**М**ихаил Васильевич Ломоносов родился в семье помора 8(19) ноября 1711 г. в деревне Мишанинской Архангельской губернии, расположенной в устье Северной Двины. Уже в юности у Ломоносова пробудился интерес к естественнонаучным знаниям<sup>1</sup>. Первые книги, которые он читал, были «Арифметика...» Л. Ф. Магницкого и «Грамматика» Мелетия Смотрицкого. В конце 1730 г. Ломоносов отправился в Москву учиться. Здесь он поступил в Славяно-греко-латинскую академию, где изучал латынь, риторику и философию. В 1735 г. в числе 12 московских семинаристов Ломоносов был переведен в Петербург в Университет при Петербургской Академии наук. В Университете он показал «отменную склонность к экспериментальной физике, химии и минералогии». Осенью 1736 г. Ломоносов вместе с двумя товарищами (Д. И. Виноградовым и Г. У. Райзером) поехал в Германию для изучения горного дела. Вначале он слушал лекции по физике и химии в Марбургском университете, а затем изучал горное дело, металлургию, маркшейдерское дело во Фрейберге. Летом 1741 г. ученый вернулся на родину. 8 января 1742 г. Ломоносов был назначен адъюнктом, а в 1745 г. ему присвоено звание профессора химии (академика) Петербургской Академии наук<sup>2</sup>.

В 1760 г. М. В. Ломоносов был избран членом Шведской Академии наук, в 1764 г. — членом Болонской Академии<sup>3</sup>.

Научная деятельность М. В. Ломоносова была весьма разнообразной, но основное внимание ученого было направлено на развитие химии и физики<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> См.: Морозов А. А. М. В. Ломоносов: Путь к зрелости. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 487 с.

<sup>2</sup> См.: Радовский М. И. М. В. Ломоносов и Петербургская Академия наук. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. IV+334 с.; Кулябко Е. С. М. В. Ломоносов и учебная деятельность Петербургской Академии наук. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 216 с.

<sup>3</sup> См.: Кулябко Е. С. Научные связи М. В. Ломоносова с зарубежными учеными. — В кн.: XVIII век. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959, сб. 4, с. 327—333.

<sup>4</sup> Основные труды Ломоносова по физике и химии впервые были опубликованы в книге Б. Н. Меншуткина «М. В. Ломоносов как физико-химик» (СПб., 1904). Полностью труды Ломоносова по химии и физике напечатаны в томах 1—4 его «Полного собрания сочинений» (М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950—1955).

В чем мы видим главное в научной деятельности М. В. Ломоносова как химика? Прежде всего в том, что весь свой могучий талант и неукротимую энергию он направил на то, чтобы из химии-искусства сделать химию-науку. Он выдвинул широкую программу химических исследований, центральным пунктом которой было изучение тех изменений, которые происходят в смешанном теле при химическом взаимодействии.

### ХИМИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ЛОМОНОСОВА

В 1742 г., вскоре после своего возвращения из-за границы, М. В. Ломоносов обратился в Канцелярию Академии наук с предложением организовать химическую лабораторию. Это обращение осталось безрезультатным. Через год он написал вторичное прошение, которое также не было удовлетворено «за неимением при Академии денег», как гласила резолюция Канцелярии. Однако этот отказ не обескуражил Ломоносова. В мае 1743 г. он вновь обратился с прошением о постройке лаборатории. Он писал: «... Академии наук довольно известно, что химические эксперименты к исследованию натуральных вещей и к приращению художеств весьма нужны и полезны и что другие Академии чрез Химию много прежде неслыханных натуральных действ находят в пользу физики и художеств, и тем получают себе не меньшие пользы и славы, нежели от других высоких наук. И так Академия наук ясно видеть может, коль великого и нужного средства к исследованию природы и к приращению художеств без Химической Лаборатории она не имеет»<sup>5</sup>.

К прошению был приложен подробный проект с программой работ. Этот документ имеет большое историческое значение. В нем Ломоносов писал: «...5. В химических действиях намерен я поступать таким порядком: 1) Нужные и в химических трудах употребительные натуральные материи сперва со всяким старанием вычистить, чтобы в них никакого постороннего примесу не было, от которого в других действиях обман быть может. 2) Вычищенные материи разделять, сколько можно на те, из которых оне натурально сложены. 3) Для лучшего доказательства, что разделенные материи из оных простых состоят, намерен оные снова соединять, сколько возможно. 4) Разные натуральные и сделанные материи соединять разными Химическими способами для произведения новых действий и материй, которые могут часто пользоваться в познании природы и к приращению художеств. ...

6. Я не токмо в разных авторах усмотрел, но и собственным искусством удостоверен, что Химические Эксперименты, будучи соединены с физическими, особливые действия показывают <...>

7. При всех помянутых опытах буду я примечать и записывать... самые действия, вес или меру употребляемых к тому материй и сосудов...»<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Цит. по кн.: Меншуткин Б. Н. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936, с. 329—330.

<sup>6</sup> Там же, с. 330, 334.



МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ  
ЛОМОНОСОВ

В программе выражены не только личные стремления М. В. Ломоносова как химика-экспериментатора; перед химией поставлена задача анализа сложных веществ с целью получения составляющих их простых и, наоборот, синтеза ранее известных или новых сложных веществ из простых.

Значение, которое М. В. Ломоносов придавал организации химической лаборатории, видно из его прошения, где он писал, что не стал бы обращаться с просьбой к Академии, а построил бы лабораторию на свой счет, «по понеже от долговременного удержания заслуженного мною жалованья в крайнюю скудость и почти в неоплатные долги пришел; для того не токмо лаборатории и к тому надлежащих инструментов и материалов завести мне невозможно, но с великою нуждою мое пропитание имею»<sup>7</sup>.

На прошение М. В. Ломоносов не получил ответа.

В 1745 г. М. В. Ломоносов после присвоения ему звания профессора прежде всего вернулся к вопросу об учреждении научно-исследовательской химической лаборатории. На этот раз он как член Академии внес в Конференцию Академии предложение — обратиться в Сенат с просьбой о постройке лаборатории и ее оборудования за счет специальных ассигнований. 15 декабря 1745 г. академики подписали соответствующее представление, и полгода спустя последовал, наконец, указ о постройке химической лаборатории по проекту Ломоносова.

21 марта 1746 г. М. В. Ломоносов писал: «...считаю целесообразным, чтобы из числа студентов были назначены два или три, которые аккуратно посещали бы мои физические лекции и, положив основание в естественной истории, затем могли бы приступить к химии и упражняться под моим руководством в химической практике в химической лаборатории (которая в этом году будет несомненно учреждена)»<sup>8</sup>.

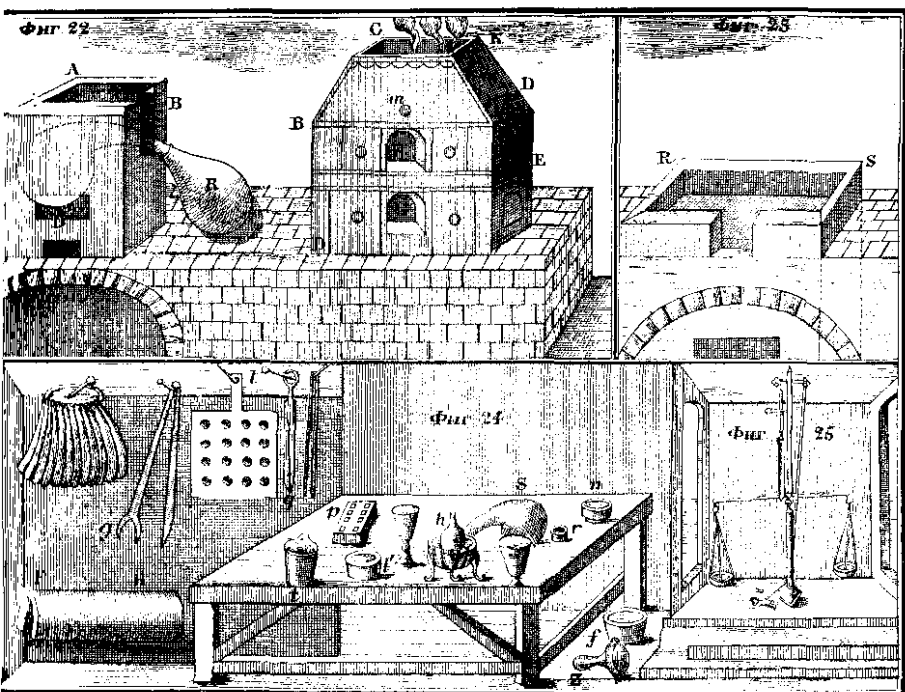
3 августа 1748 г. на Васильевском острове в Петербурге, на участке, принадлежащем Академии наук, был заложен первый камень здания химической лаборатории. Здание было задумано небольшим, и его постройка полностью закончилась уже через два месяца. 12 октября 1748 г. М. В. Ломоносов сообщил Канцелярии: «Лаборатория ... приведена со всем внешним и внутренним строением к окончанию»<sup>9</sup>.

Лаборатория Ломоносова состояла из трех комнат. Одна из них, самая большая, служила собственно для химических работ. В центре помещения был устроен каменный помост под навесом с вытяжкой. Здесь были размещены печи, дистилляционные аппараты и другие приборы. В этой, основной, комнате лаборатории осуществ-

<sup>7</sup> Там же, с. 329.

<sup>8</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч.: В 10-ти т. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950, т. 1, с. 593.

<sup>9</sup> Цит. по кн.: Меншуткин Б. Н. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии, с. 342.



Химическая лаборатория М. В. Ломоносова. Оборудование

лились такие процессы, как нагревание, обжиг, плавление, перегонка и т. п. В одной из двух смежных комнат помещались приборы — весы, термометры, микроскоп, воздушный насос и др. Здесь же читались лекции студентам академического университета, производились записи опытов; эта комната служила и кабинетом профессора. В третьей комнате находился склад материалов и реактивов. Для своего времени химическая лаборатория Ломоносова была образцовой<sup>10</sup>. Она предназначалась для анализа и испытания металлов и руд, а также для физико-химических исследований.

Судя по рапортам, подаваемым в Академию, М. В. Ломоносов свою практическую деятельность начал с очистки веществ, с приготовления солей и «водок», «чтобы в них никакого постороннего примесу не было». Ломоносов изучал в лаборатории процесс обжига металлов, производил многочисленные анализы минералов и образцов руд, которые к нему присылались из разных мест России. Уже в 1741 г. он приступил к изучению коллекции образцов русских руд и минералов, собранных в Музее Академии наук, и составил

<sup>10</sup> См.: Раскин Н. М. Химическая лаборатория М. В. Ломоносова. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 340 с.

каталог этой коллекции с детальным описанием отдельных образцов. Ломоносов задумал грандиозный план всестороннего и систематического изучения ископаемых богатств страны и предложил собирать по всей территории России образцы руд, минералов и других ископаемых и присылать их в Академию наук для изучения. Ломоносов уделял большое внимание развитию горной науки, улучшению горнозаводского дела и подготовке специалистов-горняков. В 1742 г. он закончил рукопись «Первые основания горной науки», которую переработал в книгу под названием «Первые основания металлургии, или рудных дел». Она вышла в свет в 1763 г. и стала настольным руководством для рудных металлургов и горняков.

Среди исследований, выполненных М. В. Ломоносовым в лаборатории, следует отметить его химико-технические работы по стеклу и фарфору. В 1748–1749 гг. он приступил к опытам по получению искусственно окрашенных стекол. Он произвел более 3000 опытов, давших ему богатый материал для основания «истинной теории цветов». Совместно с учениками Ломоносов приготавил большой ассортимент окрашенных стекол, которые послужили материалом для составления мозаичных картин. Изучение цвета стекла показало Ломоносову, что «изменения смешанного тела суть изменения его внутренних качеств» и что именно от «натуры первоначальных частиц... цвет и другие свойства происходят», для познания которых необходимо соединить «физические истины с химическими».

В своем отчете о работах 1751 г. М. В. Ломоносов писал: «В химии: 1) произведены многие опыты химические, по большей части огнем для исследования натуры цветов <...> 3) вымыслил некоторые новые инструменты для физической химии»<sup>11</sup>.

15 мая 1752 г. М. В. Ломоносов письменно представил Конференции Академии наук рапорт, в котором говорилось, что ему для физико-химических исследований необходимы многочисленные инструменты<sup>12</sup>.

В черновиках записей ученого, относящихся к 1752–1756 гг., дается развернутая программа физико-химических исследований солей и растворов. В этой программе значится определение растворимости солей в зависимости от температуры и давления, микроскопическое исследование кристаллов, изучение поднятия растворов в капиллярных трубках, наблюдение над кристаллизацией солей, определение удельных весов растворов, опыты по вымораживанию растворов, определение растворимости солей в насыщенных растворах других солей, определение веса воды, «выгнанной по разным градусам кальцинации» из соответствующей соли<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., 1957, т. 10, с. 388.

<sup>12</sup> Описание приборов и оборудования химической лаборатории Ломоносова дано в книге: Раскин Н. М. Химическая лаборатория М. В. Ломоносова, с. 49–83.

<sup>13</sup> См.: Вальден П. И. О трудах М. В. Ломоносова по вопросу о растворах. — В кн.: Ломоносовский сборник. 1711–1911. СПб., 1911, с. 143–148.

Важно отметить, что лаборатория Ломоносова впервые служила и учебным целям: студенты овладевали здесь практическими навыками исследовательской работы в области химии.

В 1748 г. М. В. Ломоносов объявил, что начинает курс лекций по химии: «...Михайло Ломоносов, член Академии наук и Исторического собрания, профессор химии ... по пятницам в восемь часов утра, с целью подготовки студентов к занятиям по химии, будет объяснять химические операции вообще и показывать пользу химии при раскрытии тайн природы, в зимнем же семестре он будет излагать теоретическую химию в соединении с практикой»<sup>14</sup>.

19 января 1750 г. М. В. Ломоносов писал президенту Петербургской Академии наук К. Г. Разумовскому: «А понеже химии никоим образом научиться невозможно, не видав самой практики и не принимаясь за химические операции, для того весьма нужно и полезно, чтобы определить ко мне двух или трех студентов, которые бы, слушая мои лекции, и в практике могли упражняться, и труды бы мои двойную приносили пользу, то есть новыми изобретениями для художеств и наставлением студентов.

Того ради, ваше сиятельство, нижайше прошу для показанной пользы к научению химии определить студентов, чтобы они впредь могли плоды свои принести отечеству»<sup>15</sup>.

Одним из лаборантов М. В. Ломоносова был его талантливый ученик Василий Клементьев<sup>16</sup>, который, будучи еще студентом, подготовил диссертацию на тему «Об увеличении веса металлов после осаждения». «На основании лекций почтеннейшего Ломоносова,— писал Клементьев,— я пришел к выводу, что результаты операций осаждения важнее, чем результаты остальных операций, и, не колеблясь, взялся за научное исследование их причин». Это, по-видимому, была первая работа, где сделана попытка взвешиванием установить состав полученного осадка<sup>17</sup>.

М. В. Ломоносов придавал первостепенное значение изучению состава исследуемых тел. «Из определения смешанного тела и примеров явствует, что от смешения разнородных тел происходят различные качества и явления и что поэтому для объяснения частных качеств тел и их изменений обязательно требуется познание их состава. Отсюда задача химии — исследовать как состав доступных веществам тел, так и то, из чего впервые образуются составные тела,— именно начала»<sup>18</sup>.

<sup>14</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., 1955, т. 9, с. 33—34.

<sup>15</sup> Цит. по кн.: Пекарский П. П. История императорской Академии наук в Петербурге. СПб., 1873, т. 2, с. 442.

<sup>16</sup> См.: Раскин Н. М. Василий Иванович Клементьев — ученик и лаборант М. В. Ломоносова. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 60 с.

<sup>17</sup> См.: Добротин Р. Б., Раскин Н. М. К вопросу о работах М. В. Ломоносова по изучению явления окисления. — В кн.: Ломоносов. Л.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 5, с. 174—181.

<sup>18</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., 1951, т. 2, с. 489.



## АТОМНО-КОРПУСКУЛЯРНОЕ УЧЕНИЕ

Между атомистикой XVII в. и атомистикой XVIII в. в той ее форме, какую она приобрела в трудах М. В. Ломоносова, при целом ряде общих черт есть существенные различия.

Атомистические представления в XVII в. сводились преимущественно к созданию наглядной картины химических явлений посредством образов, заимствованных из области механики. Формы атомов считались бесконечно разнообразными в соответствии с разнообразием химических явлений. Такие представления неизбежно оставались лишь наглядными иллюстрациями химических явлений, основанными на воображении.

М. В. Ломоносов видел в учении об атомах не наглядную иллюстрацию химических явлений, а теорию, помогающую в познании сущности химических процессов. Он неоднократно указывал, что «... знание первоначальных частиц толь нужно в физике, коль сами первоначальные частицы нужны к составлению тел чувствительных. Для чего толь многие учинены опыты в физике и в химии? Для чего толь великих мужей были труды и жизни опасные испытания? Для того ли только, чтобы, собрав великое множество разных вещей и материй в беспорядочную кучу, глядеть и удивляться их множеству, не размышляя о их расположении и приведении в порядок!»<sup>18a</sup>

Под «началами» М. В. Ломоносов подразумевал не «начала» в понимании химиков того времени, но «первоначальные частицы», т. е. атомы, из которых сложены все тела. В русском тексте «Рассуждения о твердости и жидкости тел» Ломоносов писал: «Во тьме должны обращаться физики, а особливо химики, не зная внутреннего нечувствительного<sup>19</sup> частиц строения»<sup>20</sup>.

Выступая против критиков атомно-корпускулярных представлений, М. В. Ломоносов писал: «Примирятся ли, например, ученые, занимающиеся ныне изучением природы, со следующим постановлением, исходящим от его (критика.— Ю. С.) трибунала? Будто пыле благоразумные физики не гонятся за точным знанием фигуры частиц. Бесспорно, это не пришлось бы по вкусу Роберту Бойлю, который сказал, что познание частиц столь же необходимо для наук о природе, сколь сами частицы — для образования тел в природе. Все более или менее видные физики, появившиеся после этого знаменитого англичанина, не расходились с ним во мнениях»<sup>21</sup>.

М. В. Ломоносов был среди тех, кто считал важнейшей задачей химии изыскание причин взаимного «союза», которым первоначальные частицы «в составлении тел сопрягаются и от которого вся раз-

<sup>18a</sup> Там же, 1952, т. 3, с. 342.

<sup>19</sup> «Чувствительными» телами М. В. Ломоносов называл объекты, доступные восприятиям наших чувств, а «нечувствительными» частицами (атомами, молекулы) — не доступные.— Ю. С.

<sup>20</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 3, с. 387.

<sup>21</sup> Там же, с. 223.

ность твердости и жидкости, жесткости и мягкости, гибкости и ломкости происходит»<sup>22</sup>.

Французский историк химии Люс Ланжевен в интересной работе, посвященной анализу и сопоставлению работ М. В. Ломоносова и Р. Бойля, справедливо отмечает, что «корпускулярная теория материи со времени Бойля совершенно не развивалась. Химики не интересовались ею. Большой заслугой Ломоносова является то, что он воскресил ее в новой форме, более разработанной, более близкой к наблюдаемым фактам»<sup>23</sup>.

Атомистическая концепция в трудах М. В. Ломоносова нашла конкретное приложение к физике и химии. Ломоносов рассматривал все явления природы как результат движения и взаимодействия атомов — «элементов» — и молекул — «корпускул», из которых, как указывал Ломоносов, состоит материальный мир.

В «Элементах математической химии» «элемент» определяется Ломоносовым как «часть тела, не состоящая из каких-либо других меньших и отличающихся от него тел». «Начало» (*principium*) — как «тело, состоящее из однородных корпускул»<sup>24</sup>. «Смешанное тело ... состоит из двух или нескольких различных начал, соединенных между собою...»<sup>25</sup>. Смешанное тело образовано из нескольких разнородных тел, сложенных, в свою очередь, из других разнородных тел, которые «нельзя отделить друг от друга никакими химическими операциями ... такого рода составляющие мы обозначаем как последние или — на языке химиков — как начала <...> задача химии — исследовать как состав доступных чувствам тел, так и то, из чего впервые образуются составные тела, — именно начала»<sup>26</sup>.

«Если, — писал Б. Н. Меншуткин, — ... заметить выражение „элемент“ через атом, „корпускула“ — через частицу или молекулу, „начало“ — назвать простым телом, химическим элементом, — то мы получим ту атомистическую систему, которая ныне принята в химии...»<sup>27</sup>.

М. В. Ломоносов высказал мысль о различии сложных тел не только по «качеству» разных атомов, входящих в частицу, но и по их неодинаковому расположению. «...основание того, что свойственно природным телам, — писал он, — нужно искать в качествах корпускул и способе их взаимного расположения...»<sup>28</sup>.

Только от «качества корпускул», их движения и взаимного проникновения частиц зависит химическая реакция. Эти положения

<sup>22</sup> Там же, т. 2, с. 355.

<sup>23</sup> Ланжевен Л. М. В. Ломоносов и Р. Бойль (корпускулярная теория материи и механистическая концепция мира). — В кн.: Ломоносов. Л.: Наука, 1977, т. 7, с. 49.

<sup>24</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 1, с. 79 и 81.

<sup>25</sup> Там же, с. 81.

<sup>26</sup> Там же, т. 2, с. 487 и 489.

<sup>27</sup> Меншуткин Б. Н. М. В. Ломоносов как физико-химик. — ЖРФХО, 1904, т. 36, вып. 9, отд. II, с. 266.

<sup>28</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 1, с. 25.

оказались самыми жизнеспособными — чем ближе к современности, тем глубже сознавалась их фундаментальность.

Программа химических исследований, основанная на атомно-корпускулярных представлениях, однако, не вписывалась в общую тематику работ того времени, направленную на изучение качественного и количественного *состава* веществ.

Учение о флогистоне, заполнившее умы ученых того времени, не нуждалось в атомно-корпускулярных представлениях. В предисловии к «Основаниям догматической и экспериментальной химии» (1723) Г. Штала говорилось: «Хотя механическая философия и хвалится тем, что может все объяснить, однако она особенно дерзновенно заливается изучением химико-физических вопросов. Я не уступаю от умеренного пользования этим методом. Однако, чтобы не быть ослепленным предвзятыми мнениями, приходится признать, что он не пролил никакого света на эти вопросы. Удивляться не приходится. Большую часть времени эта философия тратит на сомнительные утверждения»<sup>29</sup>. Такой же точки зрения придерживались немецкий философ Х. Вольф<sup>30</sup> и многие другие натурфилософы и естествоиспытатели того времени. В атмосфере таких суждений Ломоносов отдавал себе отчет в том, что его разработка атомно-молекулярного учения не встретит сочувствия и поддержки среди ученых. В письме к Леонарду Эйлеру от 5 июля 1748 г. М. В. Ломоносов писал: «...даже всю систему корпускулярной философии мог бы я опубликовать, однако боюсь, как бы не показалось, что я даю ученому миру незрелый плод скороспелого ума, если я выскажу много нового, что по большей части противоположно взглядам, принятым великими мужами»<sup>31</sup>.

### ОПЫТЫ ЛОМОНОСОВА И ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ ВЕЩЕСТВА ПРИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ

В письме к Л. Эйлеру от 5 июля 1748 г. М. В. Ломоносов сформулировал положение: «... все встречающиеся в природе изменения происходят так, что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимается у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется к какому-либо телу, столько же теряется у другого <...> Так как это всеобщий закон природы, то он распространяется и на правила

<sup>29</sup> *Stahl G. E. Fundamenta chymiae dogmaticae et experimentalis. Norimbergae, 1723. Prefatio, fol. 2 verso.* (Цитату с латинского перевел С. А. Погодин.)

<sup>30</sup> Попытки установить конечные причины Х. Вольф считал опасным «злоупотреблением механической философией». Декарт и Бойль, по мнению Вольфа, стали жертвой тех «предрассудков», которые ведут «только к ущербу физики», так как механическими причинами нельзя объяснить «последние основания вещей».

<sup>31</sup> *Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 10, с. 451.*

движения...»<sup>32</sup>. «Всеобщий закон природы» Ломоносов принимал как аксиому.

Идея вечности и неупучтожнмостн матернн высказывалась ученым задолго до М. В. Ломоносова<sup>33</sup>. В 1620 г. Ф. Бэкон сформулировал закон сохранения массы вещества в следующих словах: «...нет в природе ннчего вернее ... двойного предложения: „Из ннчего — ннчего не происходит“ и „Ннчто не уничтожается“. Все количество матернн нлн ее сумма остается постоянной и не увеличиваетсн и не уменьшнвается»<sup>34</sup>.

Р. Декарт в «Началах фнлософнн» (1644) также сформулировал положение о сохранении количества матернн и движения. Вывод о сохранении массы вытекал из работы И. Ньютона «Математические начала натуральной фнлософнн» (1687).

Таким образом, к 40-м годам XVIII в., когда М. В. Ломоносов сформулировал «Всеобщий закон природы», закон сохранения массы вещества прннмалсн как очевидная истина.

Пыталсн лн М. В. Ломоносов экспериментально доказать закон сохранения массы вещества?

При историческом анализе данного вопроса не следует забывать, что, во-первых, химическая лаборатория была построена в октябре 1748 г., а лнсьмо к Л. Эйлеру, в котором М. В. Ломоносов сформулировал «Всеобщий закон природы», было написано в июле 1748 г.; во-вторых, эксперименты Ломоносова были связаны с совершенно другой проблемой, а именно с проверкой мнения Р. Бойля, что огонь как элемент обладает весом. Чтобы доказать, что огненные частицы имеют вес, Бойль в 1676 г. провел следующий опыт. Он взвесил запаянную реторту с металлом до нагревания, затем сильно нагрел ее, охладил, вскрыл и, определив вес реторты, обнаружил увеличение веса. Вывод Бойля: через стекло при нагревании проникла матернн пламени, которая и обусловила прибавление к весу<sup>35</sup>. Ломоносов в 1756 г. повторяет опыт Бойля. Он два раза взвешивал реторту: до и после нагревания. При повторном взвешивании реторта не вскрывалась. И Ломоносов обнаружил: вес не изменился. Его вывод: «... славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере»<sup>36</sup>.

Таким образом, на основании опыта, отличного от опыта Бойля, М. В. Ломоносов делает вывод об ошибочности утверждения Р. Бойля, что вес металла увеличивается при прокаливании в результате присоединения к обжигаемому веществу огненной матернн.

<sup>32</sup> Там же, т. 2, с. 183 и 185.

<sup>33</sup> См.: Вальден П. И. О законе сохранения веса (массы) при химических реакциях. — ЖРФХО, 1912, т. 44, вып. 3, отд. II, с. 75—99.

<sup>34</sup> Бэкон Ф. Новый органон. Л.: Соцэкгиз, 1935, с. 301.

<sup>35</sup> Работа Р. Бойля «Новые опыты, которыми показывается, что части огня и пламени могут становиться устойчивыми и весомыми» была опубликована в 1677 г.

<sup>36</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 10, с. 392.

Поставленный М. В. Ломоносовым эксперимент показал, что общий вес запаянного сосуда, с его содержимым, остается неизменным. Тем самым он опровергал ошибочную концепцию Бойля об «огненной материи» как причине изменения веса вещества при обжиге<sup>36а</sup>.

Опыты М. В. Ломоносова 1756 г. могли бы оказать существенное влияние на развитие химии, если бы результаты этих опытов были опубликованы своевременно<sup>37</sup>. Они открывали путь к правильному истолкованию причины изменения веса вещества при окислении.

Через 17 лет, в 1773 г., А. Лавуазье во Франции начал серию классических опытов по обжигу веществ, аналогичных опытам Ломоносова, в результате которых пришел к созданию кислородной теории горения.

### О ПРИЧИНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕСА ВЕЩЕСТВ ПРИ ИХ ОБЖИГЕ

В историко-химической литературе часто приводится следующая выдержка из письма М. В. Ломоносова к Л. Эйлеру: «...нет никакого сомнения, что частицы из воздуха, непрерывно текущего на кальцинуемое тело, смешиваются с последним и увеличивают его

<sup>36а</sup> Впервые такая точка зрения была высказана А. И. Горбовым (см. стр. 166). В 1914 г. в интересной статье «История вопроса о конституции кислот», обсуждая опыты А. Лавуазье по нагреванию металлов в запаянных сосудах, Горбов писал: «Опыты описаны подробнее в 1774 г., и видно, что они представляют буквально повторение опытов Бойля и одновременно их проверку. Лавуазье нагревает во взвешенной запаянной стеклянной реторте олово и наблюдает, что оно сначала плавится, потом превращается частью в „известку“, а частью в какую-то черную массу; затем при взбалтывании слова очищается блестящая поверхность металла и процесс, по-видимому, останавливается. Тогда он снова взвешивал прибор; вес его совпадал с первоначальным». К этим словам Горбов делает следующее примечание: «...Благодаря исследованию Б. Н. Меншуткина... известно, что лет за 17—18 (в 1756 г.) тот же результат имелся в руках у Ломоносова: „Делал опыты, пашет последний, в запаянных накрепко стеклянных сосудах, дабы исследовать, прибывает ли вес металлов от чистого жару (курсив мой.— А. Г.). Оными опытами нашлось, что славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остался в одной мере (курсив мой.— А. Г.)“. Насколько я могу судить, здесь Ломоносовым отмечена правильно только одна сторона явления: он констатировал неизменяемость от нагревания веса прибора и вывел, что, вопреки Бойлю, тепло не превращается в этих условиях в весовую материю (...) Едва ли прав Б. Н. Меншуткин, когда он думает, что Ломоносову были в 1756 г. вполне ясны явления увеличения веса металлов при нагревании за счет поглощаемого ими „воздуха“, ибо на основании цитированных выше слов следует скорее допустить, что, по мнению Ломоносова, металлы, переходя в золу от „чистого жару“, т. е. неомываемые пламенем, не меняют веса» (Горбов А. История вопроса о конституции кислот: Доклад Русской комиссии по номенклатуре неорганических соединений.— ЖРФХО. Ч. хим., 1914, т. 46, вып. 4, отд. II, с. 104—105).

<sup>37</sup> Впервые сведения об этих опытах были опубликованы в 1827 г. в общественно-политическом журнале «Московский телеграф». (Послужной список

вес»<sup>38</sup>. Первым, кто из этих слов Ломоносова сделал далеко идущие выводы, был Б. Н. Меншуткин. Он высказал предположение, что «увеличение веса металлов при обжигании происходит именно от воздуха»<sup>39</sup>. В чем здесь заключается ошибка? Обратимся вновь к тексту письма Ломоносова к Эйлеру. Мы закончили цитату словами: «и увеличивают его вес»; однако, продолжает Ломоносов, «... если учесть опыты в замкнутом сосуде, при которых также увеличивается вес кальцинируемого тела, то можно будет ответить, что, вследствие уничтожения сцепления частиц кальцинированием, их поверхности, ранее закрытые взаимным соприкосновением, оказываются уже свободно подверженными тяготительной жидкости и потому сильнее пригнетаются к центру земли»<sup>40</sup>. Представлению о «тяготительной материи»<sup>41</sup> как причине изменения веса вещества при химических операциях Ломоносов придавал столь большое значение, что спустя десять лет он дословно повторяет слова, сказанные им в 1748 г. В диссертации «Об отношении количества материи и веса» (1758) Ломоносов усиливает только одно место. Он уже говорит об опытах, которые «не допускают сомнения». Следовательно, если в 1748 г. Ломоносов опирался, видимо, только на данные Войля, когда говорил, что «в замкнутом сосуде также увеличивается вес кальцинируемого тела» от прибавления «огненной материи», то в 1758 г. он уже опирался на результаты своих собственных опытов, выполненных в 1756 г. Эти опыты, во-первых, отвергали «известное мнение (Бойля.— Ю. С.) об огне, остающемся в кальцинированных телах», во-вторых, убедили Ломоносова, что «при процессе обжигания к телам присоединяется некоторая материя, только не та, которая приписывается собственно огню...»<sup>42</sup>. О какой материи шла здесь речь? Из текста письма, диссертаций и других работ Ломоносова видно, что речь шла не о воздухе. Если бы от воздуха зависело увеличение веса металлов при их обжиге, то это явление можно было объяснить только *химическим взаимодействием* воздуха с металлом. Но к 50-м годам XVIII в. логика развития химических знаний еще не подвела ученых к пониманию окислительно-восстановительных процессов с участием воздуха. В то время флогистон, если можно так сказать, вытеснил воздух из химических воззрений и в какой-то степени тем самым задержал изучение состава воздуха.

М. В. Ломоносова с 1751 по 1756 год.— Московский телеграф, 1827, ч. 18, № 22 (ноябрь), с. 109—117; перепечатано: *Ломоносов М. В.* Полн. собр. соч., т. 10, с. 388—393).

<sup>38</sup> *Ломоносов М. В.* Полн. собр. соч., т. 2, с. 191.

<sup>39</sup> *Меншуткин Б. Н.* М. В. Ломоносов как физико-химик.— *ЖРФХО*, 1904, т. 36, вып. 9, отд. II, с. 271.

<sup>40</sup> *Ломоносов М. В.* Полн. собр. соч., т. 2, с. 191.

<sup>41</sup> Согласно Ломоносову, «тяготительная материя воздействует даже на мельчайшие частицы, вполне свободно проникает в самые узкие поры и, следовательно, должна быть в величайшей степени текучей» (Полн. собр. соч., т. 2, с. 185).

<sup>42</sup> Там же, с. 47 и 49.

Вот почему в 40–50-х годах XVIII в. в химии господствуют *физические представления* о воздухе как об особой материи с упругими свойствами. Если вчитаться в текст диссертаций Ломоносова: «Опыт теории упругости воздуха» (1750), «О действии химических растворителей вообще» (1750), то мы увидим, что лейтмотивом здесь звучит мысль, что частички воздуха обладают «перушимой прочностью», поэтому их «по справедливости следует назвать воздушными атомами»<sup>43</sup>. В порах твердых тел находится «спененный воздух», который производит «удивительные действия» своими упругими свойствами.

В процессе растворения, по мнению М. В. Ломоносова, воздух, содержащийся в порах частичек кислоты, внедряется в поры частичек металла и, соединяясь там со «сгущенным» воздухом металла, приобретает «огромную упругость», ломая металл на мельчайшие частицы.

В процессе растворения металлов в кислотах, согласно М. В. Ломоносову, происходит отрыв частиц в результате действия воздуха, сжатого в порах частичек кислоты и металла. Выделение пузырьков воздуха (водорода) при растворении металлов в кислотах, как считал Ломоносов, является убедительным подтверждением такого заключения. Так явление, которое в то время не могло быть правильно истолковано, привело ученого к ошибочным представлениям. Воздух в этом процессе рассматривается Ломоносовым как самостоятельный, в химическом отношении инертный, компонент системы. Его воздействие на эту систему производится только *упругими* свойствами.

Из высказывания М. В. Ломоносова, так часто цитируемого в литературе, «...нет никакого сомнения в том, что частицы из воздуха (подчеркнуто нами.— Ю. С.), непрерывно текущего на кальцинируемое тело, смешиваются с последним и увеличивают его вес»<sup>44</sup>, видно, что воздух он рассматривает как *дисперсную систему* (аэрозоль). Частицы, «летающие вокруг в воздухе, который непрерывно обтекает (курсив наш.— Ю. С.) обжигаемые тела»<sup>45</sup>, смешиваются с обжигаемым телом и увеличивают его вес.

Высказано предположение, что М. В. Ломоносов, «повторив опыт Бойля и убедившись в неизменности веса запаянного сосуда с металлом... вскрыл сосуд и взвесил самый металл»<sup>46</sup>. В этом случае он, конечно бы, обнаружил увеличение веса металла, а следовательно, и с присущим ему неверием в «огненные материи» попытался бы связать наблюдаемое явление с воздухом, заключенным в сосуде. Тогда следующим шагом неизбежно должна была бы

<sup>43</sup> Атом во времена Ломоносова, так же как и во времена Демокрита, считался неделимым, вечным, неизменным.

<sup>44</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 2, с. 191.

<sup>45</sup> Там же, с. 47.

<sup>46</sup> Дорфман Я. Г. Закон сохранения массы при химических реакциях и физические воззрения Ломоносова.— В кн.: Ломоносов, т. 5, с. 185.

явиться серия экспериментов с целью выяснения поведения металлов при обжиге на воздухе и в «пустоте». Однако мощность «воздушного насоса» в тот период не позволяла достигнуть разрежения, требуемого для предотвращения окисления металла.

Все эти рассуждения имели бы силу, если бы в работах М. В. Ломоносова могла бы идти речь о химическом взаимодействии части воздуха и металла. Но час для такого решающего шага в развитии химии в 50-х годах XVIII в. еще не наступил.

Потребовались многочисленные исследования химиков-пневматиков (Дж. Блэка, Г. Кавендиша, Дж. Пристли, К. Шееле), чтобы принципиально изменить представление о воздухе, компоненты которого принимают непосредственное участие в химических превращениях вещества.

Таким образом, между М. В. Ломоносовым и А. Лавуазье находится важнейший участок развития химии, без которого невозможно понять, почему именно Лавуазье мог свершить революционные изменения в химии.

Важно еще раз подчеркнуть, что М. В. Ломоносов жил в эпоху физики газов, а А. Лавуазье — в эпоху химии газов. Безусловно поэтому будет попытка отыскать в работах Ломоносова идею о *взаимодействии* воздуха и металла при обжиге как причине увеличения его веса.

Запись М. В. Ломоносова о том, что им были «учинены опыты химические со вспоможением воздушного насоса, где в сосудах химических, из которых был воздух вытянут, показывали на огне минералы такие феномены, какие химикам еще не известны»<sup>47</sup>, в свете последующих открытий химиков-пневматиков, Лавуазье и других химиков, порожидала различные предположения. Но о каких «феноменах» шла речь, мы не знаем, так как не располагаем ни диссертацией Ломоносова «Об увеличении веса при обжигании», в которой автор намеревался подробно изложить результаты своих опытов, ни журналом с записью самих опытов, а кроме того, не знаем истинных причин отказа Ломоносова от прочтения доклада на эту тему перед академическим собранием. (В Архиве Академии наук эти материалы не сохранились).

Одно можно сказать. Если бы М. В. Ломоносов придавал большее значение этим опытам, то он, видимо, упомянул бы о них в составленном им «Обзоре важнейших открытий, которыми постарался обогатить естественные науки Михайло Ломоносов...»<sup>48</sup>.

В январе 1758 г. М. В. Ломоносов представил диссертацию «Об отношении количества материи и веса», которая для анализа обсуждаемой нами проблемы имеет особое значение. Из текста диссертации видно, что опыты 1756 г. совершенно не изменили взгляды Ломоносова на причину изменения веса вещества при их обжиге. Приблизив в начале 1740-х годов к сторонникам идеи о «тяготи-

<sup>47</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 10, с. 392—393.

<sup>48</sup> Там же, с. 408—411.



тельной материи», Ломоносов последовательно придерживался мнения, что «тяготительная материя воздействует и на мельчайшие частицы» пропорционально величине их поверхности и тем самым «толкает... тела к центру земли»<sup>49</sup>.

«Хотя обожженные металлы увеличиваются в весе,— писал М. В. Ломоносов в 1751 г.,— откуда можно было бы заключить, что это изменение совершается от прибавления какой-то посторонней материи, однако ... увеличение веса в обожженных телах может происходить от совсем иной причины, чем от прибавления какой-либо внешней материи, согласится всякий, кто не отрицает, что тяготительная материя должна сильнее действовать на бока корпускул, освободившиеся от взаимного касания при прокаливании»<sup>50</sup>. Эта точка зрения вытекала из представления Ломоносова, что «тяготение есть движение производное и, следовательно, зависит от другого движущего [тела]»<sup>51</sup>. Ломоносов был убежденным противником представлений о «чудодейственной силе» тяготения, которой приписывалось тогда нематериальное происхождение<sup>52</sup>.

Резко отвергая представления о том, что тела обладают «притягательной силой», М. В. Ломоносов выдвигает положение: «Тяжесть тел не зависит от какой-либо притягательной силы, но от тяготительной материи»<sup>53</sup>. Он считал, что вес не является истинной мерой массы вещества. Согласно Ломоносову, «удельный вес тел изменяется пропорционально поверхностям<sup>54</sup>, противопоставляемым тяготительной жидкости непроницаемыми для нее корпускулами»<sup>55</sup>.

Для нас представляют интерес следующие слова М. В. Ломоносова, откровенно сказанные им Л. Эйлеру: «При попытках привести к достоверности начала химии и все, что широко распространено в области углубленной физики, мне преграждает путь общепринятое мнение, считающее у большинства аксиомой, что плотность связанной материи тел пропорциональна их весу»<sup>55a</sup>.

В письме от 7 декабря 1756 г. С. Я. Румовский извещал Л. Эйлера: «Г. советник Ломоносов намерен предложить ученым ... вопрос: ...тяжесть тел пропорциональна ли количеству вещества? <...> количество движения пропорционально ли массе, помноженной на скорость или на квадрат скорости? <...> Г. Ломоносов хочет издать рассуждение, которым намеревается опровергнуть все, что до сих пор успели открыть, потому что он доказывает, что тяжесть тел не пропорциональна количеству вещества и что количество движе-

<sup>49</sup> Там же, т. 3, с. 365.

<sup>50</sup> Там же, т. 1, с. 393 и 395.

<sup>51</sup> Там же, т. 2, с. 197.

<sup>52</sup> Причины движения самой «тяготительной материи» к центру Земли оставались, однако, такой же загадкой, как и силы тяготения.

<sup>53</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 2, с. 197.

<sup>54</sup> Если вес вещества зависит от его объема и поверхности, то закон сохранения массы вещества при химических реакциях теряет свой смысл.

<sup>55</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 3, с. 367.

<sup>55a</sup> Там же, т. 2, с. 173.

ния не пропорционально массе, помноженной на квадрат скорости»<sup>56</sup>.

Мы знаем, что после И. Ньютона эта аксиома утвердилась в науке как фундаментальный закон: «Количество материи (масса) есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее...». Масса вещества «определяется по весу тела, ибо она пропорциональна весу»<sup>57</sup>.

## М. В. ЛОМОНОСОВ И УЧЕНИЕ О ФЛОГИСТОНЕ

До сих пор в литературе встречается суждение, что М. В. Ломоносов не был сторонником учения о флогистоне, более того, иногда даже утверждается, что Ломоносов был противником теории флогистона.

Противоречия в вопросе об отношении М. В. Ломоносова к учению о флогистоне имеют свою историю. Еще в 1901 г. академик Н. Н. Бекетов, проанализировав работу Ломоносова «О причине теплоты и холода», пришел к выводу, что Ломоносов «к флогистону относился с недоверием», поскольку он был противником теории теплорода и «огненной материи»<sup>58</sup>.

Противоположную точку зрения тогда же, т. е. в 1901 г., высказал В. И. Вернадский: «В химии он (Ломоносов.— Ю. С.) был последователем флогистической теории»<sup>59</sup>. В книге «М. В. Ломоносов как физико-химик» (1904) Б. Н. Меншуткин, обсуждая вопрос об отношении Ломоносова к учению о флогистоне, высказал такое предположение: «Стремление Ломоносова смотреть на все химические явления с точки зрения учений Сталя вполне естественно, так как увеличивало шансы его получить премию (Берлинской Академии наук.— Ю. С.)». Именно по этим мотивам «Ломоносов был сильно заинтересован ... писать свои рассуждения, придерживаясь теории флогистона»<sup>60</sup>.

Вопросом об отношении М. В. Ломоносова к учению о флогистоне Б. Н. Меншуткин настолько заинтересовался, что в 1911 г. написал специальную статью «М. В. Ломоносов и флогистон». В ней он, в частности, писал: «Для получения профессорского звания необходимо было представить такую диссертацию, которая не могла бы вызвать неблагоприятных замечаний академиков, подобно

<sup>56</sup> Цит. по кн.: Пекарский П. Указ. соч., т. 2, с. 599—600.

<sup>57</sup> Ньютон И. Математические начала натуральной философии.— В кн.: Крылов А. Н. Собрание трудов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936, т. 7, с. 23.

<sup>58</sup> Бекетов Н. Н. История химической лаборатории при Академии наук.— В кн.: Ломоносовский сборник: Материалы для истории развития химии в России. М., 1904, с. 2 (отд. паг.).

<sup>59</sup> Вернадский В. И. О значении трудов М. В. Ломоносова в минералогии и геологии.— Там же, с. 28.

<sup>60</sup> Меншуткин Б. Н. М. В. Ломоносов как физико-химик, с. 249.

всем ученым того времени, считавших теорию флогистона непреложной истиной. Очевидно, что всего вернее можно было этого достигнуть не новыми, для того времени революционными, идеями, не нравившимися членам конференции, но работой, написанной с точным соблюдением фантастических особенностей флогистона. В этом, без сомнения, и кроется причина того, что диссертация о светлости металлов написана в духе теории флогистона: в ней Ломоносов как бы старается загладить неблагоприятное впечатление, произведенное размышлениями о причинах теплоты и холода»<sup>61</sup>.

Подобный аргумент уже в то время вызывал возражение некоторых ученых. Так, в 1915 г. В. В. Курилов писал, что он не может «согласиться... с тем мнением, что Ломоносов, будучи убежден в несуществовании флогистона, пользуется флогистонной теорией ради житейских приспособлений»<sup>62</sup>. «По моему мнению,— говорит Курилов,— отношение Ломоносова к флогистону ближе всего стоит к взгляду Бюффона, высказанному им в 1774 г. в его „Histoire Naturelle“, допускавшему флогистон в системе объяснения химических превращений»<sup>63</sup>.

Эти замечания, видимо, оказали влияние на Б. Н. Меншуткина. Подготавливая к новому изданию полный текст трудов М. В. Ломоносова по химии и физике, Меншуткин убедился, что отношение Ломоносова к флогистону не такое, как думал Н. Н. Бекетов, но анализировать эту проблему он не стал.

В 1950-е годы, когда интерес к творчеству М. В. Ломоносова вновь сильно возрос, появились работы, в которых утверждалось, что «Ломоносов начал серьезную работу ... против шталевской огненной материи и продолжал эту борьбу упорно и настойчиво до самой смерти»<sup>64</sup>.

Нельзя признать справедливой эту точку зрения. Ломоносов вел борьбу с учением о теплороде, но не с теорией флогистона. Ознакомление с содержанием всех работ М. В. Ломоносова по химии и физике убедительно показывает, что Ломоносов — активный сто-

<sup>61</sup> Меншуткин Б. Н. М. В. Ломоносов и флогистон.— В кн.: Ломоносовский сборник, 1911, с. 160—161.

<sup>62</sup> Курилов В. В. Ломоносов как физико-химик.— Природа, 1915, апр., с. 577—578.

<sup>63</sup> Там же, с. 578.

<sup>64</sup> Дорфман Я. Г. Роль Ломоносова в истории развития молекулярно-кинетической теории теплоты.— В кн.: Ломоносов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951, т. 3, с. 36.

Я. Г. Дорфман, а также и другие авторы не проводили различия между понятиями «теплород» и «флогистон». Между тем, теплород — это материальное начало (невесомый флюид), а флогистон, по Шталю, — материальное начало горючести. См., например, фрагменты из работ Г. Штала в книге «Всеобщая история химии: Становление химии как науки» (М.: Наука, 1983, с. 422—429) и статью И. Штрубе «Роль теории флогистона Г. Э. Штала в развитии химии», опубликованную в 1970 г. в «Вопросах истории естествознания и техники» (вып. 2(31), с. 58—65).

ронник учения о флогистоне<sup>65</sup>. Он жил в период развития химии, когда господствующим представлением об окислительно-восстановительных процессах было представление о флогистоне как причине горючести веществ. Он принял это представление и систематически его использовал в своих работах.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ ПО ЛОМОНОСОВУ

В 1740—1750-х годах, т. е. в период наибольшего расцвета химико-аналитических исследований, М. В. Ломоносов выдвигает новую программу химических исследований, центральным пунктом которой было изучение химических процессов, т. е. тех изменений, которые происходят в смешанном теле при химическом взаимодействии. Подобно Р. Бойлю, который хотел, опираясь на союз химии, механики и физики, создать новую химию, Ломоносов стремился обосновать химию как науку.

Если химия — наука, то, как считал М. В. Ломоносов, она должна иметь свою теорию, позволяющую вскрыть *причины* химических явлений и объяснить *зависимость* физико-химических свойств соединений от их состава и строения.

На первом этапе (1741—1747) своего творческого пути М. В. Ломоносов стремился превратить химию в науку, опираясь на союз химии с механикой и математикой. Это стремление наиболее четко проявилось в его незаконченной работе «Элементы математической химии» (1741). Чем характерен этот труд? Прежде всего желанием автора ввести в химию четкие и строго сформулированные понятия, подобно тому, как это делается в математике<sup>66</sup>.

В диссертации «О действии химических растворителей вообще» (1745) М. В. Ломоносов писал: «Высшая степень достоверности приобретает в физических вопросах, если положения, выведенные и доказанные *a priori* и подтвержденные явлениями и опытами, соответствуют также и математической проверке»<sup>67</sup>.

На втором этапе (1747—1756) М. В. Ломоносов основное свое внимание обратил на союз химии с физикой. «Обе науки (химия и физика. — Ю. С.), — подчеркивал Ломоносов, — благодаря взаимной помощи» получают большее развитие. В 1749 г. в «Диссертации о рождении и природе селитры» Ломоносов писал: «...можно легче распознать скрытую природу тел, если мы соединим физические истины с химическими. А когда все химические истины будут объ-

<sup>65</sup> «При растворении какого-нибудь неблагородного металла, особенно железа, в кислотных спиртах (т. е. в кислотах. — Ю. С.) из отверстия склянки вырывается горючий пар, который представляет собою не что иное, как флогистон», — так писал М. В. Ломоносов (Полн. собр. соч., т. 1, с. 399).

<sup>66</sup> См.: Фигуровский Н. А. Предмет и задачи химии в определениях М. В. Ломоносова. — Вopr. истории естествознания и техники, 1962, вып. 12, с. 22—27.

<sup>67</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 1, с. 369.

единены более строгим методом и будет ясно, насколько одна истинна может быть объяснена или выведена из другой, то химия сама по себе будет наукой»<sup>68</sup>.

В 1753 г. «по окончании лекций (Ломоносов.— Ю. С.) делал новые химико-физические опыты, дабы привести химию, сколько можно, к философскому познанию и сделать частью основательной физики; из оных многочисленных опытов, где мера, вес и их пропорция показаны, сочинены многие цифирные таблицы...»<sup>69</sup>.

В 1752—1754 гг. М. В. Ломоносов прочитал студентам академического Университета первый в мире курс физической химии. Анализ содержания «Введения в истинную физическую химию», а также программы физико-химических опытов, разработанной Ломоносовым, показывает, что ученый стремился преобразовать химию: из искусства разделять вещества на составные части в науку, изучающую и объясняющую то, что «происходит в смешанных телах при химических операциях».

В отчете о своих работах по химии за 1752 год М. В. Ломоносов писал: «... для ясного понятия и краткого познания *всей* (курсив наш.— Ю. С.) химии диктовал студентам<sup>70</sup> и толковал сочиненные мною к физической химии пролегомены... Во *всем* курсе экспериментальной химии, созданной моими трудами ... я предполагаю сделать попытку исследовать *все*, что может быть измерено, взвешено и определено математической практикой»<sup>71</sup>. Ломоносов, как мы видим, предложил конкретную программу построения современной ему химической науки на новом, физико-химическом, фундаменте. «Физическая химия,— по определению Ломоносова,— есть наука, объясняющая на основании положений и опытов физики то, что происходит в смешанных телах при химических операциях»<sup>72</sup>.

Сам Ломоносов объяснял, что он понимал под физической химией: «Мы захотели назвать этот труд физической химией потому, что решили, прилагая к тому все старание, включить в него только то, что содействует научному объяснению смешения тел. Поэтому мы считаем необходимым все, относящееся к наукам экономическим, фармацевтич., металлургии, стекольному делу и т. д., отсюда исключить и отнести в особый курс технической химии...»<sup>72а</sup>.

Первым, кто правильно истолковал цели и задачи физической

<sup>68</sup> Там же, т. 2, с. 223.

<sup>69</sup> Там же, т. 10, с. 390. Лабораторный журнал и лабораторные записи М. В. Ломоносова долгое время хранились в Архиве АН СССР и были опубликованы только в 1940 г. (см.: Ломоносов: Сборник статей и материалов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 9—65).

<sup>70</sup> Заслуживает внимания тот факт, что по проекту М. В. Ломоносова об учреждении Московского университета (1754) на медицинском факультете Университета учреждалась должность «Доктора и Профессора химии», который должен «обучать *Химии Физической особливо и Аптекарьской*».

<sup>71</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 10, с. 389.

<sup>72</sup> Там же, т. 2, с. 483.

<sup>72а</sup> Там же.

химии по Ломоносову, был Б. Н. Меншуткин<sup>73</sup>. Еще в 1904 г. он писал, что Ломоносов «ставил себе целью построить все здание химии на математических началах, на законах механики, управляющих взаимными отношениями частиц, составляющих тела; он стремился объяснить при помощи физических истин истины химические, одним словом, сделать химию наукой точной, сделать ее „истинной физической химией“»<sup>74</sup>.

Такой же точки зрения придерживался и П. И. Вальден. Он писал: «В истории физической химии имя первого русского химика Михаила Васильевича Ломоносова должно стоять на первых страницах <...> Вся научная его жизнь была посвящена идее освобождения химии от ига медицины и аптекарского искусства превращением ее в науку физико-химическую»<sup>75</sup>.

«Поистине удивительной можно назвать программу опытов, задуманную Ломоносовым с целью изучения водных растворов солей <...> Эту программу нужно назвать программой ученого-гиганта <...> Программа эта обнимает почти весь экспериментальный и теоретический запас проблем, которые излагаются в настоящее время в многочисленных трудах по физико-химии ... за исключением, однако, учения о химическом средстве»<sup>76</sup>.

Утверждение М. В. Ломоносова, что «теория растворов есть первый пример и образец для основания истинной Физической Химии»<sup>77</sup>, полностью оправдалось в 1880-х годах, когда созданные Д. И. Менделеевым, Я. Вант-Гоффом и С. Аррениусом фундаментальные теории растворов легли в основу классической физической химии.

Дошедшие до нас документы и записи, связанные с разработкой широко задуманной программы построения «истинной физической химии», не дают, однако, полного представления о гениальном замысле М. В. Ломоносова — синтетически охватить и обработать весь накопленный до того времени материал в области физики и химии. Прав был Б. Н. Меншуткин, когда высказал такое суждение: «... даже если бы все лабораторные журналы Ломоносова были в наших руках, то и то, конечно, мы были бы весьма далеки от полного и исчерпывающего решения поставленных им задач»<sup>78</sup>.

<sup>73</sup> К сожалению, правильная точка зрения Б. Н. Меншуткина была модернизирована в ошибочное суждение, что Ломоносов — основатель той физической химии, которая приобрела статус самостоятельной науки в последней четверти XIX в. Физическая химия конца XIX в. была действительно пограничной наукой. Она возникла на стыке химии и физики в результате сложного взаимодействия химии и физики в процессе их исторического развития. (Более подробно см.: Соловьев Ю. И. Об эволюции понятия «физическая химия». — Журн. физ. химии, 1980, т. 54, вып. 4, с. 1077—1082).

<sup>74</sup> Меншуткин Б. Н. М. В. Ломоносов как физико-химик, с. 2.

<sup>75</sup> Вальден П. И. О трудах М. В. Ломоносова по вопросу о растворах. — В кн.: Ломоносовский сборник, 1911, с. 123.

<sup>76</sup> Там же, с. 137, 143, 144.

<sup>77</sup> Меншуткин Б. Н. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии, с. 486.

<sup>78</sup> Там же, с. 416.

Грандиозный замысел построить в середине XVIII в. в естествознании стройное здание «истинной физической химии» натолкнулся, однако, на непреодолимые трудности, связанные прежде всего с состоянием химии и физики того времени. «Невозможно ведь согласовать несомненные начала с количественными физико-химическими опытами...»<sup>79</sup>.

Эти трудности и противоречия между полетом мысли ученого и возможностями примитивной техники физико-химической лабораторной работы привели к тому, что «обширнейшие намерения дали, вообще говоря, сравнительно незначительные результаты»<sup>80</sup>. Химию флогистонного периода оказалось невозможным сдвинуть в область количественных физико-химических измерений усилиями одного ученого. К этим объективным причинам присоединились субъективные. После 1758 г. М. В. Ломоносов, загруженный другими обязанностями, отошел от руководства созданной им Химической лаборатории Петербургской Академии наук.

В XVIII в. мы не находим продолжателей М. В. Ломоносова в области обоснования физической химии как единой химической науки. Этот процесс требовал интеграции химических знаний, между тем в XVIII в. начался противоположный процесс — процесс дифференциации химии, который к концу века все больше углублялся. После Ломоносова в Химической лаборатории Петербургской Академии наук меняется направление исследований. Вместо физико-химической тематики в лаборатории начинает преобладать химико-аналитическое изучение минералов, руд и нерудных ископаемых России, что имело первостепенное значение для развития отечественной промышленности.

## *Глава 2*

### ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XVIII ВЕКА

Во второй половине XVIII в. в работах русских химиков доминировали исследования, направленные на решение конкретных задач, связанных с экономическими запросами России того времени.

Чтобы реально содействовать развитию экономической и культурной жизни страны, необходимо было прежде всего изучить естественные богатства огромной страны<sup>1</sup>. Для химиков это значило:

<sup>79</sup> Там же, с. 519.

<sup>80</sup> Там же, с. 416.

<sup>1</sup> Кузин А. А. История открытия рудных месторождений в России до середины XIX в. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 360 с.

изучить состав различных минералов и руд, внедрить в горные и металлургические производства новые способы получения практически важных веществ. Именно поэтому на первый план вышли «металлургическая химия», химико-аналитические исследования различных руд, минералов, солей, что диктовалось запросами горнодобывающей и горнозаводской промышленности. «Вопросы чистой науки не стояли на первом месте: не материя по себе, а материя, встречаемая в России, составляла главную задачу исследования»<sup>2</sup>.

Во второй половине XVIII в., наряду с горно-металлургическими центрами в Подмосковье и Карелии, сложились и быстро выросли новые районы горной промышленности на Урале, Алтае и в Сибири. В 1783—1791 гг. в России было построено 16 горно-металлургических и металлообрабатывающих заводов<sup>3</sup>.

В 1767 г. в России производилось около 9½ млн. пудов чугуна.

По данным П. Г. Любомирова, «в 1750-х и 1760-х годах большие партии русского железа идут в экспорт: в 1751—1760 гг. от 455 000 (1757 г.) до 1 000 000 пудов (в 1752 г.) в год, в 1760-х годах уже свыше миллиона пудов <...> В 1772 г. — 1 805 000 пудов, в 1782 г. — 3 840 000 пудов»<sup>4</sup>.

### «РУДНОЕ ДЕЛО». «ПРОБИРНОЕ ИСКУССТВО»

В 1719 г. была основана Берг-коллегия «для ведения дел о рудах и минералах». При Берг-коллегии была создана лаборатория для анализа руд и обучения металлургов. Исследованием руд и минералов занимался также Петербургский монетный двор, где в 1735 г. была открыта химическая лаборатория.

Ярким примером научной и организационной деятельности, направленной на решение химико-технологических, прикладных задач, является деятельность Ивана Андреевича Шлаттера (1708—1768), крупного специалиста по горному делу и монетному искусству<sup>5</sup>. В 1722 г. он был назначен пробирером в химическую лабораторию Берг-коллегии. Здесь он разработал метод получения желтой меди (латуни). При Петербургском монетном дворе, основанном в 1724 г., Шлаттер оборудовал химическую лабораторию (1745), где в 1747 г. разработал сухой метод разделения золота и серебра. Ему принад-

<sup>2</sup> Вальден П. И. Очерк истории химии в России.— В кн.: Ладенбург А. Лекции по истории развития химии от Лавуазье до нашего времени. Одесса: Матезис, 1917, с. 393.

<sup>3</sup> Любомиров П. Г. Географическое размещение металлургической и металлообрабатывающей промышленности в России в XVII, XVIII и начале XIX в.— В кн.: Любомиров П. Г. Очерки по истории русской промышленности (XVII, XVIII и начало XIX века). Л.: Госполитиздат, 1947, с. 501.

<sup>4</sup> Там же, с. 436, 441.

<sup>5</sup> Интересный материал о жизни и деятельности И. А. Шлаттера читатель найдет в статье: Бальзер А. Известие о фамилии гг. Шлаттеров, много спешествовавших усовершенствованию горных и монетных дел в России, с портретом И. А. Шлаттера.— Горн. журн., 1844, ч. I, кп. II, с. 279—294.



лежит ряд руководств с описанием методов, как «пробовать и перечислять» металлы<sup>6</sup>.

В 1754 г. И. А. Шлаттер издал книгу «Задачи, касающиеся до монетного искусства, сочинения для обучения определенных при монетных дворах коллегии и титулярных юнкеров и прочих учеников», которую можно рассматривать как первое руководство по аналитической химии на русском языке. В этой книге подробно описан весовой анализ, точные весы и методы взвешивания проб золота и серебра. «К напевиванию золотых и серебряных проб потребно иметь весьма исправно сделанные, варкие и суктельные вески, каковы здесь в России на Монетных дворах исправно делаются»<sup>6а</sup>. В 1760 г. вышло «Обстоятельное наставление рудному делу, состоящее из четырех частей, в которых описаны рудоконные места, жилы и способы для прииску оных, також учреждение новых рудников, потребные к рудному произведению машины, и разобрание, толчение и промывание руд; с прибавлением о добывании каменного угля, сочиненное и многими чертежами изъясненное действительным статским советником, Берг-коллегии президентом и монетной канцелярии главным судьей Иваном Шлаттером» в четырех частях<sup>7</sup>, сыгравшее важную роль в подготовке специалистов по горному делу. Такие специалисты готовились в Московском университете, основанном в 1755 г. по проекту М. В. Ломоносова<sup>8</sup>. В 60–70-х годах XVIII в. в Университете велось преподавание «минералогии с химией металлургической и доцимастической» (т. е. пробирной).

В 1758–1770 гг. кафедру химии в Московском университете занимал профессор И. Х. Керштенс, родом из Германии. В 1761–1764 гг. он читал общую и частную химию, специальную часть химии, в которой говорил о химических операциях, рудоконную и пробирную химию. Практические занятия по металлургической химии и пробирному анализу Керштенс вел со студентами в Химической лаборатории Университета, построенной в 1758 г.<sup>9</sup> Для тех

<sup>6</sup> См.: [Шлаттер И. А.] Описание при монетном деле потребного искусства, в двух главных частях состоящее, из которых первая часть содержит описание монетного дела и как употребляемые к тому металлы пробовать и перечислять, також какие потребности к такому делу надобны и как оные приуготовлять... вторая часть показывает о аллигации или смешивании золота и серебра, о валвации или о оценке всяких иностранных и российских монетных сортов и о прочем... СПб., 1739. 97 с.

<sup>6а</sup> Шлаттер И. А. Задачи, касающиеся до монетного искусства... СПб., 1754, ч. 1. О пробирной науке. с. 5.

<sup>7</sup> См.: Радкевич Е. А. И. А. Шлаттер и его книга «Обстоятельное наставление рудному делу». — В кн.: Очерки по истории геологических знаний. М.: Изд-во АН СССР, 1955, вып. 4, с. 124–150.

<sup>8</sup> См.: Беляевский М. Т. М. В. Ломоносов и основание Московского университета. М.: Изд-во МГУ, 1955. 312 с.

<sup>9</sup> См.: Пенчко Н. А., Погосдин С. А. Первая химическая лаборатория Московского университета. — Вopr. истории естествознания и техники, 1964, вып. 47, с. 97–103.

студентов, «которые впредь к горному и монетному делу определены быть могут», Керштеинс читал курс «рудоконной и пробирной химии, остальное время — на практику»<sup>10</sup>.

В 1758 г. Московский университет окончил М. И. Афонин, который специализировался по химии, минералогии и металлургии. В конце 1770-х годов он переехал в Петербург, где в Горном училище в качестве профессора проводил занятия по химии, минералогии и пробирному искусству.

В 1760—1770-е годы Московский университет готовил специалистов, которые направлялись для «распространения и улучшения» производства металлургических и других заводов, главным образом уральских.

Опись имущества Химической лаборатории, относящаяся к 1770 г., указывает, что в лаборатории имелись два отдела: отдел пробирного анализа и отдел фармацевтической химии<sup>11</sup>.

С 1761 г., после М. В. Ломоносова, на кафедре химии Петербургской Академии наук работал академик Иоганн Готлиб Леман (1719—1767), известный как минералог и химик. Он провел химические исследования различных веществ. Так, в 1766 г. Леман впервые описал сибирскую красную свинцовую руду (крокоит,  $\text{PbCrO}_4$ )<sup>12</sup>, опубликовал несколько статей по химической технологии (добывание квасцов, очистка поваренной соли и т. д.). На Лемана были возложены обучение студентов и популяризация научных знаний. Он обязан был «по два дня в неделю читать публично в университете химию и металлургию и при Купсткамере в учреждении Минерального кабинета читать вспоможение». Ему также предоставлялось право «достаток имеющим охотникам читать privately минералогию и пробирную науку...»<sup>13</sup>. Леман подготовил краткое наставление по минералогии и металлургии для «российского юношества». В 1772 г. вышел перевод книги Лемана «Пробирное искусство»<sup>14</sup>, представляющей собой учебник аналитической химии с уклоном в горное дело. Руководство Лемана излагает приемы качественного и количественного анализа солей, руд, минералов, металлов и их соединений. Уделяется значительное внима-

<sup>10</sup> Пенчко Н. А. Основание Московского университета. М.: Изд-во МГУ, 1953, с. 120.

<sup>11</sup> См.: Погодин С. А. Химическая лаборатория Московского университета по описи ее имущества, составленной в 1770 г.— *Вопр. истории естествознания и техники*, 1965, вып. 18, с. 53—62.

<sup>12</sup> При исследовании крокоита в 1797 г. французский химик Л. Н. Воклен открыл хром.

<sup>13</sup> Цит. по ст.: Раскин Н. М., Шафрановский И. И. Академия наук СССР и Ленинградский горный институт им. Г. В. Плеханова.— В кн.: Ленинградский горный институт и Академия наук СССР. Л., 1978, с. 4.

<sup>14</sup> См.: Шабарин С. К. Первые русские книги по пробирному искусству. Металлургия цветных металлов.— В кн.: Сборник научных трудов Московского института цветных металлов и золота им. М. И. Калинина и ВНИИ металлургов. М., 1952, № 22, с. 70—82.

ние мокрому анализу: описываются реакции открытия серебра, железа, меди и т. д.

После смерти И. Г. Лемана академической химической лабораторией в 1770—1779 гг. заведовал академик Э. Лаксман. Здесь он выполнил некоторые химические исследования и подготовил учеников (К. Флоринский, Ф. П. Моисеенко, М. Е. Головин и др.), которые впоследствии внесли значительный вклад в развитие химико-минералогических знаний.

### НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СТЕКОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА. РАБОТЫ Э. ЛАКСМАНА

Во второй половине XVIII в. широкую известность как в России, так и за границей получил Эрик Густав Лаксман (1737—1796), академик химии и экономики<sup>15</sup>. Многие годы своей жизни Лаксман провел в Сибири — на Алтае, в Барнауле, Нерчинске, Иркутске.

В 1769 г. Э. Лаксман подготовил большую работу «О состоянии солей в теплоте и холоде для выгоды соляного дела в Сибири». Над этой проблемой ученый работал несколько лет. Он хотел показать, как растворы солей «относятся к холоду». В одном из писем Лаксман писал об этих исследованиях как о «счастливом химическом открытии, состоящем в рафинировании и очищении поваренной соли от всех находящихся в ней чуждых примесей, безо всяких расходов, одним действием мороза. Это основывается на том, что все прочие соляные растворы (селитра, квасцы, купоросы, бура и т. д.) в сильном холоде превращаются в лед, раствор же поваренной соли не замерзает»<sup>16</sup>. К сожалению, эта работа Лаксмана не была опубликована<sup>17</sup>.

К важнейшим достижениям Э. Лаксмана принадлежит разработка нового способа производства стекла с применением обезвоженной природной глауберовой соли вместо поташа, который во второй половине XVIII в. стал слишком дорогим из-за интенсивного роста хлопчатобумажной промышленности и развития стекольного и мыловаренного производств, потреблявших большое его количество. Сжигались огромные массивы ценных пород дерева для производства поташа. Лаксман был одним из первых, кто не мог «взирать с холодной кровью на истребление лесов». Он считал всех фабрикантов, которые применяли растительный поташ для производства стекла, «врагами природы, ибо они истребляют наши леса». Вместо

<sup>15</sup> См.: Лагус В. Эрик Лаксман, его жизнь, путешествия, исследования и переписка: Пер. с швед. СПб., 1890. 488 с.; Раскин Н. М., Шафрановский И. И. Эрик Густавович Лаксман: выдающийся путешественник и натуралист XVIII в. Л.: Наука, 1971. 274 с. (Серия НБЛ).

<sup>16</sup> Цит. по кн.: Раскин Н. М., Шафрановский И. И. Указ. соч., с. 256.

<sup>17</sup> Только в наши дни рукопись работы Э. Лаксмана «Преуведомление о действиях в соли, производимых стужей в пользу соляных заводов Даурии» была обнаружена в Архиве ЦГИА (ф. 37, оп. 25 (1803), д. 52, л. 21—41).

древесной золы (поташа) Лаксман предложил использовать в стеклоделении сульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), получаемый из рапы сибирских соляных озер. По этому поводу Лаксман писал: «... чрез сии простые опыты удалось мне открыть новую и важную эпоху в стеклоплавильном искусстве...»<sup>18</sup>.

Самые известные, главным образом французские, химики, по словам Э. Лаксмана, выступили вначале против этого предложения, так как считали, что все соли, содержащие «купоросную кислоту» (т. е. серную кислоту), неприменимы для стеклоделения. Лаксман на многочисленных опытах, проведенных в 1764, 1766 и 1781 гг., убедился в неосновательности этого мнения. Природная сернокислая соль натрия может с успехом заменить поташ — таков был вывод Лаксмана. Это открытие послужило основой для новой технологии стекольного производства, организованного в Тальцинске. Об истории создания этого производства Лаксман писал: «1784 год сделался решительным по введению минеральной щелочной соли. Именпо в этом году я вместе с господином А. А. Барановым (каргопольским купцом.— Ю. С.) учредил стеклянный завод у Тальцинска на реке Тальце, 40 верст выше Иркутска, недалеко от Ангары <...> Я чувствую себя очень счастливым и довольным, что посредством простых опытов открыл новую и важную эпоху в искусстве плавки стекла <...> Я имел счастье для сбережения лесов указать на необходимость поташа при производстве стекла»<sup>19</sup>.

Завод в Тальцинске, по свидетельству биографа Э. Лаксмана В. Лагуса, работал до 1860-х годов. Дальнейшая его судьба нам неизвестна.

Открытие Э. Лаксмана приобрело особую актуальность, когда глауберова соль Кара-Богаз-Гола получила широкое применение в стеклоделении<sup>20</sup>.

Опыты Э. Лаксмана по применению сульфата натрия для варки стекла были тесным образом связаны с получением искусственной соды. Начиная с 1764 г. Лаксман проводил опыты, связанные с получением соды из сульфата натрия восстановлением его древесным углем<sup>21</sup>.

<sup>18</sup> Лаксман [Э.] О введении в употребление щелочной ископаемой соли на стеклоплавильных заводах вместо поташа.— Новое продолжение Трудов Вольного эконом. о-ва к поощрению в России земледелия и домостроительства, 1798, т. 52, ч. III, с. 246.

<sup>19</sup> Цит. по кн.: Лагус В. Эрик Лаксман, его жизнь, путешествия, исследования и переписка, с. 175—176.

<sup>20</sup> См.: Тищенко В. Е. Глауберова соль в стеклоделении.— В кн.: Карабугаз и его промышленное значение. Л.: Изд-во АН СССР, 1930, с. 217—288.

<sup>21</sup> См.: Гессен Ю. Ю. Очерки истории производства соды. Л.; М.: Госхимиздат, 1951, с. 26—29.

Проблема получения соды из мирабилита (глауберовой соли) Карабогазского залива в XX в. привлекла к себе внимание многих ученых. Интересный материал приведен в статье Н. Д. Зелинского и М. А. Ракузина «Карабугаз и химическая промышленность» (1928) (см. в кн.: Зелинский Н. Д. Собрание трудов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960, т. 4, с. 304—314).

В 1778—1793 гг. в различных академических изданиях были опубликованы статьи академика И. Г. Георги (1729—1802), посвященные химическому анализу солей, мраморов, колчеданов, горючих сланцев, водорослей, грибов, «химическому испытанию свежего и прогорклого свиного сала», «химическому исследованию неводской воды, протекающей через город Санкт-Петербург», и т. п. Работы Георги, занимавшего после Э. Лаксмана кафедру химии в Петербургской Академии наук,—типичный пример химических исследований, вызванных непосредственными практическими запросами того времени.

### ГОРНОЕ УЧИЛИЩЕ. ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО «МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ХИМИИ»

Московский университет, на который с самого начала его образования была возложена задача подготовки специалистов для горной промышленности, не мог полностью удовлетворить потребность в специалистах по «горным наукам» (пробирерах, металлургах).

Екатеринбургская горнозаводская школа, основанная в 1724 г., готовила высококвалифицированные кадры (И. И. Ползунов, К. Д. Фролов, А. М. Карамышев и др.), но их также явно не хватало для все возрастающего числа горных предприятий.

27 апреля 1766 г. И. Г. Леман составил записку «Патриотические мысли о том, какую пользу развитию горного дела может оказать учреждение Горного кадетского корпуса»<sup>22</sup>. Этот документ свидетельствует, что в академической среде 60-х годов XVIII в. уже вполне сформировались мысли о необходимости подготовки русских горняков в специальном учебном заведении. Минералогии и химии Леман отводил главное место среди наук, которые должны были преподаваться в Горном училище.

В 1771 г. в Берг-коллегию поступила «челобитная» от Измаила Гасимова «с товарищами» с просьбой «дозволить им разрабатывать казенные медные рудники и доставлять руду в Юговские заводы за определенную плату. Вместе с тем они ходатайствовали перед правительством об учреждении Горного училища... и на содержание училища, доколе последнее будет существовать, они обещались уступать с каждого пуда поставляемой ими руды [по] полушке с получаемой ими платы»<sup>22а</sup>.

10 марта 1771 г. Берг-коллегия направила в Сенат документ, в котором отмечалось, что «размножение» заводов и рудников и улучшение металлургических производств «без обученных офицеров и сведущих заводских правителей никак произвести неспособно.

<sup>22</sup> Анализ содержания этой интересной записки см. в ст.: Раскин Н. М. К пред истории организации Горного училища.— В кн.: Геологи Ленинградского горного института: Очерки по истории геологических знаний. М.: Наука, 1974, вып. 17, с. 9—22.

<sup>22а</sup> Там же, с. 11.

(От таковой же школы, какова ныне в Екатеринбурге, людей таковых ожидать невозможно»<sup>23</sup>).

Президент Берг-коллегии М. Ф. Соймонов (1730—1804) 29 ноября 1772 г. предлагал Сенату организовать в Петербурге Горный кадетский корпус, который, по его словам, «пужен заводам и рудникам всей России». Сенат предложил назвать новое учебное заведение Горным училищем, так как «не все будут дворянские дети, а частью и из разночинцев».

Горное училище было учреждено 21 октября 1773 г. Открытие состоялось 28 июня 1774 г.<sup>24</sup> К преподаванию в училище М. Ф. Соймонов привлек специалистов из Берг-коллегии и воспитанников Московского университета.

Преподавание химии в Горном училище было тесно связано с заводским делом. На первый план выступали «опыты плавки и разделения металлов как в плавильном, так и в пробирном виде».

С момента основания Горного училища и до 1779 г. преподавание химии, минералогии и металлургии в нем вел А. М. Карамышев (1744—1791). Крупный специалист-горняк и металлург, он много сделал для постановки преподавания химии в Горном училище. По химии студенты должны были получать сведения, «каким образом с минеральными телами в мокром и сухом пути поступать надлежит». Руководитель химического класса, как предписывалось уставом, должен обучать студентов, как «узнавать свойства земель, солей, камней, металлов», как очищать руды и готовить их для металлургического производства<sup>25</sup>.

Студенты пользовались руководствами по «металлургической химии». В них приводились данные о природных месторождениях руд и минералов, содержащих те или иные металлы, описывались способы исследования и обработки полезных ископаемых сухим и мокрым путем. Так, в книге И. Ф. Генкеля «Руководство к химическому рудословию» говорится о целях «металлургической химии»: «Конец химии есть тот, чтобы во внутренний состав тел проникать, разделять их на существенные части, и купно пакк соединять, тела в их целости и порознь исследовать, и таким образом всячески домогаться, чтоб внутреннее оных содержание откровенным учинилось. 5. Орудия, к употреблению служащие, главнейшие суть: а) воздух, б) вода, в) огонь, d) соли и е) различные тела»<sup>26</sup>.

<sup>23</sup> Цит. по кн.: Гольденберг Л. А. Михаил Федорович Соймонов. М.: Наука, 1973, с. 44—45 (Серия НБЛ).

<sup>24</sup> См.: Лоранский А. Исторический очерк Горного института. — В кн.: Научно-исторический сборник, изданный Горным институтом ко дню его столетнего юбилея. СПб., 1873, с. 1—166.

<sup>25</sup> О жизни и деятельности А. М. Карамышева см.: Раскин Н. М., Шафрановский И. И. Александр Матвеевич Карамышев. Л.: Наука, 1975. 133 с. (Серия НБЛ).

<sup>26</sup> Цит. по рус. пер.: Руководство к химическому рудословию. Сочинение Иоганна Фридриха Генкеля, бывшего горного советника: Пер. с нем. Алексеем Гладким. СПб., 1775, с. 2—3.

С 1779 по 1781 г. курс горного искусства, химии, металлургии, подземной географии вел Ф. П. Моисеенко (1754—1781)<sup>27</sup>, ученик академика Э. Г. Лаксмана.

В рапорте от 24 июня 1780 г. Ф. П. Моисеенко сообщал, что он «прошел в металлургии по руководству Валлерия<sup>28</sup> первое отсечение начальных его оснований металлургии, содержащее в себе общие рассуждения о горах, о заключающихся в них рудах, о их местоположениях, добывании и приготовлении; а из второго отсечения окончил первую часть, в коей писатель рассматривает свойства, качество и самое происхождение как металлов, так и их руд»<sup>29</sup>.

В рапорте от 5 сентября 1780 г. Ф. П. Моисеенко подробно доложил о своих лекциях по металлургии, подземной и политической географии, в которых излагались вопросы генезиса и свойства металлов и их руд. Лектор стремился использовать «все то, что известно в рассуждении проплавки руд в большом количестве и в рассуждении правильной экономии и строения печей», в особенности труды по этим вопросам И. А. Шлаттера.

В 1798 г. в Горное училище приглашается академик Василий Михайлович Севергин (1765—1826), крупный ученый-минералог и химик<sup>30</sup>. Здесь он вел несколько курсов: химию, пробирное искусство, металлургию и описательную минералогию. Лекции по металлургической химии, которые Севергин читал в Горном училище в 1798—1801 гг., а также пробирные опыты, которые были проведены им или под его руководством в различных русских рудниках, легли в основу его известного руководства «Пробирное искусство, или руководство к химическому испытанию металлических руд и других ископаемых тел», которое вышло в свет в 1801 г.

Лекции по минералогии также послужили основным материалом для составления руководства по минералогии, опубликованного в 1798 г.<sup>31</sup>

«Пробирное искусство...» В. М. Севергина представляет собой курс качественного и количественного анализа руд, металлов, сплавов и минералов. Отмечая значение химических исследований в

<sup>27</sup> О жизни и деятельности Ф. П. Моисеенко см.: Раскин П. М., Шафрановский И. И. Федор Петрович Моисеенко: минералог XVIII века. Л.: Наука, 1974. 179 с. (Серия НБЛ).

<sup>28</sup> Речь идет о руководстве шведского химика и металлурга И. Г. Валлериуса «Минералогия, или Описание всякого рода руд и ископаемых из земли вещей», перевод которого на русский язык появился в 1763 г. (СПб., 34+699 с.)

<sup>29</sup> Цит. по ст.: Гольденберг Л. А., Раскин П. М. Новые данные к биографии Федора Петровича Моисеенко.— В кн.: Геологи Ленинградского горного института..., с. 71.

<sup>30</sup> О жизни и деятельности В. М. Севергина см.: Ушакова Н. Н., Фигуровский Н. А. Василий Михайлович Севергин. М.: Наука, 1981. 161 с. (Серия НБЛ).

<sup>31</sup> Севергин В. М. Первые основания минералогии, или естественной истории ископаемых тел: В 2-х кн. СПб., 1798. Кн. 1. VI+498 с. Кн. 2. XVI+437+XXXII с.

металлургии и горном деле, Севергин писал: «Почту я себя счастливым, ежели пользе Российских заводов, хотя мало, могу способствовать»<sup>32</sup>. Указывая, что он занимался в своем труде «наипаче испытанием металлических руд, ибо оне собственно составляют предмет горных заводов»<sup>33</sup>, Севергин вместе с тем отмечал, что «если кто вознамерится испытать соли или горючие тела», то и по этим вопросам найдет указания в его книге.

Для развития и усовершенствования научных знаний в России В. М. Севергин издал ряд руководств: «О добывании минеральной щелочной соли в России» (1796), «Способ испытывать минеральные воды» (1800), «Способ испытывать чистоту и неподложность химических произведений лекарственных» (1800), «Наставление о лучших способах добывать, приготовить и очищать селитру в России...» (1812); последнее руководство, изданное во время войны с Наполеоном, было особенно ценно для военной промышленности России.

Освоение минеральных богатств России В. М. Севергин считал главным условием развития промышленности, что должно было привести «к усовершенствованию наших фабрик и к выгодной замене как товаров, из иностранных земель привозимых, так и различных собственных произведений, кои у нас либо редки, либо нашую потребу пужны»<sup>34</sup>.

После преобразования Горного училища в 1804 г. в Горный кадетский корпус преподаванию химии в нем, благодаря стараниям вице-президента Берг-коллегии А. А. Мусина-Пушкина, было обеспечено особое место. Обсуждая в Академии наук свои предложения об изменении программ училища, почетный член Петербургской Академии наук Аполлос Аполлосович Мусин-Пушкин (1760—1805)<sup>35</sup> предлагал особое внимание уделить математическим и хи-



Василий Михайлович  
Севергин

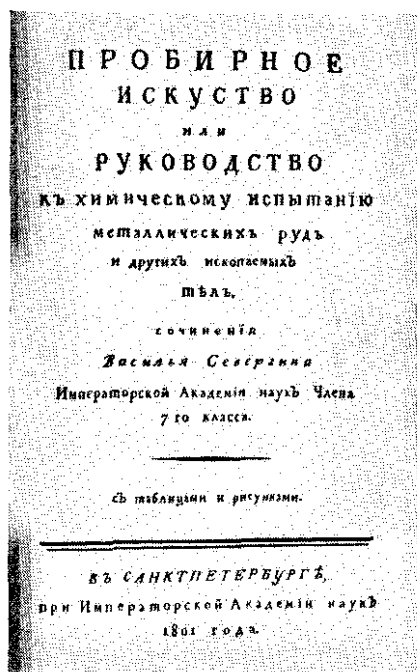
<sup>32</sup> [Севергин В. М.] Пробирное искусство или руководство к химическому испытанию металлических руд и других ископаемых тел. СПб., 1801, с. XVI.

<sup>33</sup> Там же, с. IX—X.

<sup>34</sup> Севергин В. М. Наставление о плавлении руд посредством каменных углей. СПб., 1806, с. 4.

<sup>35</sup> О жизни и деятельности А. А. Мусина-Пушкина см.: Раскин Н. М. Аполлос Аполлосович Мусин-Пушкин: вице-президент Берг-коллегии, химик и минералог. Л.: Наука, 1981. 157 с. (Серия НБЛ).





Титульный лист  
книги В. М. Севергина  
«Пробирное искусство»

мическим дисциплинам. Он активно выступал за то, чтобы преподавание химии как «основы всего заводского производства» необходимо соединить «с обширнейшею практикой, что и существо дела горного требует». По мнению Мусина-Пушкина, только «глубочайшее познание химии и свойства тел, особенно ископаемых, устранит всякие затруднения, при металлургических заводских работах встречающиеся».

А. А. Мусину-Пушкину принадлежит ряд работ по химии и минералогии хрома (1798, 1799, 1800). За 1797—1805 гг. он опубликовал 23 статьи, посвященные изучению платины и ее соединениям. Ему принадлежит разработка способа очистки сырой платины от примесей (железа и иридия). Способ заключался в том, что комплексная соль платины с нашатырем  $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$  растиралась со ртутью, в результате чего образовывалась амальгама платины. Амальгама платины в деревянной матрице сжималась,

а затем при накаливании ртуть испарялась и получалась ковкая платина<sup>36</sup>. Метод, разработанный Мусиным-Пушкиным, получил признание и применялся в технике; он сыграл значительную роль в развитии технологии платины.

Благотворная связь Горного училища с горнозаводским делом, преподавание и пропаганда новейших направлений в химии, широкий круг изучаемых дисциплин, — все это привело к тому, что уже в то время «по важности и обширности преподаваемых в оном наук и знаний» училище считали одним «из первейших в государстве». В Горном училище велась не только преподавательская, но и научная работа. Широкая и разносторонняя программа преподавания, хороший профессорский состав, связь с практическими нуждами страны, — все это выдвинуло Горное училище, уже вскоре после

<sup>36</sup> Мусин-Пушкин А. А. Новый способ кования платины. — Технол. журн., 1804, т. 1, ч. 1, с. 19—24; Новые опыты над платиною. — Там же, 1805, т. 2, ч. 3, с. 46—54.

его открытия, в число крупных научных центров России. В стенах Горного училища молодежь получала полное общеобразовательное воспитание.

## ИССЛЕДОВАНИЯ Т. Е. ЛОВИЦА

Товий Егорович Ловиц (1757—1804)<sup>37</sup>, сын академика-астронома, начал свою деятельность в качестве «аптекарского ученика». По окончании академической гимназии и после двухлетней заграничной командировки он в 1790 г. был избран адъюнктом Академии наук, а в 1793 г. — действительным членом по кафедре химии.

Начало работ Т. Е. Ловица по химии относится к 1784 г.

В Петербурге Ловиц выполнял первые работы по получению фармацевтических препаратов. «Ловиц, — по словам академика А. И. Шерера, — доказал правильный путь, что наука фармации и искусство должны быть соединены. Он показал, что между теорией и практикой не лежит пропасть, как многие считали. Он показал, как в самой простой работе можно найти материал для исследований, как простое наблюдение опыта может привести к его усовершенствованию»<sup>38</sup>.

Т. Е. Ловиц, работая в аптеке фармацевтом, занимался приготовлением в больших количествах виннокаменной кислоты; при этом ему приходилось бороться с потемнением растворов при вываривании. Чтобы устранить это потемнение, он применил прокаленный древесный уголь, что привело ученого к важному открытию.

## ОТКРЫТИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ УГЛЯ

В 1786 г. в известном немецком химическом журнале Крелля («Chemische Annalen von Crell») появилась статья Т. Е. Ловица с необычно большим названием: «Сообщение об открытии способа полностью избежать пригорелости и побурения раствора существенной виннокаменной кислоты, даже при весьма большой степени кипения, а также о применении этого открытия для изготовления литовой виннокаменной соли». Но даже такое большое название не придало всей значимости открытого Ловицем 5 июня 1785 г. способа адсорбировать вещества с помощью угля. Через два года в своем сообщении «Новые показания большого сродства угля с горючим» Ловиц писал: «Почти ежедневно я с радостью все больше убеждаюсь, что открытое мною почти три года тому назад большое

См.: Вальден П. И. Товий Ловиц — забытый физико-химик. — В кн.: Вальден П. Наука и жизнь. Пг., 1919, ч. 2, с. 51—62; Фигуровский Н. А. Жизнь и научная деятельность Т. Е. Ловица. — В кн.: Ловиц Т. Е. Избранные труды по химии и химической технологии. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 403—514 (Классики науки).

<sup>38</sup> Scherer A. Worte der Erinnerung an das Leben und die Verdienste von Tobias Lowitz. St. Petersburg, 1820, S. 1.

сродство угля с горючим, которое проявляется в растворах, открывает не только широкое поле для многих интересных опытов, но также возможность разнообразнейшего полезного практического применения»<sup>39</sup>.

Какие причины побудили ученого заняться изучением адсорбционных свойств угля и почему именно уголь был выбран объектом для изучения? Как убежденный сторонник учения о флогистоне Т. Е. Ловиц начал с весны 1785 г. искать «такого рода» тело, «которое способно притягивать к себе флогистон и вместе с тем не может... соединяться с кислотой или растворяться в ней.

Но где найти такое тело? Это для меня оставалось совершенно неясным <...>

После того как в различных попытках я испробовал все возможности для решения этого вопроса, хорошо известное свойство углей стойко *удерживать* собственный флогистон при прокаливании их на сильном огне в замкнутых сосудах навело меня на мысль, не способен ли уголь, который может с такой силой *удерживать* собственный флогистон, *притягивать* и *поглощать* флогистон *другого тела* <...> Таким образом, я, наконец, нашел в угле столь желанное для меня вещество...»<sup>40</sup>.

Мы видим, что ошибочная концепция о флогистоне сыграла в этом случае свою положительную роль. Длительное существование учения о флогистоне, видимо, во многом было обусловлено тем положительным влиянием, которое оно оказывало на развитие экспериментальной химии в XVIII столетии. «Я с великим удовольствием, — писал Т. Е. Ловиц в 1789 г., — увидел недавно в „Анналах“ знаменитого Крелля (*Chem. Ann.*, 1786, 9 st., S. 217), что открытое мною в 1785 г. свойство углей притягивать флогистон мокрым путем дало толчок к исследованиям и других свойств этого тела, до сих пор оставлявшегося химиками в пренебрежении»<sup>41</sup>.

В 1789—1795 гг. в «Трудах Вольного экономического общества» была опубликована серия статей Т. Е. Ловица, посвященная изучению адсорбционных свойств углей<sup>42</sup>. Большой практический интерес представляла статья «Показание нового средства, как воду во время путешествий на море от порчи предохранять и гнилую воду делать опять к питию удобною»<sup>43</sup>.

<sup>39</sup> Цит. по кн.: Ловиц Т. Е. Указ. соч., с. 21.

<sup>40</sup> Ловиц Т. Е. Новые изобретения, касающиеся дефлогестирующей силы угля и ее широкого применения в различных химических операциях. — В кн.: Ловиц Т. Е. Указ. соч., с. 28.

<sup>41</sup> Там же, с. 30.

<sup>42</sup> В Петербургской главной аптеке, руководителем которой был Т. Е. Ловиц, проводились исследования адсорбционных свойств древесного угля. Так, в 1795 г. была опубликована работа К. Кирхгофа совместно с А. Мусным-Пушкиным «Об очистке хлебной водки (сивухи) при помощи древесных угольев» (см. в кн.: Новые труды Вольного экономического общества. СПб., 1795, с. 415).

<sup>43</sup> Ловиц Т. Е. — Продолжение Трудов Вольного экон. о-ва, 1791, ч. 14, с. 119—163; см. также: Ловиц Т. Е. Указ. соч., с. 66—84.

3 сентября 1800 г. на заседании Петербургской Академии наук Т. Е. Ловиц выступил с «Размышлениями, основанными на опытах о сущности действия угольного порошка, когда он проявляет свое очистительное свойство»<sup>44</sup>. В отличие от большинства западноевропейских химиков, которые относили это свойство угля только к механическому действию, Ловиц приписывал это свойство «скорее химическому, чем механическому, действию»<sup>45</sup>.

«Когда же речь идет об устранении цвета или запаха прозрачных растворов,—подчеркивал Т. Е. Ловиц,—уголь действует не механической, а химической силой»<sup>46</sup>. Мы знаем, что это мнение подтвердилось последующими работами, посвященными изучению адсорбционных явлений.

### ОПЫТЫ ПО КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ИСКУССТВЕННОМУ ХОЛОДУ

В 1786—1805 гг. Т. Е. Ловиц выполнил серию работ по кристаллизации и искусственному холоду. Одна из первых статей этого цикла, представленная 10 февраля 1791 г., описывает новый способ концентрации уксуса и получения уксусной кислоты в кристаллической форме<sup>47</sup>, «без всякой примеси». Автор пишет, что ему «почастивилось сделать такие открытия, благодаря которым может быть достигнута наивысшая концентрация уксуса»<sup>48</sup>.

Т. Е. Ловиц впервые получил ледяную уксусную кислоту. Применение охлаждения для получения концентрированной уксусной кислоты и некоторых солей<sup>49</sup> привело Ловица к разработке новых способов получения искусственного холода, с помощью которого, по мнению ученого, можно «открыть тела, о существовании которых мы в настоящее время даже и подозревать не можем»<sup>50</sup>. Мы знаем, что эти слова полностью оправдались, так же как оправдалось его предвидение, что «при упорном изучении природы возможно будет открыть средства, позволяющие получать такой искусственный холод, который весьма значительно превзойдет тот, который мы в состоянии производить в настоящее время»<sup>51</sup>.

В 1793 г. Т. Е. Ловиц получил искусственный холод при помо-

<sup>44</sup> Lowitz T. E.—Nova Acta Acad. Sci., 1806, t. 15, p. 326—333; см. также в кн.: Ловиц Т. Е. Указ. соч., с. 127—132.

<sup>45</sup> Цит. по кн.: Ловиц Т. Е. Указ. соч., с. 127.

<sup>46</sup> Там же, с. 132.

<sup>47</sup> Ловиц Т. Е. Новый способ концентрации уксуса и доведение уксусной кислоты до твердого состояния в кристаллической форме без всякой примеси.— В кн.: Ловиц Т. Е. Указ. соч., с. 135—147.

<sup>48</sup> Там же, с. 135.

<sup>49</sup> См.: Ловиц Т. Е. Наблюдения над кристаллизацией обыкновенной соли посредством холода и новый способ очистки этой соли.— Там же, с. 174—178; Ловиц Т. Е. Изложение новых опытов по искусственному холоду.— Там же, с. 179—202.

<sup>50</sup> Там же, с. 181.

<sup>51</sup> Там же, с. 180.

щи смеси: 3 части снега и 4 части  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , которая давала температуру  $-50^\circ \text{C}$ .

10 июня 1794 г. Т. Е. Ловиц представил и в 1798 г. опубликовал статью «Изложение новых наблюдений над кристаллизацией солей, а также нового изобретения, касающегося образования солями правильных кристаллов»<sup>52</sup>, которая открыла новую страницу в кристаллохимии. На основе изучения кристаллов определенной формы, свойственных различным солям, Ловиц показал, что не только химический, но и кристаллический путь изучения солей позволит обогатить наши представления о солях — этой «важнейшей статьи в химии».

В 1804 г. в «Технологическом журнале» Т. Е. Ловиц опубликовал статью «Показание нового способа испытывать соли»<sup>53</sup>. Способ этот заключался в изучении «соляных налетов на стекле». Оказалось, что соляные налеты, получаемые путем выпаривания на стекле капель растворов различных солей, дают картины, чрезвычайно характерные и строго индивидуальные для различных видов солей.

«... удовольствие, ощущаемое при рассматривании большой части соляных палетов, особливо посредством сложного микроскопа, — писал Т. Е. Ловиц, — побудило меня к тому, чтоб приготовить по возможности полное собрание опых из всех сим средством обработанных солей... Химик снабден будет столь полным собранием таковых палетов, что оно сможет служить ему в подобных исследованиях для сравнений»<sup>54</sup>.

#### ИССЛЕДОВАНИЯ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Т. Е. Ловицу принадлежит видное место среди тех химиков, кто в последние десятилетия XVIII в. развивал и занимался усовершенствованием химического анализа.

«Разложение минеральных тел, — писал Т. Е. Ловиц, — является, безусловно, одной из наиболее трудных и утомительных химических операций, которая должна со временем стать еще более трудной и сложной, так как мы вновь и вновь узнаем множество составных частей ископаемых. Каждый вновь открытый вид земли или металла увеличивает многообразие операций при исследовании ископаемых. Так как в то же время это требует и увеличения затраты времени, то мы волей-неволей из-за краткости нашей жизни сможем исследовать лишь немногие минералы с необходимой пол-

<sup>52</sup> Там же, с. 208—221.

<sup>53</sup> Ловиц Т. Е. — Технол. журн., 1804, т. 1, ч. III, с. 27—41. — Ловиц Т. Е. Указ. соч., с. 273—280.

<sup>54</sup> Ловиц Т. Е. — Там же, с. 277. Более подробно см.: Леммлейн Г. Г., Цезно-вицер Е. В. К истории возникновения микрохимического анализа. — Архив истории науки и техники, 1934, вып. 4, с. 365—383.

нотой и тщательностью. Худшим следствием такого положения будет, что мы тем самым затормозим развитие наших знаний о природе.

Это неприятное обстоятельство можно, однако, легко предотвратить, если многие химики будут с большей любовью относиться к этой области и будут изыскивать способы к облегчению и укорачиванию операций, а также новые или по крайней мере более приемлемые способы отделения или открытия. Пусть эти способы покажутся с первого взгляда даже незначительными, но если в каком-либо химическом журнале появится статья под заглавием «Прибавление к облегчению химического анализа», то они станут известными и, следовательно, общепользовными»<sup>55</sup>.

К таким общепользовным усовершенствованиям принадлежал метод отделения бария от стронция и кальция (при помощи абсолютного спирта, который из водных хлоридов выделяет лишь  $\text{SrCl}_2$ ), разработанный Т. Е. Ловицем в 1795—1797 гг.<sup>56</sup>

В 1799 г. была опубликована статья Т. Е. Ловица о способе растворения ископаемых с помощью кали<sup>57</sup>. Этот способ лег в основу анализа силикатов мокрым путем (обработка едкой щелочью). Осуществить растворение кремнезема мокрым путем никому из химиков до этого не удавалось.

Т. Е. Ловицу принадлежат работы и в области органической химии. В 1792 г. он выделил виноградный сахар в кристаллическом состоянии; в 1798 г. получил абсолютный (безводный) спирт, а также эфир. В 1793 г., хлорируя уксусную кислоту, Ловиц получил твердую жидкую смесь хлоруксусных кислот. Изучая физико-химические свойства различных веществ, он впервые использовал постоянство температуры плавления веществ для проверки их чистоты (кристаллическая уксусная кислота  $+16,5^\circ\text{C}$ ). В 1798 г. Ловиц проводил точные измерения удельного веса смесей спирта и воды. Это исследование было предпринято с практической целью — для выяснения состава спиртовых жидкостей и составления алкоholesметрических таблиц.

<sup>55</sup> Ловиц Т. Е. Показание нового, более легкого и удобного способа растворения ископаемых с помощью кали.— В кн.: Ловиц Т. Е. Указ. соч., с. 253.

<sup>56</sup> Ловиц Т. Е. О стронциановой земле в тяжелом шпате.— Там же, с. 235—238; Ловиц Т. Е. Определение стронциановой земли в тяжелом шпате.— Там же, с. 239—241.

<sup>57</sup> Ловиц Т. Е. Легкая растворимость природного кремнезема посредством кали мокрым путем.— Там же, с. 257—258.

Глава 3

ПРОСВЕТИТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ  
РУССКИХ ХИМИКОВ.  
РАСПРОСТРАНЕНИЕ НАУЧНЫХ  
ХИМИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

Начало публикаций работ по химии, оригинальных и переводных, было положено в 1728 г. Петербургской Академией наук. В «Примечаниях к Ведомостям», издававшихся Академией наук, помещались популярные статьи по химии, химической технологии, металлургии<sup>1</sup>. С 1765 г. стали публиковаться «Труды Вольного экономического общества», основанного в том же году в Петербурге. В 1788–1790 гг. в Москве под редакцией А. А. Прокоповича-Антопского выходил «Магазин натуральной истории, физики и химии; или Новое собрание материй, принадлежащих к сим трем наукам, заключающее в себе: важные и любопытные предметы опытных, равно как и употребление премногих из них во врачебной науке, в экономии, земледелии, искусствах и художествах». Его издатель поставил перед собой задачу ознакомить русского читателя с широким кругом естественнонаучных вопросов, которые нашли отражение в иностранных научных словарях (особенно французских). Статьи, например, по химии были заимствованы из второго издания «Химического словаря» П. Ж. Макера (*Dictionnaire de Chimie par Macquer*, 2<sup>e</sup> ed. Paris, 1778). Любопытно, что в одной из статей описывается химическая лаборатория, которую «нужно иметь физическому химику (курсив наш. — Ю. С.) для произведения в малом виде великих Химических дел, которые ему могут случиться»<sup>2</sup>.

К концу XVIII в. относится появление первых литературно-научных журналов на русском языке: «Ежемесячные сочинения» (СПб., 1755–1764), «Академические известия» (СПб., 1779–1781) и «Новые ежемесячные сочинения» (СПб., 1786–1796). В этих журналах основное место занимали публикации переводов из иностранной периодики, но иногда помещались и оригинальные работы русских ученых. Пропагандируя химические знания, авторы статей указывали, что без опытов заниматься химией невозможно, что «кто хочет сделаться химиком, тому неотменно должно иметь

<sup>1</sup> См.: Химия в изданиях Академии наук СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947, Вып. 1 (1728–1930). 331 с.; Жуков И. И. Периодические издания по химии в России в XVIII и первой половине XIX в. — Вестн. ЛГУ, 1949, № 1, с. 50–56; см. также: Сводный каталог русской книги гражданской печати XVIII века. М.: Книга, 1966. Т. 4 (1725–1800). 287 с.

<sup>2</sup> Магазин натуральной истории, физики и химии, 1788, ч. 1, с. 40.

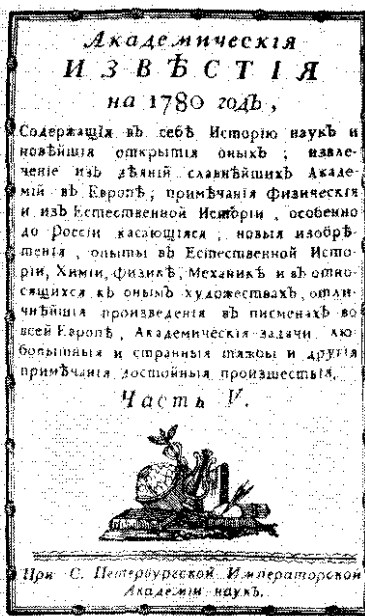
лабораторию, снабженную самыми нужными для практики сей орудимии»<sup>3</sup>.

Чтобы помочь читателям вести самостоятельно химические исследования, журналы сообщали о таких химических процессах, как расплавление, испарение, возгонка, растворение, кристаллизация и т. д., приводилось описание химической посуды. В статьях, касающихся строительных материалов, бумаги и тканей, вопросов металлургии, стекольного дела, кожевенного производства, изучения минералов, руд, солей, нефти, воска, угля и т. п., читатель мог найти много полезных сведений, имеющих большое практическое значение.

Если охарактеризовать направление журнальных статей по химии, то следует отметить их практическое, прикладное назначение. Больше всего статей касается приготовления лекарств и красок, изучения минерального сырья, состава почвы, руд, способов переработки природных продуктов и т. п. Другая цель этой литературы — просветительская: «познакомить российский народ с приращением наук».

Научно-популярные журналы давали возможность русским ученым обращаться к широкой читательской аудитории, искать в ней отклики и общественную поддержку, содействовали укреплению и расширению умственной среды, которая все глубже осознавала необходимость и важность естественных наук.

Видную роль в популяризации и пропаганде химических знаний в России во второй половине XVIII в. сыграли общедоступные лекции. С 1783 г. в Петербурге в течение летних месяцев русские ученые читали публичные лекции по основным отраслям наук: Н. Я. Озерецковский — по естественной истории, Н. П. Соколов и И. Д. Захаров — по химии, В. М. Севергин — по минералогии<sup>4</sup>. Эти курсы пользовались большим успехом. «Я часто присутствовала при лекциях и с удовольствием видела, — писала Е. Р. Дашкова



Титульный лист  
«Академических известий»

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Публичные лекции по минералогии В. М. Севергин читал в 1792—1793 гг. Они были опубликованы в «Новых ежемесячных сочинениях» (СПб., 1792, авг., ч. 74; сент., ч. 75; окт., ч. 76; 1793, янв., ч. 79).



(в то время директор Петербургской Академии наук), — что ими пользовались для пополнения своего образования дети бедных русских дворян и молодые гвардии унтер-офицеры»<sup>5</sup>.

В речи «О пользе химии» Н. П. Соколов говорил, что химия «во внутреннее каждого тела смешение вникает, дабы чрез то познать его силы <...> Сравнивая химию в рассуждении сего с другими высокими науками, смело и безошибочно сказать могу, что ее представления общее и несравненно пред всеми прочими большее в общежитии нашем имеют употребление<...> Изкуство делать зеркала, красить шерсть, шелк, холст и кожи, делать разные краски, производить чрез смешение их новые колера, также дело фарфоровое, финифтяное, изкуство выводить из разных тканей пятна и проч. <...> первое свое основание имеют на законах химических»<sup>6</sup>.

Во многих статьях и публичных лекциях подчеркивалось большое значение теоретических обобщений для практики, которую надо поставить на пользу «роду человеческому».

## УЧЕБНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ РУКОВОДСТВА

С начала 70-х годов XVIII в. начинают появляться переводы на русский язык учебников по общей и прикладной химии. С 1772 по 1801 г. вышло двенадцать книг. К ним относятся широко распространенные во Франции «Начальные основания умозрительной и деятельной химии» П. Макара, переведенные на русский язык учеником Э. Лаксмана К. Флорисским<sup>7</sup>.

В 1788 г. академик Н. П. Соколов перевел с немецкого «Начальные основания химии» И. Эркслебена (нем. изд., 1775). Затем русский читатель получил два тома «Начальных оснований всеобщей и врачебной химии» И. Ф. Жакена, переведенные Максимом Парпурой в 1796—1797 гг. «по приказанию Государственной медицинской коллегии для преподавания по опыту в медико-хирургических училищах лекций».

Лучшим из переведенных на русский язык иностранных учебных пособий по химии было руководство И. Ф. Жакена. Однако, несмотря на то что оно было написано в 1793 г., когда исследования А. Лавуазье были уже широко известны, в руководстве кислородная теория не нашла своего отражения. Поэтому книга Жакена, хотя и содержала новые результаты, полученные в области пнев-

<sup>5</sup> Лозинская Л. Я. Во главе двух академий. М.: Наука, 1978, с. 77.

<sup>6</sup> Речь о пользе химии, говоренная Академии наук членом... Никитою Соколовым при открытии публичных химических лекций мая 30 дня 1786 г.— Новые ежемесячные сочинения. СПб., 1787, ч. IX, с. 46—59.

<sup>7</sup> Русский перевод этого сочинения издан Академией наук в двух томах: «Господина Макара пачальные основания умозрительной химии» (СПб., 1774). «Начальные основания деятельной химии» (СПб., 1775). В 1791 г. вышло второе издание этих книг, подготовленное Петербургской Академией наук.

матической химии, в целом мало отличалась от других перечисленных переводов. Все они быстро устарели.

В 1799 г. во Владимире издается перевод «Химической философии...» А. Фуркруа, которая знакомила читателя с основными положениями новой системы химии, разработанной А. Лавуазье.

Мы уже говорили, что в 1801 г. академик В. М. Севергин издал оригинальное руководство «Пробирное искусство...» Книга была написана на основе кислородной теории с использованием богатого литературного и экспериментального материала, как своего собственного, так и других ученых. В предисловии Севергин писал: «Химия в последней половине ныне истекшего (XVIII.—Ю. С.) столетия получила совершенно новый вид, а вместе с нею и другие в неразрывной связи с оною паходящиеся науки <...> Умозрения Химические соделались явственнее и достигли гораздо вышней степени вероятия, нежели каковое имели те, кои прежде его существовали. Оные болсе подтверждаются опытами, нежели сии последними. По сему не удивительно, что наибольшая часть Химиков соделались последователями оных и что толкования наибольшей части Физических наук переменили вид свой. Да и большая часть открытий в сих науках, в последние годы сего столетия учиненных, произошли от сего же источника <...> В совершенном убеждении о болшей вероятности и явственности сей новой, так называемой Антифлогистической, или, справедливее, Лавоазьеровой, теории, принял я намерение учинить приклад оной к пробирному искусству»<sup>8</sup>.

В. М. Севергин был одним из самых активных и деятельных сторонников антифлогистической химии в России. С 1796 г. он преподавал химию на основе кислородной теории Лавуазье в Петербургской медико-хирургической школе (с 1799 г.— академии).

В истории формирования русской химической номенклатуры сыграл особую роль «Словарь химический, содержащий в себе теорию и практику химии, с приложением ее к естественной истории и искусствам сочинения Шарль-Луи-Кадета, обработанные на российском языке трудами Василия Севергина», изданный в четырех томах в 1810—1813 гг. (ч. I—1810; ч. II—1811; ч. III—1812; ч. IV—1813). В предисловии к первому тому В. М. Севергин указывал, что некоторые названия, принятые в русской литературе, как то: кислотворное вещество, водотворное вещество, он сократил на кислотвор и водотвор. Вместо известковой земли он применил термин «известь». Здесь же дается и название «кремнезем». Впервые в русской химической номенклатуре для солей Севергин дал такие названия, как сернокислые, углекислые, например углекислая магнезия.

В 1815 г. В. М. Севергин издал «Руководство к удобнейшему разумению химических книг иностранных, заключающих в себе хими-

<sup>8</sup> [Севергин В. М.] Пробирное искусство... СПб., 1801, с. V—VI, VII.

ческие словари: латинско-русский, французско-русский и немецко-русский, по старинному и новейшему словозначению».

Номенклатура, предложенная В. М. Севергиным, применялась в русских химических руководствах первой четверти XIX в., о чем мы скажем ниже.

## УТВЕРЖДЕНИЕ КИСЛОРОДНОЙ ТЕОРИИ В РОССИИ

В 1772—1777 гг. во Франции были опубликованы классические труды А. Л. Лавуазье, которые ниспровергли теорию флогистона и утвердили в химии новую, кислородную, теорию. В 1774 г. Лавуазье послал в Петербургскую Академию наук свою книгу «Небольшие работы по физике и химии», в которой излагались новые представления о процессе горения и обжиге. Это была первая информация для русских ученых о тех революционных изменениях, которые происходили в химии.

В 1779 г. академик В. Л. Крафт опубликовал реферат статей А. Лавуазье об увеличении веса металлов при обжиге и об опытах о «превращении» воды в землю<sup>9</sup>.

Студенты Московского университета впервые услышали о кислородной теории Лавуазье в 1783 г., когда после двухгодичной (1781—1783) научной командировки из Парижа вернулся Федор Герасимович Политковский (1753—1809), который в 1802 г. занял кафедру практической медицины и химии. На торжественном открытии лекций в 1783 г. он первый в России делал опыты «над воздухообразными веществами по законам новейших химиков». В Петербургской Академии наук сторонниками кислородной теории выступали Я. Д. Захаров и В. М. Севергин.

Яков Дмитриевич Захаров (1765—1836)<sup>10</sup> по окончании академической гимназии и после четырехлетней заграничной командировки был в 1790 г. избран адъюнктом Академии наук, а через 8 лет — академиком по кафедре химии. В 1795, 1798—1799 гг.

<sup>9</sup> Показание новейших трудов многих академий и учебных обществ. Парижская Академия. Сочинения Королевской Парижской Академии наук за 1774 г. — Акад. изв., 1779, ч. 1/2. В «Академических известиях» была опубликована статья А. Л. Лавуазье «О составных частях селитряной кислоты» (1781, ч. 7, с. 357—360).

<sup>10</sup> О жизни и деятельности Я. Д. Захарова см.: *Раскин Н. М.* Яков Дмитриевич Захаров: физик и химик конца XVIII и начала XIX в. Л.: Наука, 1979. 109 с. (Серия НБЛ).

В биографии Я. Д. Захарова было одно яркое событие — полет 30 июня 1804 г. на воздушном шаре с научной целью. В 1812 г. Захаров опубликовал статью, в которой описал «железно-паровый» метод получения водорода. На основе этого метода была построена крупная установка для получения водорода, которым наполнялся аэростат объемом до 2000 м<sup>3</sup> (см.: *Захаров Я. Д.* О разложении воды в весьма огромном снаряде посредством раскаленного железа. — Умозрительные исследования имп. С.-Петербургской Академии наук, 1812, т. 3, с. 171—179).

И. Д. Захаров читал курс публичных лекций по экспериментальной химии, «следуя системе Лавуазье». В 1801 г. он перевел с немецкого языка книгу Х. Гиртаннера, в которой доказывалась правильность кислородной теории и приводились убедительные опровержения «возражений сталинцов» (сторонников Штала.— Ю. С.). Книга открывалась предисловием Захарова, в котором он писал: «Сочинение... есть плод трудов одного из знаменитых ученых в Германии, старавшегося доказать изящество новой химической системы, горючее существо опровергающей, и поставить опую на твердейших основаниях. Изящество оной тем очевидное, что он изъянил по умозрению Лавуазье все в природе случающиеся, как физические, так и химические, явления, кои по прежней системе Стала ли опытами доказаны, ниже изъяснены быть не могли. Сие самое, как и ясность, с каковой сочинитель предлагает в книге сей новое умозрение, побудило меня перевести опую на язык российский»<sup>11</sup>.

С 1797 г. к антифлогистической химии примкнул Т. Е. Ловиц, который до этого времени придерживался теории флогистона. Он не принимал активного участия в утверждении кислородной теории в России, но сам факт перехода этого ученого на позиции новой теории является весьма важным в истории отечественной химии.

С момента создания самостоятельной кафедры химии в Московском университете (1804) преподавание химии было построено на основе кислородной теории. Профессором химии в Московском университете был в то время Ф. Ф. Рейсс. С 1804 г. Рейсс читал курс «всеобщей химии с физико-химическими опытами». При этом он рекомендовал своим слушателям в качестве учебного руководства книгу С. Ф. Гермбштедта (2-е изд.)<sup>12</sup>. Поэтому никак нельзя согласиться с утверждением В. В. Марковникова, что «в 1815 г. в Московском университете господствовало еще...учение Стала»<sup>13</sup>.

Нельзя также согласиться с мнением П. И. Вальдена, который утверждал, что «преобразование флогистической химии в антифлогистическую и процесс пропикловения взглядов Лавуазье во все области химии... не встречает в России ни активных борцов, ни видимого сопротивления»<sup>14</sup>.

В 1805 г. Общество сореживания медицинских и физических наук при Московском университете объявило следующую тему на соискание премии: «Начертать краткую и ясную Историю новей-

<sup>11</sup> [Гиртаннер Христофор.] Начальные основания химии, горючее существо опровергающей/Пер. с нем. [Я. Д. Захарова]. СПб., 1801, с. 5.

<sup>12</sup> *Hermbstädt S. F. Systematischer Grundriss der allgemeinen Experimentalchemie*. Berlin, 1800. Bd. 1.

<sup>13</sup> *Марковников В. В.* Исторический очерк химии в Московском университете.— В кн.: Ломоносовский сборник: Материалы для истории развития химии в России. М., 1901, с. 45—46.

<sup>14</sup> *Вальден П. И.* Очерк истории химии в России.— В кн.: Ладенбург А. Лекции по истории развития химии от Лавуазье до нашего времени. Одесса: Матезис, 1917, с. 410.

шей Химии, исчислить все новейшие открытия и поправки, сделанные в ней со времен г-на Лавоазье и последователей его; показать перемены, влияние и пользу их на Физику, Медицину и искусства»<sup>15</sup>.

В 1811 г. профессор В. М. Котельницкий на публичном торжественном акте в Московском университете произнес обстоятельную речь: «Слово о начале, успехах и постепенном усовершенствовании химии», где, между прочим, отмечал, что «знаменитый Лавуазье, положивший основанием чистый воздух, или кислотворное начало, изыскал явления горения тел, дыхания животных, брожения, превращение металлов в известь, открыл составные части воздуха, воды, исследовал свойства кислот, их начало и происхождение, усовершенствовал разделение (апализ.— Ю. С.) растений. Его теория есть самый надежный вояжд и руководитель в химических изысканиях»<sup>16</sup>.

Из русских ученых, кто не только встал на позиции кислородной теории, но и старался на опытах подтвердить основные положения кислородной теории Лавуазье, мы особо должны отметить профессора физики Петербургской медико-хирургической академии Василия Владимировича Петрова<sup>17</sup> (1761—1834). В своей хорошо оборудованной физической лаборатории при Медико-хирургической академии он проделал ряд физико-химических опытов, связанных главным образом с доказательством правильности кислородной теории. Он считал необходимым для всестороннего обоснования этой теории разрешить четыре вопроса, сформулированных им следующим образом: «1) В безвоздушном месте могут ли гореть какие-нибудь естественные тела? 2) Могут ли в безвоздушном месте или не могут образоваться металлические извести? 3) Могут ли в безвоздушном же месте или не могут быть произведены совершенные кислоты, свойственные разным окисляющимся простым телам? 4) Произведения, если бы оные могли происходить при сих действиях в безвоздушном месте, оказались ли бы тяжелее самих материалов, для опыта употребленных?»<sup>18</sup>. Петровым была выполнена широкая серия опытов для изучения интересующих его явлений. Сюда относятся опыты по горению бескислородных и кислородсодержащих веществ в пустоте, горению тел в различных газах, изучение явлений свечения фосфора и многие другие.

Основные результаты опытов В. В. Петров опубликовал в

<sup>15</sup> Московские ученые ведомости, 1805, № 6, с. 47.

<sup>16</sup> Речь профессоров Московского университета. М., 1819, т. 1, с. 27.

<sup>17</sup> См.: *Менишуткин Б. Н.* В. В. Петров, русский физико-химик начала XIX столетия.— Изв. Ин-та физ.-хим. анализа, 1926, т. 3, вып. 1, с. 1—13; *Менишуткин Б. Н.* В. В. Петров как химик.— В кн.: Академик В. В. Петров. 1761—1834. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 13—35.

<sup>18</sup> Петров В. В. Собрание физико-химических новых опытов и наблюдений. СПб., 1801, с. XII—XIII.

1801 г. в книге «Собрание физико-химических новых опытов и наблюдений Василия Петрова, профессора физики при Академии Санкт-Петербургской медико-хирургической и свободных художеств», а также в работах, относящихся к 1808–1812 гг.<sup>19</sup>

Общий результат большого числа своих опытов В. В. Петров выразил так: «Где находится кислотворный газ, или по крайней мере основание его, кислотворное вещество, соединенное с твердыми, жидкими или воздухообразными телами, там только и может происходить горение, при помощи такой температуры, которая способна для произведения новых простых или сложных средств, какие могут быть между составными тел частями»<sup>20</sup>.

Следовательно, «все горючие многосложные твердые тела... могут гореть даже и в торричеллиевом, или совершенно безвоздушном, месте». Не меньшее значение имел и другой вывод: «По сгорании многосложных тел в безвоздушном месте остаток и произведение их должны быть точно такого же веса, каковой имели бы оные до опыта: ибо, где нет причины, там и действие или произведение быть не может»<sup>20а</sup>.

Результаты опытов В. В. Петрова, несомненно, способствовали распространению и утверждению кислородной теории в России.

Утверждение кислородной теории требовало пересмотра химической терминологии. Во Франции новая химическая номенклатура была разработана в 1787 г. А. Лавуазье, А. Фуркруа, К. Л. Бертолле и Л. Б. Гитоном де Морво.

Необходима была новая химическая терминология и в России. Учитывая большие различия русского и французского языков, а также специфику различных терминов, прочно укоренившихся в русской химической литературе, русские ученые считали необходимой разработку собственной терминологии, основанной, однако, на принципах, предложенных французскими химиками.

<sup>19</sup> См.: *Петров В. В.* О горении или сжигании различных многосложных твердых тел и некоторых жидкостей в безвоздушном месте.— Умозрительные исследования имп. С.-Петербургской Академии наук, 1808, т. 1, с. 209—275; О сжигании зажигательными зеркалами и стеклами различных многосложных твердых горючих тел в таких газах, в которых горящие тела мгновенно погасают.— Там же, 1810, т. 2, с. 364—369; О невоспламеняемости некоторых твердых, воздухообразных и многих жидких весьма горючих тел и их паров от калийного жара.— Там же, с. 370—384; О негорении твердых простых горючих тел и невозможности происхождения из них как кислот, так и металлических оксидов или известей в безвоздушном месте.— Там же, 1812, т. 3, с. 180—219.

<sup>20</sup> *Петров В. В.* Собрание физико-химических новых опытов и наблюдений, с. 151.

<sup>20а</sup> Там же, с. 152.

<sup>1</sup> 9 декабря 1807 г. на собрании Петербургской Академии наук А. И. Шерер прочитал доклад «Опыт методического определения химических наименований для российского языка». В 1808 г. он был издан отдельной брошюрой (21 с.) и вошел как приложение к учебнику «Руководство к преподаванию химии». (К стр. 64).

В разработке новой русской химической терминологии, кроме В. М. Севергина, в то время принимали самое деятельное участие А. И. Шерер<sup>21</sup> (см. стр. 63) и Я. Д. Захаров<sup>22</sup>.

## ОТРАЖЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ТРУДОВ М. В. ЛОМОНОСОВА В РУССКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ XVIII — НАЧАЛА XIX в.

Чем глубже мы изучаем историю отечественной и мировой науки, тем больше выясняется, что труды М. В. Ломоносова были известны и русским, и иностранным ученым. Они оказали несомненное влияние на развитие отдельных направлений химии и физики. О Ломоносове и его трудах еще при жизни ученого было напечатано много сообщений в периодических русских и иностранных изданиях<sup>23</sup>. Так, издававшийся Московским университетом под редакцией учеников Ломоносова Н. Н. Поповского и А. А. Барсова «Московские ведомости» в 1756 г. сообщали, что 9 июля состоялось «поутру в 10 часов публичное в Академии собрание, в котором читал речь на Российском языке о свете и о цветах... профессор химии г. Ломоносов»<sup>24</sup>. В 1758 г. в той же газете помещено объявление: «... при Московском университете недавно отпечатано и продается собрание сочинений... химии профессора и С.-Петербургской Академии наук члена г. Ломоносова»<sup>25</sup>.

На страницах «Московских ведомостей» за 1759 г. мы читаем, что в публичном заседании Петербургской Академии наук «г. Ломоносов читал на российском языке „Рассуждение о большой точности морского пути“, показывая при этом разные, к тому надлежащие, его изобретения инструменты»<sup>26</sup>. В 1760 г. сообщалось, что в публичном собрании Петербургской Академии наук, на котором присутствовали «разные знатные персоны... профессор Ломоносов на Российском языке читал „Рассуждение о твердости и жидкости тел“»<sup>27</sup>.

В «Московских ведомостях» опубликовано весьма подробное сообщение об избрании М. В. Ломоносова в почетные члены Академии художеств: «Ломоносов, Санкт-Петербургской Императорской и Королевской Шведской академий наук член и химии профессор, знанием и заслугами известный в ученом свете, не токмо простираясь в науках славное приобрел имя, но и по склонности к Худо-

<sup>22</sup> См.: Захаров Я. Д. Рассуждение о Российском химическом словозначении. — Умозрительные исследования имп. С.-Петербургской Академии наук, 1810 г. 2, с. 332—354.

<sup>23</sup> См.: Соловьев Ю. И., Ушакова Н. Н. Отражение естественнонаучных трудов М. В. Ломоносова в русской литературе XVIII и XIX вв. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 95 с.

<sup>24</sup> Московские ведомости, 1756, 9 июля.

<sup>25</sup> Там же, 1758, 9 окт.

<sup>26</sup> Там же, 1759, 21 мая.

<sup>27</sup> Там же, 1760, 22 сент.

жествам, открыв к славе России толь редкое еще в свете мозаичное искусство...»<sup>28</sup>.

М. В. Ломоносов в ответ на приветствия выступил с речью, которая была полностью опубликована. «Благополучны вы, сыны российских, — сказал он тогда, — что можете преуспевать в похвальном подвиге ревностного учения и представить пред очами просвещенной Европы проницательное остроумие, твердое рассуждение и ко всем искусствам особливую способность нашего народа...»<sup>29</sup>.

«Санкт-Петербургские ведомости» также много сообщали о М. В. Ломоносове<sup>30</sup>. Большая часть этих публикаций содержала объявления о продаже отдельных книг из собрания сочинений Ломоносова. Первая такая заметка об «Экспериментальной Вольфгангской физике» относится к 1746 г.<sup>31</sup> Затем мы находим извещения о выходе в свет книги «Первые основания металлургии»<sup>32</sup>, сообщения о речах Ломоносова: «О рождении металлов от трясения земли»<sup>33</sup>, «О свете и о цветах»<sup>34</sup>, книги «Рассуждение о большой точности Морского пути»<sup>35</sup> и др. В 1758 г. было помещено объявление о том, что в академической книжной лавке находится в продаже недавно напечатанное в Московском университете «Собрание разных Сочинений... Профессора Михайла Ломоносова»<sup>36</sup>.

В «Санкт-Петербургских ведомостях» находили отражение и отдельные работы М. В. Ломоносова в области физики, в частности в 1753 г. было дано подробное описание его наблюдений над «воздушным электричеством»<sup>37</sup>. Из «Санкт-Петербургских ведомостей» мы узнаем о большом интересе слушателей к публичному курсу физики Ломоносова: «...профессор Ломоносов начал о Физике экспериментальной на Российском языке публичные Лекции читать, причем сверх многочисленного собрания воинских и гражданских разных чинов слушателей и сам господин президент Академии с некоторыми придворными Кавалерами и другими знатными персонами присутствовал»<sup>38</sup>.

После смерти М. В. Ломоносова академики М. Е. Головин, И. И. Лепёхин, Н. Я. Озерецковский и С. Я. Румовский приняли решение издать полное собрание его сочинений. «...Академия наук, — читаем в «Санкт-Петербургских ведомостях» за 1783 г., — почитая себя обязанною воздавать по мере сил своих достолюдижную

<sup>28</sup> Там же, 1763, 7 нояб.

<sup>29</sup> Там же (прибавление).

<sup>30</sup> См.: Столянский П. Н. Некоторые данные к биографии Ломоносова, извлеченные из «С.-Петербургских ведомостей» за XVIII век. — Ломоносовский сборник: 1711—1911. СПб., 1911, с. 267—282.

<sup>31</sup> С.-Петербургские ведомости, 1746, 18 апр.

<sup>32</sup> Там же, 1763, 4 нояб.

<sup>33</sup> Там же, 1757, 19 сент.

<sup>34</sup> Там же, 1758, 14 апр.

<sup>35</sup> Там же, 1759, 23 июля.

<sup>36</sup> Там же, 1758, 6 сент.

<sup>37</sup> Там же, 1753, 4 июня.

<sup>38</sup> Там же, 1746, 24 июня.



честь бывшим своим сочленам, трудившимся в науках к пользе и славе России, предпринимлет издать на хорошей бумаге и наилучшими литерами самое полное собрание сочинений покойного г. Ломоносова (...). Академия просит всех любителей Российского слова, приятелей и свойственников сего славного мужа присылать на имя Академии наук г. Директора... достоверные известия о жизни сего славного сочинителя, письма и другие могущие находиться его сочинения»<sup>39</sup>.

В течение 1784—1785 гг. вышли первые три части «Собрания сочинений» М. В. Ломоносова. Это издание было подписным и, очевидно, пользовалось большим спросом: «Академия наук, удовлетворяя нетерпению, которое Публика оказывала о выходе покойного г. Ломоносова сочинений, ныне Третью часть<sup>40</sup> оных выдала в свет»<sup>41</sup>.

Первоначально предполагалось издать сочинения в четырех томах, но в 1785 г. Академия наук, учитывая большой интерес к работам М. В. Ломоносова и спрос на них, решила расширить издание до шести томов, о чем и объявила через «Санкт-Петербургские ведомости»: «Академия наук, желая издаваемое от оной полное собрание сочинений покойного Профессора и Статского Советника Михаила Васильевича Ломоносова сделать сколь можно совершенным, определила к отысканным еще вновь его г. Ломоносова некоторым сочинениям присовокупить и латинские, кои в ученом свете с поменьшую похвалою приняты, так что все издание будет вообще состоять из шести частей»<sup>42</sup>.

Помимо московской и петербургской газет, систематически освещавших деятельность М. В. Ломоносова, несколько заметок о Ломоносове поместил и журнал «Ежемесячные сочинения и известия о ученых делах». В 1763 г. в журнале была напечатана заметка о выходе в свет книги Ломоносова «Первые основания металлургии, или рудных дел»: «...Не надлежит сомневаться, чтоб книга, показывающая добывать, пробовать и выплавливать металлы, с большою охотою от Российской публики не была принята»<sup>43</sup>.

В 1764 г. «Ежемесячные сочинения...» сообщили: «...Ломоносов в славной Санкт-Петербургской Академии наук, Химии Профессор, ...положил намерение и действительно предпринял сие трудное дело (производство стекол для мозаичных картин.— Ю. С.) производить опытами по одному своему глубокому знанию в Химии, в коей толь благоуспешно упражняется, и оградясь философскою тер-

<sup>39</sup> Там же, 1783, 17 марта.

<sup>40</sup> В третьем томе этого собрания сочинений были опубликованы: «Слово о пользе Химии», «Слово о явлениях воздушных...», «Слово о происхождении света, новую теорию о цветах представляющее», «Слово о рождении металлов от трясения земли», «Рассуждение о большой точности морского пути», «Явления Венеры на Солнце».

<sup>41</sup> С.-Петербургские ведомости, 1785, 8 авг.

<sup>42</sup> Там же, 18 июля.

<sup>43</sup> Ежемесячные сочинения и известия о ученых делах, 1763, нояб., с. 454.

пелливостью, по многочисленному множестве опытов наконец достиг искусства производить все цветы к составлению Мусии, кои будучи сравнены с Римскими, оказались, что не в чем оным не уступают <...> господин Ломоносов завел фабрику для составления разноцветных Мозаичных стекол, которая производится в совершенстве, и некоторые из тамошних крестьян обучены сему искусству <...> В прочем, какой плод получил себе господин Ломоносов своими многими трудами, к приращению Физического знания и к теоретическому изяснению Химической науки, доказывает его диссертация о свете и цветах, новая их Теория»<sup>44</sup>.

Эти малоизвестные факты мы привели здесь для того, чтобы еще раз подтвердить, что имя Ломоносова и его научная деятельность были уже при его жизни широко известны в России.

Характер и направление научных исследований, а также архивные материалы дают основание полагать, что развитие экспериментальных работ по химии (В. И. Клементьев, Э. Г. Лаксман, Т. Е. Ловиц и др.) в ряде случаев также шло по путям, намеченным М. В. Ломоносовым<sup>45</sup>.

Отражение замыслов и идей М. В. Ломоносова можно видеть в таких сводных работах В. М. Севергина, как «Первые основания минералогии, или естественной истории ископаемых тел» (1798), «Подробный словарь минералогический...» (1807), «Опыт минералогического землеописания Российского государства» (1809). В первом томе «Начертания технологии минерального царства» (1821) Севергин считал необходимым отметить, что разноцветные стеклянные составы, образцы которых хранились в минералогическом кабинете Академии наук, для мозаических работ первый приготавливал в России «пит и химик, незабвенный академик М. В. Ломоносов». Внимательное изучение и сравнение отдельных положений и высказываний Севергина в книге «Пробирное искусство» (1801) с работами Ломоносова показывает, что Севергин хорошо знал химические и минералогические работы последнего, хотя в этой книге и не упоминал его имени.

25 ноября 1805 г. на торжественном собрании Петербургской Академии наук в присутствии большого числа посетителей, среди которых был Державин, академик В. М. Севергин произнес «Похвальное слово», посвященное М. В. Ломоносову, в котором было сказано: «Распространить в науках новый свет, открыть пути, ведущие их к вящшему совершенству, и проложить к тому первые твердые стези: сии суть такие подвиги, кои предоставлены токмо мужам редким, великими способностями одаренным»<sup>46</sup>. Далее Се-

<sup>44</sup> Там же, 1764, май, с. 467—469.

<sup>45</sup> См.: Рукописные материалы химиков второй половины XVIII в. в Архиве Академии наук СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. Вып. 15. 212 с.

<sup>46</sup> [Севергин В. М.] Слово похвальное Михайлу Васильевичу Ломоносову, читанное в имп. Российской Академии в годовом торжественном ее собрании 1805 года членом оныя Василием Севергиным. СПб., 1805; лит. по кн.: Сухомятинов М. И. История Российской Академии. СПб., 1878, вып. 4, с. 158.

вергин говорил о том, что «Слово» Ломоносова о пользе химии показывает «обширные его в сей науки знания». Останавливаясь на таких работах Ломоносова, как «Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих» (1753), «Слово о происхождении света, новую теорию о цветах представляющее» (1756), «Слово о рождении металлов от трясения земли» (1757) и др., Севергин отмечал, что эти работы «уважаются знаменитейшими во всеобщей химии, металлургии и минералогии писателями»<sup>46a</sup>.

«Прежде упомянутые подвиги,— говорил далее В. М. Севергин,— достаточны бы были для составления всей славы сего мужа. Но собственная его деятельность на оных не останавливалась. В те времена едва ли существовало систематическое на российском языке сочинение, в коем бы основательно предложены были правила горного и плавильного искусства. Ломоносов принял на себя труд сей и издал руководство к тому под заглавием: первые основания металлургии, или рудных дел. Начальные правила, какие в сем искусстве нужны, изложены в оном ясно и в таком порядке, кои доказывают паки обширность его знаний и основательность суждения»<sup>47</sup>. Кратко охарактеризовав содержание указанной книги, Севергин закончил свое «Похвальное слово» следующими словами: «Мы заключим, что Ломоносов был не только первый из россиян, но притом искусный химик и металлург. Два рода несовершенств примечаем мы передко в ученых мужах, в физических науках упражняющихся. Иной хороший теоретик, но худой практик; другой хороший практик, но худой теоретик. Ломоносов, напротив того, прозорлив был в умозрениях и работал с успехом собственными руками. Кто не возмняет теперь о тех разноцветных стеклах, кои он приготовлял для мозаических своих работ и коих составление столь трудно, известно наиболее тем, кои сие дело основательно знают и в оном действительно упражнялись. Кто бы подумал, чтобы Ломоносов, великий оратор и поэт, основатель чистоты русского языка, беспрестанно рассуждающий, беспрестанно занимающийся вышшими науками, наконец, собственными руками стал составлять мозаические картины и приготовлять нужные к тому вещи? Единому только его великому и деятельному духу сие свойственно быть могло»<sup>48</sup>.

«Похвальное слово Ломоносову» В. М. Севергина представляет собой знаменательное событие; впервые продолжатель трудов Ломоносова дает содержательный отзыв о научных трудах ученого в области естествознания. Этот интересный исторический документ еще раз убедительно говорит о том, что труды М. В. Ломоносова не были забыты последующими поколениями русских ученых.

Говоря о влиянии М. В. Ломоносова на русских ученых второй половины XVIII и начала XIX столетия, известный историк лите-

<sup>46a</sup> Там же, с. 159.

<sup>47</sup> Там же.

<sup>48</sup> Там же, с. 160.

ратуры академик М. И. Сухомлинов отмечал: «Румовский, Котельников, Протасов получили свое научное образование под руководством Ломоносова; Лепехин и Иноходцев были учениками Румовского и Котельникова; Озерецковский, Соколов, Севергин образовались под благотворным влиянием Лепехина и т. д. Названные нами поколения русских ученых, от Ломоносова до Севергина, связаны между собою основными началами своей научной деятельности и литературным преданием, вытекавшим из жизненных условий времени и исторического хода русской образованности»<sup>49</sup>.

В 1825—1830 гг. в русских журналах: «Московский телеграф», «Отечественные записки», «Атеней», «Новый магазин отечественной истории» были впервые опубликованы архивные материалы о жизни и деятельности М. В. Ломоносова. Так, в статье, опубликованной в «Отечественных записках», П. П. Свиньин сообщал чрезвычайно интересные сведения о том, что на родине Ломоносова он приобрел большой портфель рукописей — 500 листов «своеручного письма знаменитого Ломоносова»<sup>50</sup>. Это были те самые рукописи работ Ломоносова по химии, физике и физической химии, которые В. Н. Мещуткин впервые опубликовал в своей известной книге «М. В. Ломоносов как физико-химик» (СПб., 1904).

В 1827 г. Николай Полевой, издатель журнала «Московский телеграф», опубликовал в одном из томов своего журнала «Послужной список М. В. Ломоносова с 1751 по 1756 год»<sup>51</sup>. Для истории отечественного естествознания эта публикация замечательна тем, что в ней впервые был опубликован отчет о научной деятельности М. В. Ломоносова за тот период (1751—1756 гг.), когда ученый занимался решением важнейших проблем химии и физики.

Первый, кто обратил внимание и высоко оценил публикацию «репорта» М. В. Ломоносова в журнале «Московский телеграф», был А. С. Пушкин<sup>52</sup>. Интерес был настолько высок, что Пушкин решил включить полный текст этого рапорта в свое произведение «Путешествие из Москвы в Петербург»<sup>53</sup>.

Возникает вопрос, почему в «Путешестве...» А. С. Пушкин включил большой научный отчет академика XVIII в., который, казалось бы, никакого отношения к «Путешествию» не имел. Ответ на этот вопрос напрашивается такой. Решив поместить в свое произведение главу «Ломоносов», Пушкин, естественно, хотел дать

<sup>49</sup> Там же, с. 2.

<sup>50</sup> Свиньин П. П. Известие о вновь открытых рукописях Ломоносова. — Отеч. зап., 1827, т. 31, с. 488—490.

<sup>51</sup> Московский телеграф, 1827, нояб., ч. 18, № 22, с. 109—117; Ломоносов М. В. 1756 октября 28 — ноября. Репорт Президенту АН с отчетом о работах за 1751—1756 гг. — Полн. собр. соч.: В 10-ти т. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957, т. 10, с. 388—393.

<sup>52</sup> Более подробно см.: Соловьев Ю. И. М. В. Ломоносов в оценке А. С. Пушкина. — Вопр. истории естествознания и техники, 1983, № 4, с. 65—69.

<sup>53</sup> «Путешествие из Москвы в Петербург» впервые было опубликовано в 1841 г.; перепечатано: Пушкин А. С. Полн. собр. соч. Л.: Наука, 1978, т. 7, с. 191—195.

характеристику его разносторонней научной деятельности. В рапорте М. В. Ломоносова Пушкин увидел яркий документ, который лучше всяких слов характеризовал напряженную и содержательную научную деятельность ученого. «...если мы станем исследовать жизнь Ломоносова,— писал А. С. Пушкин,— то найдем, что науки точные были всегда главным и любимым его занятием...»<sup>54</sup>. Эти слова поэта-историка несли в себе *программу* конкретного изучения естествонаучного наследия Ломоносова, они служили верным ориентиром на этом пути. От А. С. Пушкина эстафета исторического *осознания*, а не только знания личности М. В. Ломоносова перешла к В. Г. Белинскому, А. И. Герцену, а затем к революционным демократам и прогрессивным русским ученым-естествоиспытателям.

\*

Итак, мы закончили рассмотрение исторического периода становления химической науки в России. Он начался блестящей деятельностью М. В. Ломоносова и закончился возникновением университетской науки.

Этот период (начало XVIII — начало XIX в.) характерен широкой просветительской деятельностью русских химиков, пробудившей интерес к химии, которая, по словам Ломоносова, «широко распространяет руки свои в дела человеческие».

История русской промышленности непосредственным образом связана с изучением естественных богатств страны. В XVIII столетии химики активно участвовали в развитии «рудного дела».

Оригинальные химические исследования М. В. Ломоносова, Э. Лаксмана, Т. Е. Ловица, А. А. Мусина-Пушкина впервые вписали в мировую химию новое слово о физической химии, адсорбции, химии соединений платины, технологии стекла (с использованием глауберовой соли вместо поташа).

Мы увидим далее, что направление оригинальных химических исследований с успехом будет развито новым поколением русских химиков.

<sup>54</sup> Пушкин А. С. Полн. собр. соч., т. 7, с. 21.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

# ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ РАЗВИТИЯ ХИМИИ В РОССИИ в первой половине XIX века

*«Кому неизвестно ныне,  
какие быстрые и выгодные  
произошли перемены и поправления  
во всех почти родах промышленности человеческой  
от приложения к ним  
математических, физических и химических знаний (...)  
И ежели подобные помянутым заведения в России  
наибольшего достигли совершенства...  
то сие ничему иному приписать можно,  
как постепенному... приращению наук в нашем Отечестве».*

*([Сесергин В. М.] Предисловие. —  
Технол. журн., 1804, т. 1, ч. 1, с. 4—5).*

*«В России чувствуется сейчас, более чем когда-либо,  
необходимость изучать химию».*

*(Гесс Г. И. Из неопубликованного письма).*



## ВВЕДЕНИЕ

**В** конце XVIII — начале XIX столетия в России устои феодально-крепостнической системы начали расшатываться под влиянием глубоких изменений в хозяйственной и культурной жизни страны, вызванных развивающимися капиталистическими отношениями. Расширение торговли, оснащение армии и флота, рост металлургических производств и химических промыслов во многом зависели от подготовки соответствующих специалистов: горных инженеров, химиков, геологов, артиллерийских офицеров, врачей и др. Приток иностранных специалистов в те годы был ограничен. С 1798 г. учиться в зарубежных университетах, где процветало «вольнодумство», подданным Российской империи правительство запретило. Поэтому остро встал вопрос о подготовке своих специалистов в русских учебных заведениях.

Но широкие планы народного образования пугали царское правительство. Если в начале своего правления Екатерина II «тщеславно кокетничала с Вольтером и энциклопедистами», то в конце ее царствования, особенно после 1793 г., когда во Франции казнили Людовика XVI, когда властвовал Робеспьер, в России начинается резкая правительственная реакция. Запрещается распространение французской литературы (как светской, так и научной)<sup>1</sup>. Издаются указы о назначении цензоров, о строгом наблюдении в таможенных за привозимой из-за границы литературой, особенно из Франции, которая, «желая распространить безбожные свои правила во все устроенные Государства, ищет развращать спокойных обитателей оных сочинениями, накопленными зловредными умствованиями»<sup>2</sup>. Не случайно, видимо, перевод книги французского химика А. Фуркруа «Химическая философия» появился не в столице, а во Владимире<sup>3</sup>. Даже *химическая философия* пугала и настораживала.

Потребность в своих специалистах, однако, возрастала с каждым годом. Поэтому неудивительно, что именно в это время создаются

<sup>1</sup> Учебник А. Лавуазье, вышедший в 1789 г., не был переведен на русский язык, а сам французский ученый не был избран в члены Петербургской Академии наук. Из всех соратников Лавуазье один только А. Ф. Фуркруа был избран в 1802 г. иностранным почетным членом Петербургской Академии наук.

<sup>2</sup> Сборник постановлений и распоряжений по цензуре с 1720 по 1862 год. СПб., 1862, с. 46.

<sup>3</sup> См.: [Фуркруа А. Ф.] Химическая философия, или основные истины новейшей химии, по новому образцу расположенные г. Фуркруа/Пер. И. Книгина и И. Каменского. Владимир, 1799. 140 с. В 1812 г. книга Фуркруа была переиздана в Москве.

такие специальные учебные заведения, как Горное училище, Артиллерийская академия, Инженерное кадетское училище, Медико-хирургическая академия и др. По указу 8 сентября 1802 г. среди других министерств было учреждено Министерство народного просвещения. На фоне тех событий, которые развертывались в России при Павле I, это был, несомненно, прогрессивный шаг. Создание новых университетов, лицеев (Царскосельский<sup>4</sup>, Демидовский), новых школ, научных и литературных обществ, различных музеев отвечало духу времени. Образованность в это время считалась высшим достоинством в обществе. «То была прекрасная эпоха в развитии русской мысли»<sup>5</sup>.

По уставу 1803 г. Петербургская Академия наук определялась как главное ученое учреждение страны, в задачи которого входило совершенствование наук, просвещение, а также усовершенствование мануфактур, ремесел и фабрик.

В начале XIX в. в различных городах России открываются новые университеты и создаются научные общества<sup>6</sup>. В 1802—1803 гг. восстанавливаются университеты в Дерпте<sup>7</sup> и Вильнюсе<sup>8</sup>. В последующие годы были открыты университеты в Казани (1804), Харькове (1805), Петербурге (1819). Петербургскому университету, в отличие от Московского (1755), Казанского и Харьковского университетов, которые готовили преподавателей для гимназий и других школ, было поручено готовить профессоров и научных работников.

В Петербургском университете первоначально число студентов было весьма ограничено: 27 — при открытии университета, 212 — в 1835 г. Физико-математическое отделение включало 10 кафедр: чистой математики, прикладной математики, физики с физической географией, химии, минералогии, математической географии, ботаники, зоологии, технологии и архитектуры и сельского хозяйства с пчеловодством. В 1841—1851 гг. было учреждено на средства Министерства финансов особое, реальное, отделение, куда можно было переходить после прохождения двух курсов любого разряда физико-математических наук. На реальном отделении были кафедры прикладной механики, архитектуры и строительного искусства, черче-

<sup>4</sup> В 1817 г. Царскосельский лицей окончил А. С. Пушкин.

<sup>5</sup> История XIX века: В 8-ми т./Под ред. профессоров Лависса и Рамбо. Пер. с франц. 2-е изд., доп. и испр./Под ред. проф. Е. В. Тарле. М.: Соцэкгиз, 1938, т. 2, с. 141.

<sup>6</sup> В 1805 г. было основано Московское общество испытателей природы. В 1811 г. в Харькове было организовано Филотехническое общество, в 1817 г. в Митаве — Курляндское общество любителей словесности и художеств. Деятельным членом которого был выдающийся прибалтийский ученый Т. Гротгус, автор первой теории электролиза и основных законов фотохимии [см.: *Страдынь Я. П.* Теодор Гротгус (1785—1822). М.: Наука, 1966. 183 с. (Серия НБЛ)].

<sup>7</sup> Дерптский университет (Academia Gustaviana) был основан в 1632 г. С 1802 по 1893 г. — Дерптский университет, в 1893—1918 — Юрьевский, с 1918 г. — Тартуский университет.

<sup>8</sup> Вильнюсский университет основан в 1579 г.



ния и рисования, технической химии и технологии с агрономией.

По уставу 1804 г. в университетах были учреждены физико-математические отделения, в состав которых входили химические кафедры и химические лаборатории. Но несмотря на эту реформу характер преподавания химии в университетах изменился мало, так как еще долгое время профессорами химии в университетах были исключительно медики — доктора медицины, а химические лаборатории владели жалкое существование. По указу 1809 г. университетские дипломы (степени) давали определенное преимущество, перед всеми другими должностными лицами, в получении разных чинов и назначений. Этот указ, подготовленный по инициативе М. М. Сперанского, повышал авторитет университетов. Образованность и специализация стали конкурировать с родовыми титулами.

В 1819 г. был издан закон «О производстве в ученые степени». Вводились ученые степени кандидата (для особо успешно окончивших университетский курс), магистра и доктора наук.

С открытием университетов начинается новый период в развитии химии в России — *период университетской науки*, характерный появлением русской профессуры, русских учебников и журналов по химии, химических лабораторий. В университетах начали зарождаться русские научные школы.

Уже в первые годы существования университеты становятся распространителями философского, научного и политического свободомыслия. Профессора университетов читали лекции и выступали с речами, проникнутыми идеями материализма. Все это вызвало ответную реакцию правительства. Реакционный поворот правительственной политики, ознаменовавший вторую половину царствования Александра I, особенно отразился на народном просвещении. «Свободы», предоставленные университетам уставом 1804 г., стали ограничивать. Преподавание естественных наук резко сокращается за счет расширения преподавания «священного писания», мертвых языков и произведений древних авторов. Реакционное духовенство, поднявшее голову под покровительством мистически настроенного царя, требовало преподавания естественных наук только на основе «священного писания». В инструкции (1821) Министерства народного просвещения было сказано, что в преподавании всех наук должен быть один дух святого евангелия, а естествознание должно доказывать, что «царство природы» непостижимо.

В атмосфере преследования и подавления университетской науки появились такие гонители университетского образования, как Магницкий и Рунич.

В 1819 г. Министерство народного просвещения направило в Казанский университет в качестве ревизора чиновника Магницкого, известного своей ревностной поддержкой реакционных проектов Министерства народного просвещения и «святейшего» синода. Магницкий высказал свое резко отрицательное отношение к университету, признал почти всех профессоров «неблагонадежными», сту-

ентов распущенными, дух преподавания небрежным и опасным, состояние учебных пособий жалким и хозяйство университета беспорядочным. В своем донесении о результатах ревизии Магницкий требовал закрытия университета и даже «публичного его разрушения». Став попечителем Казанского учебного округа, Магницкий изгнал из Казанского университета одиннадцать профессоров, запретил преподавание астрономии, основанной на трудах Коперника, Галилея и Ньютона, геологии, основанной на трудах естествоиспытателей XVIII в. Он строго предписал профессорам, чтобы их доклады на естественнонаучные темы перемежались молитвами и церковным пением.

А. И. Герцен писал о действиях Магницкого в Казани: «Магницкий доносил не только на профессоров, которых и смещали, но даже на целые отрасли знания. *Естественное право* было уничтожено, *новая история* была запрещена. *Обязали* медицину быть христианской и учить, что болезнь есть только необходимое следствие первородного греха»<sup>9</sup>.

Однако до закрытия университетов дело не дошло. Царское правительство боялось, что такие крайние меры могут вызвать неблагоприятные отклики за границей. К тому же проблема подготовки чиновников государственного аппарата и различных специалистов требовала сохранения университетов и даже увеличения их числа. Так, в 1819 г. был открыт Петербургский университет. Однако царское правительство приняло самые решительные меры к тому, чтобы искоренить из университетов так называемые «свободомыслие и злободумство» и создать такую обстановку, чтобы из их стен выходили благонадежные чиновники, верные самодержавию и православию. Гнет на университетскую науку, особенно после 1825 г., по словам Н. И. Пирогова, «усиливался crescendo». Правительство стремилось централизовать университетское образование и держать его под строгим надзором цензуры и полиции. Появилось явное стремление создать в самодержавной России «непросвещенное просвещение». По словам профессора Московского университета С. М. Соловьева, «по воцарении Николая просвещение перестало быть заслугой, стало преступлением в глазах правительства»<sup>10</sup>.

Министру народного просвещения (с 1833 г.) С. С. Уварову принадлежит известный принцип просвещения «православие, самодержавие, народность», получивший название «реакционной треххвостки». В этих условиях передовые русские профессора, прогрессивные журналы («Отечественные записки», «Современник» и др.) исподволь начали *расшатывать устой централизованного официального просвещения*.

Предстояло заинтересовать естественнонаучной проблематикой не единицы, а массы, выработать материалистический взгляд на

<sup>9</sup> Герцен А. И. Полн. собр. соч. и писем. М.; Пг.: ГИЗ, 1923, т. 20, с. 354.

<sup>10</sup> Соловьев С. М. Итоги николаевской эпохи.— Вестн. Европы, 1907, т. 3, май, с. 43.

природу и методы ее познания. В те годы «многие общие теоретические проблемы естествознания оказались боевыми вопросами идеологической борьбы»<sup>11</sup>.

В борьбе с идеализмом в 20—30-х годах прошлого столетия в России растет и крепнет материалистическое направление, русские ученые неуклонно идут по пути критической переработки натурфилософии к естественнонаучному, стихийно-диалектическому взгляду на природу.

Основными центрами борьбы прогрессивных русских естествоиспытателей с идеалистическими учениями являлись прежде всего естественные отделения Московского, Харьковского, Казанского университетов, а также такие специальные высшие учебные заведения, как Горный и Технологический институты, Медико-хирургическая академия. Общая атмосфера внутри университетов, позиции профессоров в отношении методов исследования и познания явлений природы,— все это оказывало определяющее влияние на формирование мировоззрения русского студенчества.

«Это было время тайных обществ и недовольства,— вспоминал впоследствии знаменитый хирург Н. И. Пирогов,— все грызли зубы на Аракчеева; запрещенные цензурой вещи ходили по рукам, читались студентами с жадностью и во всеуслышанье»<sup>12</sup>.

Одним из основных вопросов, особенно волновавших умы ученых в 1810—1830 гг., был вопрос о методе исследования природы, о соотношении теории и опыта. Это был период крушения метафизических и механистических представлений и мучительного поиска нового мировоззрения. Это были годы борьбы с голым эмпиризмом и идеалистической натурфилософией, отвергавшей опыт как средство познания природы.

В 1831 г. вышел в свет учебник профессора Медико-хирургической академии Д. М. Велланского «Опытная, наблюдательная и умозрительная физика, излагающая природу в вещественных видах, деятельных силах и зиждущих началах неорганического мира, составляющая первую половину энциклопедии физических познаний», пропитанный идеалистической натурфилософией. Этот учебник автор представил на соискание Демидовской премии. Рецензенты учебника академики А. Я. Купфер, В. К. Вишневский, П. В. Тарханов, Г. И. Гесс резко критиковали Велланского за его стремление насадить идеалистическую натурфилософию в естественных науках. В своем отзыве они писали: «Из такого содержания рассмотренной Физики явствует очевидно, что на горизонте российского просвещения сияет уже германская натуральная философия во всем ее блеске.

<sup>11</sup> Избранные произведения русских естествоиспытателей первой половины XIX века. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 8.

<sup>12</sup> Пирогов Н. И. Дневник старого врача.— В кн.: Сочинения Н. И. Пирогова: Издание в память столетия со дня рождения Николая Ивановича Пирогова. Киев, 1910, т. 2, с. 230.

Сколько сия философия опасна быть должна для всех вообще наук, судить можно и по тому, что почтенный автор сей книги и даже после 35-летнего занятия физическими науками все еще решительно считает оную единственным источником всей премудрости <...>

Можно ли допустить, чтобы российское юношество отвлекаемо было от истинного просвещения, приобретаемого только долговременным и неусыпным прилежанием к наукам и опытным и строгим исследованием природы? Можно ли равнодушно взирать на отвержение здоровой логики и всех точных и опытных наук и на решение всего только а priori, по понятию всесущественного зиждителя природы, излагаемому в сей философии? Поелику сего сделать нельзя, то комиссия ... не может одобрить его Физики и, представляя оное на благоусмотрение конференции, обращается к ней с изъяснением вопроса: не признает ли конференция полезным, чтобы распространению такого учения положены были справедливые пределы, для ограждения учащегося юношества от вредных последствий»<sup>13</sup>.

Книги и статьи Д. М. Велланского и других последователей Шеллинга оказывали вредное влияние на молодых людей. Не имея достаточного запаса естественнонаучных знаний, молодежь увлекалась бесплодными умозрительными построениями. Многие студенты знали, что, постигнув идеи Шеллинга, они достигли вершины знаний. Именно поэтому прогрессивные естествоиспытатели, ведя борьбу против идеалистов-натурфилософов в области науки, вместе с тем упорно отстаивали и защищали от их влияния русскую молодежь. Для этой цели ученые использовали все возможности: лекции, публичные выступления, журналы, учебные руководства. Они создали общественное мнение по отношению к натурфилософским методам «познания» природы; их стали рассматривать не только как неверные, но и как вредные. Это спасло молодежь от губительного пути, от траты сил и времени на блуждание в сферах идеализма<sup>14</sup>.

Вопрос о методах исследования природы, о соотношении теории

Цит. по ст.: *Веселовский К. Русский философ Д. М. Велланский*. — Русская старина, 1901, т. 105, с. 16—17.

Иначе обстоит дело в университетах тех стран Европы, где натурфилософия не получила должного отпора со стороны естествоиспытателей. Вот, что, например, пишет по этому поводу известный немецкий химик Ю. Либих: «Я пробыв некоторое время в университете, где самый великий философ и метафизик того времени (Ф. Шеллинг. — Ю. С.) возбуждал удивление и восторг учащейся молодежи. Была ли возможность устоять против всеобщего направления? Я также увлекся и посвятил два драгоценных года из моей жизни на изучение науки, так богатой словами и гипотезами и так бедной положительными сведениями и фактами. Я не могу описать того ужаса, который обуял меня, когда я очнулся от этого опьянения! Как много талантиливых, трудолюбивых людей увлекались этой наукой и как часто мне приходилось впоследствии слышать жалобы, что многие положительно сгубили таким образом свою карьеру» (цит. по ст.: *Воспоминание о Либихе*. — Русское сельское хозяйство, 1876, т. 26, № 7, с. 30).

и опыта глубоко анализировал А. И. Герцен в своих работах и особенно в «Письмах об изучении природы», которыми зачитывалась русская интеллигенция конца 1840-х годов. «Органическая химия, геология, палеонтология, сравнительная анатомия,— по словам Герцена,— распустились в наш век из небольших почек в огромные ветви, принесли плоды, превзошедшие самые смелые надежды<...>

Естествоиспытатель, вооруженный микроскопом, преследует жизнь до последнего предела, следит за ее закулисной работой. Физиолог на этом пороге жизни встретился с химиком <...> химия заставила смотреть не на одни формы и их видоизменения,— она в лаборатории научила допрашивать органические тела о их тайнах»<sup>15</sup>.

Студенты 1840-х годов воспринимали «Письма об изучении природы» как пламенный призыв к овладению естествознанием. Для молодых русских ученых особенно цепкими были такие слова А. И. Герцена: «Без эмпирии нет науки так, как нет ее и в одностороннем эмпиризме. Опыт и умозрение — две необходимые, истинные, действительные степени одного и того же знания <...> Это — два магдебургских полушария, которые ищут друг друга и которых, после встречи, лошадьми не разорвешь»<sup>16</sup>.

Последующие события показали, насколько своевременно была начата непримиримая борьба с натурфилософией, представлявшая собой борьбу материализма с идеализмом в области естествознания. В этой борьбе передовые русские ученые отстаивали материалистическое мировоззрение. Этот факт приобретает особое значение, если вспомнить, что в 20—40-х годах XIX в. в русских университетах учились будущие ученых-шестидесятников<sup>17</sup>.

В. Г. Белинский в 1839 г. писал о передовых профессорах русских университетов: «Их труды еще не успели развиться и не принесли еще всего того, что они способны принести; но семена, ими посаженные, не пропали: они дадут цвет и дадут плод. У кого острый слух, тот может слышать таинственные прозябения этих семян внутри благодарной почвы»<sup>18</sup>.

<sup>15</sup> Герцен А. И. Письма об изучении природы. М.: ОГИЗ, 1944, с. 11, 12.

<sup>16</sup> Там же, с. 15.

<sup>17</sup> В своей речи «Праздник русской науки», прочитанной 4 января 1894 г. на первом общем заседании IX Съезда русских естествоиспытателей и врачей в Москве, К. А. Тимирязев мог констатировать, что «...в первой половине века волна метафизического умозрения, чуть не затопившая немецкую науку, едва докатилась до наших пределов, не оставив и следа на судьбах нашей науки» (Дневник IX Съезда русских естествоиспытателей и врачей. М., 1894, приложение, с. 5).

<sup>18</sup> Отеч. зап., 1839, т. 5, VII. Современная библиографическая хроника, с. 164.

## ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РУССКИХ ХИМИКОВ В 20—30-е ГОДЫ XIX ВЕКА

**П**еред русскими университетами в первые десятилетия их существования стояла основная задача: популяризация и пропаганда естественнонаучных знаний с целью привлечь молодежь к естествознанию, и, в частности, к химии, которая уже твердо вставала на путь самостоятельного развития. Создание кислородной теории Лавуазье в конце XVIII в., разработка атомно-молекулярного учения Дальтоном и Авогадро в начале XIX в., начавшийся процесс дифференциации химии (аналитическая, неорганическая, органическая), — вот основные события, на фоне которых разворачивалась деятельность профессоров русских университетов 1810—1830-х годов. Они главным образом читали лекции, произносили речи о пользе химии, сообщали об открытиях в химии и других естественных науках.

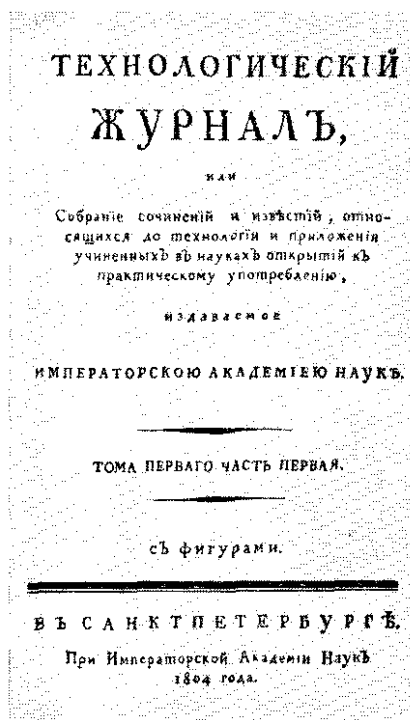
Чтобы быть истинно полезным в то время, ученый должен был быть не столько служителем своей чистой науки, сколько служителем просвещения вообще. Особую роль в этом отношении сыграли научные и научно-литературные журналы.

### РУССКИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ЖУРНАЛЫ

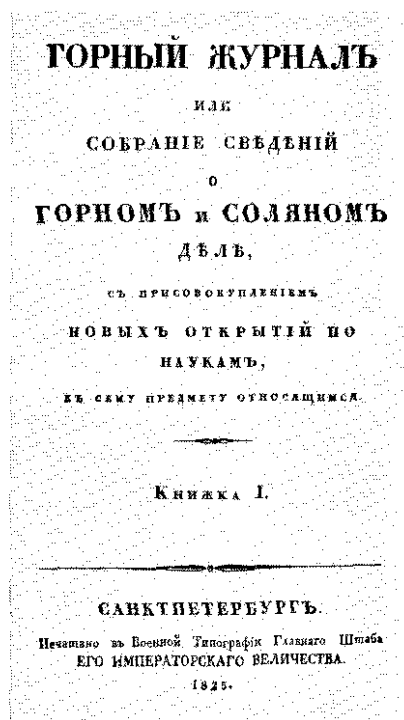
В 1804 г. Петербургская Академия наук приступила к изданию «Технологического журнала, или собрания сочинений и известий, относящихся до технологии и приложения учиненных в науках открытий к практическому употреблению». Издателем и главным редактором журнала стал В. М. Севергин. В предисловии к первому номеру журнала он писал: «... успехи ремесел и заводов в неоспоримой находятся связи с успехами наук»<sup>1</sup>. Эта мысль лейтмотивом звучала в многочисленных публикациях данного журнала. Сам Севергин написал для журнала до 200 статей и рефератов. С 1816 по 1826 г. выходило «Продолжение технологического журнала».

С 1825 г. стал издаваться «Горный журнал», ставший на многие годы центром публикаций русских ученых по проблемам геологии и горному делу. Химический отдел журнала был представлен многочисленными статьями по различным вопросам аналитической и не-

<sup>1</sup> Севергин В. М. Предисловие. — Технол. журн., 1804, т. 1, ч. 1, с. 3.



Титульный лист  
«Технологического журнала»



Титульный лист  
«Горного журнала»

органической химии. Первый номер «Горного журнала» открывается статьей «Обозрение наук и искусств, входящих в состав Горного журнала», в которой проводится важная мысль, что «до сих пор предприимчивость действовала общими силами», но «нужды и потребности гражданского общества их разделили: *Металлург* объявил права свои на металлы, *Галург* на соли, *Флогург* на вещества горючие, и *Технолог* на все то, что входит в состав фабричных, мануфактурных и заводских его изделий». Автор совершенно правильно подчеркивал, что «металлургия» хотя и выделена в особую науку, но она «есть не что иное, как часть *Химии*, в особенности же *Химии тел минеральных*»<sup>2</sup>.

Видную роль в популяризации естественнонаучных знаний сыграл издававшийся в Москве с 1820 по 1829 г. профессором Московского университета И. А. Двигубским журнал «Новый магазин естественной истории, физики, химии и сведений экономических». Журнал быстро откликался на все новые открытия и деятельно

<sup>2</sup> Горн. журн., 1825, кн. 1, с. XL—XLI, XLII.

помогал как ученым, так и широким кругам читателей разобраться в современных достижениях химии, физики и других естественных наук.

Полезные сведения по естественным наукам читатель мог найти в «Указателе открытий по физике, химии, естественной истории и технологии», который издавал в 1824—1831 гг. профессор физики Петербургского университета Н. П. Щеглов.

В 1828—1832 гг. профессор Московского университета А. А. Иовский издавал журнал «Вестник естественных наук и медицины», в котором публиковались статьи, посвященные истории отдельных естественных наук, рефераты различных сочинений по медицине, биологии, химии, приводились биографические сведения о русских и иностранных ученых, пропагандировались выдающиеся сочинения и исследования русских и иностранных ученых. Первые естественнонаучные статьи А. И. Герцена были опубликованы в этом журнале.

«Вестник...» активно выступал за развитие в России опытной науки и вел острую борьбу с натурфилософией, шоплинианством и своеобразным философским «романтизмом».

Такого потока научной информации Россия еще не знала. Естественнонаучные журналы, а также такие прогрессивные литературно-общественные журналы, как «Отечественные записки», «Современник», которые также активно включились в пропаганду естественнонаучных знаний, оказали огромное влияние на умственное развитие поколения 1820—1830-х годов.

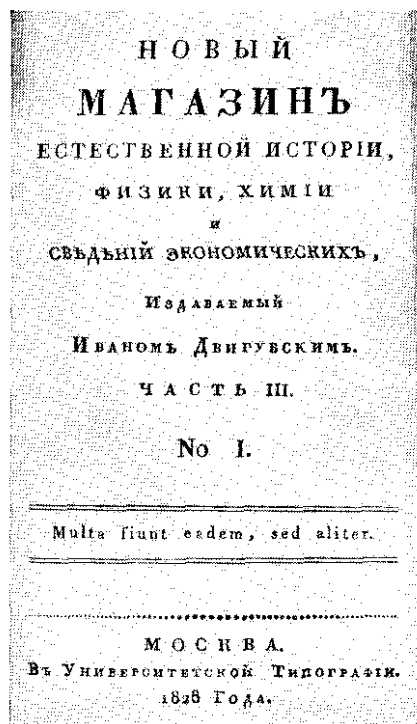
## ПЕРВЫЕ РУССКИЕ УЧЕБНЫЕ РУКОВОДСТВА ПО ХИМИИ

1810—1820-е годы были ознаменованы появлением первых отечественных руководств по химии.

В конце XVIII и в самом начале XIX в. русские химики еще не имели лекционного и лабораторного опыта, который помог бы им создать оригинальные учебные руководства по химии. Поэтому в эти годы появляются главным образом переводы учебников иностранных авторов на русский язык<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> В 1820-е и последующие годы русские химики перевели на русский язык ряд ценных пособий по аналитической химии. Так, в 1826 г. в переводе И. И. Варвинского вышло «Краткое руководство к составлению и употреблению химических реактивов» И. Б. Тромсдорфа. В 1829 г., также в переводе Варвинского, вышло руководство по аналитической химии Л. Ж. Тенара «Основания химического разложения неорганических тел». «Аналитическая химия» (качественный анализ) Г. Розе вышла в переводе П. И. Еврешина в 1837 г. В 1859 г. под редакцией А. И. Ходнева вышел перевод «Руководства к химическому анализу мерою (метод титрования)» Ф. Мора. В своем руководстве, как отмечает Ходнев в предисловии к книге, автор писал, что «анализ мерою есть бесценный подарок, сделанный химией в новейшее время земледелию и физиологии, технологии и горному искусству» (стр. II).





*Титульный лист журнала  
«Новый магазин естественной  
истории, физики, химии...»*

вильно отражал соотношение теории и практики в химии<sup>7</sup>.

Большое достоинство учебника А. И. Шерера заключается в том, что он содержит описание многих опытов. «Слушатели, по мнению автора,— могут находить великое облегчение в том, когда сами

В 1808 г. академик А. Шерер<sup>4</sup> издал первый русский учебник по химии «Руководство к преподаванию химии» (в двух частях), предназначенный главным образом для подготовки врачей, учителей и горных чиновников<sup>5</sup>. Шерер стремился изложить химию, «на опытах основанную». «Сочинитель сокращенной Химии,— писал автор,— принимает на себя трудную обязанность, дабы положенныя, выведенныя из опытов многих вѣков, и купно же вышеписанное состояніе науки представить в одном легком обозрѣніи; учебная книга должна содержать только самую сущность науки и искусства в самой ограниченной краткости так, чтобы Учитель почти в каждой строкѣ находил удобный случай к объясненію предложеннаго»<sup>6</sup>. Автор, как видно из «Предуведомленія», стремился к тому, чтобы преподавание химии было «практическим и основательным». Для этого пужно было прежде всего дать в руки студентов учебник на русском языке, который бы излагал новейшія достиженія химии и пра-

<sup>4</sup> Александр Иванович Шерер (1772—1825), родился в Петербургѣ. Окончил гимназію в Ригѣ, а затем — Йенскій университет. В 1794 г. получил степень доктора философіи. В 1803 г. вернулся в Дерпт, где стал первым профессором химии только что основаннаго Дерптскаго университета. Через год его избирают ординарным профессором Петербургской медико-хирургической академіи. В Петербургѣ он читал лекціи по химии в Главном педагогическом институтѣ и в Горном кадетском корпусѣ. С 1815 г. — ординарный академик Петербургской Академіи наук.

<sup>5</sup> См.: Страхов Н. П. Первый русский учебник химии. — В кн.: Материалы по исторіи отечественной химии: Сб. докл. на Первом Всесоюз. совѣщ. по исторіи отеч. химии. 12—15 мая 1948 г. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950, с. 245—250.

<sup>6</sup> Шерер А. Руководство к преподаванію химии. СПб., 1808, с. XI—XII.

<sup>7</sup> Знаменательна в этом отношеніи вступительная лекція А. И. Шерера 11 октября 1803 г. в Дерптском (Тартуском) университетѣ: «В каком отно-

наперед узнают, какие опыты должно делать»<sup>8</sup>. В виде приложения к «Руководству» Шерер в 1808 г. издал «Опыт методического определения химических наименований для Российского языка»<sup>9</sup>.

А. И. Шерер при подготовке своего учебника старался, как он писал, «употреблять в пользу самые лучшие сочинения», как то: сочинения Лавуазье, Фуркруа, Грена, Томсона, Аюи и др. Шерер дал первое краткое изложение идей К. Л. Бертолле на русском языке. Он отмечал, что сродство зависит от количества вещества. Вслед за Бертолле он указывает на зависимость результата реакции от внешних условий, излагает введенное Бертолле представление о химической массе, противопоставляя его понятию механической массы. Вместе с тем Шерер еще не может отказаться от описания таблиц сродства, хотя они ими уже не пользуются. Автор учебника считал, что «сочинение учебной книги, особливо в такой науке, в которой почти ежедневные новые опыты производят существенные перемены в принятых правилах»<sup>10</sup>, — дело трудное и не всегда благодарное. В действительности так и произошло. Шерер издал свой учебник в 1808 г., а через два года в Англии вышла в свет книга Д. Дальтона «Новая система химической философии» (т. II), в которой были изложены основные положения химической атомистики. В химии начался новый этап ее развития, что, естественно, потребовало изменения содержания учебных пособий по химии.

В 1813—1817 гг. в Харькове издается пятитомное энциклопедическое руководство «Всеобщая химия для учащихся и учащихся»<sup>11</sup> профессора химии Харьковского университета Ф. И. Гизе (1784—1841). Для России того времени это было уникальное произведение,

в которой друг к другу находятся теория и практика химии». В ней он говорил: «Практика должна доказывать правильность теории, теория же — причастствовать слепому топтанию крутом да около в вопросах практики» (цит. по ст.: Рязо Н. Я. Из истории химического отделения Тартуского государственного университета. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 106—134).

<sup>8</sup> Шерер А. Руководство к преподаванию химии, с. XV—XVI.

<sup>9</sup> [Шерер А.] Опыт методического определения химических наименований для Российского языка. Читан в собрании Академии наук декабря 9 дня 1807 года Александром Шерером. СПб., 1808. 21 с.

<sup>10</sup> Шерер А. Руководство к преподаванию химии, с. XI.

<sup>11</sup> Первый том (1813) содержит: «Введение. Общие понятия о телах, рассматриваемых физически и химически. О действиях механических и химических. О газах и парах вообще и в особенности об атмосферном воздухе. О простых... неметаллических горючих веществах»; второй том (1814) посвящен металлам; третий том (1814) — металлоидам, их окисям, кислотам; четвертый (1815) — «О солях»; пятый том (1817) — «Химия веществ орудных».

Следует обратить внимание на тот факт, что Ф. И. Гизе в 1811 г. в Харьковском университете читал «химию органических тел по собственной системе». В 1811 г. он издал книгу «Химия растительных и животных веществ» (*Giese J. E. F. Chemie der Pflanzen- und Thierkörper...* Leipzig, 1811), в которой впервые сделана попытка характеризовать и классифицировать органические вещества по их химическим реакциям.

которое впервые знакомило русского читателя с новейшими теориями и открытиями в химии<sup>11</sup>.

Ф. И. Гизе рассматривает представления К. Бертолле о химическом сродстве<sup>12</sup>. Мерой сродства является «произведение силы сродства какого-либо тела на его количество», что называется «химической массой (лучше — химическим моментом)»<sup>13</sup>. Автор приводит законы Пруста, Рихтера, несколько «правил» Берцелиуса для экспериментальной проверки закона кратных отношений. Гизе выступает против мнения Бертолле, что вещества могут соединяться в любых пропорциях. Он пишет по этому поводу: «При различных соединениях, в каковые два тела вступать способны, некоторое постоянное между ними содержание всегда имеет место. Самые законы сего явления совершенно объяснены уже Дальтоном, Гей-Люссаком, Берцелиусом и другими»<sup>13а</sup>.

В письме к Я. Берцелиусу от 29 ноября 1813 г. Ф. И. Гизе писал: «Учение об определенных пропорциях в моем труде представлено полностью и применяется настолько, насколько было возможно»<sup>14</sup>.

Большое внимание в руководстве Ф. И. Гизе уделено электрохимическим представлениям Г. Дэви и Я. Берцелиуса. «Расположивши все предметы в новом порядке, сообразном с настоящим состоянием науки, — писал Гизе, — я думаю, что сообщил сочинению моему многие преимущества пред всеми доселе в иностранных землях изданными, и, таким образом, сделал его действительно оригинальным»<sup>15</sup>.

Ф. И. Гизе надеялся, что его руководство «послужит средством к изучению химии» и будет содействовать распространению в России «всей важной и полезной науки, приобретая ей гораздо большее число ревностных любителей».

В своей лекции «О пачале и прогрессе химии» (1811) Ф. И. Гизе говорил, что «цель начал, на которых искони основывается химия, почерпается из неоднократного и тщательного сопоставления многих явлений, а потому, следовательно, для приобретения такого познания необходимо, чтобы уразумению и размышлению предшествовало огромное множество наблюдений и экспериментов»<sup>16</sup>.

<sup>11</sup> Кузьменко С. Н. О руководстве «Всеобщая химия для учащихся и учащихся» Ф. И. Гизе — В. С. Комлишинского. — В кн.: Материалы по истории отечественной химии. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 303—315.

<sup>12</sup> В 1804 г. Ф. И. Гизе опубликовал (в Берлине) книгу «О химических процессах», основное содержание которой посвящено изложению и обсуждению теории Бертолле.

<sup>13</sup> Гизе Ф. И. Всеобщая химия для учащихся и учащихся/С немецкой рукописи переведена В. Комлишинским. Харьков, 1813, ч. 1, с. 103.

<sup>13а</sup> Там же, с. 125—126.

<sup>14</sup> Куриной В. И. Неопубликованные письма Ф. И. Гизе к И. Я. Берцелиусу. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1960, т. 30, с. 340.

<sup>15</sup> Гизе Ф. И. Всеобщая химия для учащихся и учащихся, с. V.

<sup>16</sup> Цит. по ст.: Зубов В. И. Неопубликованный очерк истории химии Ф. И. Гизе. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 361.

Руководство Ф. И. Гизе, несомненно, оказало положительное влияние на развитие химии в России<sup>17</sup>. Оно познакомило читателей почти со всей суммой химических знаний, накопленных к тому времени.

В какой-то степени Ф. И. Гизе сделал для России то, что сделал Г. Фуркруа для Франции, издав в 1800—1802 гг. десяти томную систему химических знаний. Однако в качестве учебного руководства пять объемистых томов было слишком много для начинающих изучать химию.

В свое время А. И. Шерер справедливо заметил, что «учебная книга должна содержать только самую сущность науки и искусства в самой ограниченной краткости». Поэтому в 1820 и в последующих годах профессора русских высших учебных заведений издают ряд новых руководств по химии. Так, в 1822 г. А. А. Иовский<sup>18</sup> опубликовал «Начальные основания химии, изданные сообразно новейшим открытиям» (в двух частях). Эта книга представляла собой переработанный перевод «Химии» Жакото, с тем, однако, отличием, что в качестве руководящей теории Иовский принял электрохимическую систему Томсона. Однако как изложением, так и содержанием данного руководства сам Иовский, по-видимому, был недоволен.

В течение последующих пяти лет он собирает новейшие данные по химии и в 1827 г. переиздает свою книгу. Второе издание «Начальных основ химии» написано уже на основе атомного учения Иовский привел в ней новейшие открытия в химии. Описаны, например, сжижение газов, произведенное Фарадеем и другими учеными в 1823 и последующих годах, получение и свойства только что открытого брома и т. д. Приведена химическая номенклатура,

<sup>17</sup> Отечественная война 1812 г. и ее последствия отрицательно сказались как на популяризации этого руководства, так и на работах самого автора. В письме к Я. Берцелиусу от 28 июля 1813 г. Ф. И. Гизе писал: «К сожалению, последствия войны я не смог получить журналы из Германии и поэтому не знаю, что Вы еще сделали» (цит. по Куринной В. И. Указ. соч., т. 338).

<sup>18</sup> Александр Алексеевич Иовский (1796—1875), окончил медицинский факультет Московского университета (1822). В 1823 г., после получения степени доктора медицины, как талантливый молодой ученый был отправлен на три года за границу для усовершенствования по химии и фармации. Там он слушал лекции и работал в лабораториях крупнейших европейских ученых (Г. Дэви, М. Фарадея, Я. Берцелиуса и др.). По возвращении в Россию Иовский вначале преподавал в Московском университете аналитическую химию в приложении к медицине, затем читал лекции по общей химии, фармации, фармакологии, рецептуре и токсикологии. За время пребывания в Московском университете Иовский написал более десяти книг по различным отраслям естествознания, много статей опубликовал в издававшимся им «Вестнике естественных наук и медицины» (1828—1832).

См.: Ушакова Н. И., Соловьев Ю. И. Передовой профессор Московского университета А. А. Иовский.— Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1954, т. 2, с. 3—48.

разработанная самим автором, подробно описаны условия образования сложных соединений, их классификация, процессы соединения тел друг с другом и т. п.

Особенно большое значение среди работ А. А. Иовского по химии имеет его книга «Химические уравнения с описанием различных способов определять количественное содержание химических веществ...», изданная в 1827 г. В ней приводились химические формулы известных к тому времени веществ с их латинскими названиями. В этой книге Иовский подробно изложил учение Дальтона и Берцелиуса, показал значение атомного учения, преимущество формул Берцелиуса перед знаками Дальтона.

На огромное значение атомного учения как основы развития химической науки А. А. Иовский указывал в различных своих работах. С введением атомистики «математическая точность явилась при химических исследованиях. Явились анализы по мере и весу, и сейчас сия мера сделалась столь ясной, что недоставало только количества опытов, чтобы все произведения природы переселить в сей атомистический мир...»<sup>19</sup>.

В 1827 г. профессор Дерптского университета Г. В. Озанн издал книгу по теоретической химии<sup>20</sup>, интересную тем, что в ней применены уравнения для выражения химических реакций и для решения стехиометрических задач<sup>21</sup>.

В 1830 г. профессор Н. П. Щеглов опубликовал учебник «Начальные основания химии», который вызвал серьезные критические замечания. В рецензии на эту книгу Г. И. Гесс писал, что в ней «атомистическая теория оттиснута в конце, на немногих листочках, тогда как надлежало следовать ей в продолжение всей книги <...> С удивительным нерадением написана теория химических пропорций <...> Сочинитель обязан уважать своих читателей, а не думать, что они должны довольствоваться всякою всячиною. Это уважение к публике есть священная обязанность, которую должен чувствовать всякий, посягающий на имя ученого...»<sup>22</sup>. Неудачными оказались и «Начальные основания всеобщей химии», составленные по системе Тенара И. И. Варвилем (ч. 1—3, СПб., 1832); указанное руководство также вызвало немало критических замечаний.

Таким образом, к 30-м годам XIX в. в России, по сути дела, отсутствовал учебник химии, который достаточно полно отражал бы последние достижения науки и излагал факты и теории химии в компактной и доступной форме. Такой учебник появился в 1831 г. Речь идет об учебнике Г. И. Гесса «Основание чистой химии».

<sup>19</sup> Иовский А. О химических пропорциях.— Уч. зап. Моск. ун-та, 1835, ч. 10, № 4, с. 60—61.

<sup>20</sup> Osann G. W. Handbuch der theoretischen Chemie. Bd. 1. Dorpat, 1827.

<sup>21</sup> См.: Быков Г. В., Куриной В. И. К истории первых химических уравнений.— Вopr. истории естествознания и техники, 1957, вып. 5, с. 172—174.

<sup>22</sup> Гесс Г. И. [Рец.] — Московский телеграф, 1831, ч. 37, с. 225—227.



*Герман Иванович Гесс*

Герман Иванович Гесс<sup>23</sup> родился 26 августа 1802 г. в Женеве. Его отец, уроженец Швейцарии, был художником. Вскоре после рождения сына он переехал в Россию. В 1817 г. он направил своего сына в Дерпт, в гимназию. После окончания гимназии Гесс в 1822 г. поступил на медицинский факультет Дерптского университета. В 1823—1828 гг. преподавателем химии Дерптского университета был Г. В. Озанн — разносторонний исследователь, изучавший вопросы электролиза, фосфоресценции, оптические свойства, химию щелочей. Под руководством Озанна Гесс занимался в лаборатории аналитическим анализом. Несмотря на то что Гесс был студентом-медиком, он больше интересовался не чистой медициной, а вспомогательными науками. С большим интересом посещал он лекции профессора физики П. Паррота (1767—1852). Особенно успешно — об этом явно сказывается влияние Озанна — он изучал аналити-

<sup>23</sup> О жизни и деятельности Г. И. Гесса см.: Соловьев Ю. И. Герман Иванович Гесс. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 104 с. (Серия НБЛ).

ческую химию. Уже хорошо подготовленным химиком-аналитиком Гесс на последнем курсе Университета начал работать самостоятельно. С большим увлечением прослушал он курс лекций профессора минералогии и геологии М. Энгельгардта (1779—1842) по геогнозии. Своим прилежанием талантливый студент обратил на себя внимание профессоров Университета. Осенью 1825 г. Гесс с отличием окончил Дерптский университет. В отчете декана факультета говорилось, что при сдаче экзаменов на степень доктора Гесс «проявил особые и отличные знания... настолько отличные, что редко кто проявлял подобные при получении докторской степени».

3 октября 1825 г. Г. И. Гесс защитил диссертацию на тему «Нечто о целебных водах, преимущественно встречающихся в России» и получил степень доктора медицины. Как особо одаренному и талантливому молодому ученому медицинский факультет Дерптского университета решил выхлопотать ему заграничную шестимесячную научную командировку для усовершенствования знаний в области минералогии и медицины.

В архиве Дерптского университета хранятся прошения, поданные в связи с этим Г. Озанном и М. Энгельгардтом. Вот что писал в этом документе профессор Озани: «Студент Гесс с особым прилежанием и внимательностью не только посещал мои лекции по общей химии, органической химии и фармации, но и проявлял столько повседневного усердия и таланта, участвуя в моих химических научных исследованиях и во многих анализах различных минералов, оконченных им самим, что я считаю себя обязанным просить медицинский факультет о разрешении ему поездки в Стокгольм для продолжения его образования»<sup>23a</sup>.

В течение четырех месяцев Г. И. Гесс работал в стокгольмской лаборатории Я. Берцелиуса, который дал Гессу блистательный отзыв.

9 декабря 1825 г. Я. Берцелиус писал Ф. Вёлеру: «Озани, который должен прибыть сюда из Дерпта, прислал мне на время своего ученика, д-ра Гесса, молодого человека, который много обещает. У него хорошая голова, по-видимому, он обладает хорошими систематическими знаниями, большой внимательностью и особым рвением. Я уверен, что буду очень доволен учеником»<sup>24</sup>.

О продолжавшихся научных контактах Г. И. Гесса с Я. Берцелиусом свидетельствует тот факт, что с 1826 по 1842 г. Гесс регулярно сообщал Берцелиусу о своей жизни и работах, о чем можно судить по 25 его письмам, хранящимся в личном архиве шведского химика. В конце 1828 г. Гесс был избран адъюнктом Петербургской Академии наук. Профессор Озани писал в рекомендательном отзыве 3 июня 1828 г. в Петербургскую Академию наук: «Д-р медицины Герман Гесс обнаружил такое рвение к химии и такой талант к производству исследований, и будет очень жаль,

<sup>23a</sup> ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 2, ед. хр. 9516, л. 5.

<sup>24</sup> Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler. Leipzig, 1901, Bd. 1, S. 98.

если такой человек, как Гесс, не будет иметь возможности беспрерывно посвящать себя науке». 11 августа 1830 г. Г. И. Гесс был избран экстраординарным, а 14 мая 1834 г. — ординарным академиком.

В стенах Академии наук Г. И. Гесс развернул активную научную деятельность. Он принял участие в избрании Ю. Ф. Фрицше в 1838 г. адъюнктом Петербургской Академии наук<sup>26</sup> по химии и оказал ему большую поддержку в его исследованиях по физической химии. Гесс дал положительный отзыв на докторскую диссертацию К. К. Клауса «О разложении минеральных вод вообще и сергиевских в особенности» (1838). Он высоко оценил исследования Клауса по химии платиновых металлов, о чем будет сказано ниже.

В 1835—1837 гг. по инициативе Г. И. Гесса академическая химическая лаборатория была оборудована новыми приборами. В этой лаборатории Гесс провел свои классические исследования по термодинамике, о которых мы скажем ниже.

Г. И. Гесс прожил недолгую жизнь, после продолжительной и тяжелой болезни в возрасте 48 лет в ночь с 30 ноября на 1 декабря 1850 г. Герман Иванович скончался.

Для Г. И. Гесса Россия была второй родиной. Здесь он прожил всю свою сознательную жизнь. Будучи большим патриотом России, он всю свою блестящую научную и педагогическую деятельность посвятил развитию отечественной науки и промышленности.

### «ОСНОВАНИЯ ЧИСТОЙ ХИМИИ» Г. И. ГЕССА (1831)

В Архиве Академии наук СССР нами найдена интересная документальная записка Г. И. Гесса, адресованная Конференции Петербургской Академии наук. В этой записке изложены мотивы, побудившие Гесса издать на русском языке оригинальное руководство по химии. Вот ее текст, датированный 7 октября 1831 г.:

«В России чувствуется сейчас, более чем когда-либо, необходимость изучать химию, и на это нужно тем более обратить внимание, что до сих пор не имелось ни одного, хотя бы самого посредственного, труда на русском языке, посвященного отрасли точных наук...»<sup>27</sup>

В начале книги я предположил, что читатель не имеет ни малейшего представления о химии, что книга, следовательно, вводит его

<sup>26</sup> См.: *Елагина К. Ц.* Юлий Федорович Фрицше (1808—1871). — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1958, т. 18, с. 236—260.

<sup>27</sup> Подробнее см. раздел «Николай Николаевич Зипин...» в главе 7 настоящей книги.

<sup>28</sup> Здесь Г. И. Гесс явно недооценивает труды своих предшественников. Между тем, руководства В. М. Севергина, А. И. Шерера, Ф. И. Гизе, несмотря на отдельные недостатки, были для своего времени превосходными учебниками. — Ю. С.



в совершенно новую область естествознания; общие идеи, которые я стремился ему внушить, всегда сопровождаются пояснительными опытами, и все основывается на наблюдениях и опытах. Последние при этом выбраны так, что я сразу вывожу из них основы того, что рассматривается другими учебниками химии под заголовком „Атомистическая теория“. Благодаря этому в дальнейшем изложении книги можно выпустить множество объяснений, и становится ненужным указывать на теории, вырванные из естественной связи (вещей). Вообще я старался избегать рассматривать теорию как нечто особое и самодовлеющее. Это отпугивает читателя; ему мерещатся трудности, которых на самом деле нет <...> Я поэтому старался в предлагаемой книге прежде всего свести эту науку, являющуюся опытной наукой, к ее простейшему выражению.

Далее главное мое внимание было обращено на производство опытов. Это играет столь важную роль в химии, что в наше время тот, кто освоил производство опытов, вполне может соперничать с тем, кто даже при выдающейся одаренности не может подкрепить свои успехи удачными и точными экспериментами.

Наконец, я должен указать, хотя это может быть и второстепенно, что я обратил особое внимание на русскую номенклатуру; я не могу отметить здесь, что г. академик Захаров, прочтя предисловие к моей книге, дал мне статью, написанную им по этому вопросу 21 год назад. Я очень сожалею, что не знал ее ранее, ибо хотя за это время наука сделала большие успехи, но и сейчас можно использовать многое из этой статьи; более того, я в статье Захарова<sup>28</sup> нашел много правильных русских обозначений, которыми предполагаю воспользоваться в следующих своих работах<sup>29</sup>.

Много новых и интересных данных, касающихся «Оснований чистой химии», мы встречаем в письме Г. И. Гесса к Я. Берцелиусу от 27 сентября 1832 г., в котором он сообщил о плане и структуре своего учебника: «...Посылаю Вам... два тома химии, опубликованные на русском языке. Постараюсь изложить Вам в нескольких словах план, какому я следовал, хотя применение химических формул может до известной степени дать Вам представление о том, что я здесь рассматриваю. Весь труд будет состоять из трех томов. В двух первых я говорю о 54 простых телах и их наиболее замечательных неорганических соединениях. Третий том будет подразделяться на три следующие части: 1) краткое изложение органической химии, 2) о химическом анализе, 3) химические приборы и приемы <...> Я предполагаю у своих читателей или слушателей первоначальные познания в физике и сразу вступаю в

<sup>28</sup> Г. И. Гесс имеет здесь в виду статью Я. Д. Захарова «Рассуждение о Российском химическом словозначении», опубликованную в «Умозрительных исследованиях имп. С.-Петербургской Академии наук» за 1810 г. (т. 2, с. 332—354). — Ю. С.

<sup>29</sup> Архив АН СССР, раздел V, оп. Г-15, № 8, л. 1—4.

ность химии. Я начинаю с того, что даю им представление о химическом соединении, говорю о химическом сродстве, о кратных отношениях, о знаках и формулах. Я всегда начинаю с опыта и выводку из него заключения. Может показаться, что это слишком много для первых уроков, однако я не раз убеждался на практике, мои слушатели легко схватывают эти понятия и приобретают представление, в которых всегда могут дать отчет (NB: принято, что на лекциях, читаемых не для широкой публики профессор уделяет часть своего времени на то, чтобы задавать вопросы своим слушателям)»<sup>30</sup>.

Изданием этого руководства Г. И. Гесс хотел «оказать России великую услугу». Хотя его книга названа «Основания чистой химии», тем не менее Гесс часто указывает на практическое применение того или иного минерала, соединения и т. п. Руководство, тем не менее, не перегружено техническими подробностями и расчетами, являясь недостатком многих других учебников.

Когда Г. И. Гесс начал писать свой учебник, перед ним встал вопрос, как расположить фактический материал, в какой последовательности разместить химические элементы. Автор понимал, что произвола в изложении быть не может. Нужна была какая-то систематическая классификация. Обдумывая этот важный вопрос и изучая по литературе свойства элементов и их соединений, Гесс пришел к тому, что между отдельными элементами существует аналогия, поэтому их надо рассматривать друг за другом. Рассмотрению этих вопросов он посвятил особую главу «Общие замечания», которую дополнил и развивал при каждом новом издании. Особый интерес представляет в этом отношении седьмое издание, где мысли о классификации и систематизации химических элементов нашли наиболее полное выражение, о чем будет сказано далее.

Важно подчеркнуть, что весь учебник Г. И. Гесса пронизан атомистической теорией. «Так называемая атомистическая теория, — пишет Гесс, — не нашла особого места; это язык, которым исключительно химик ныне говорить должен»<sup>31</sup>.

Г. И. Гесс широко применяет химические уравнения, что было в то время большим нововведением. (До Гесса химические уравнения изредка применяли Л. Ж. Тенар и Г. Озанн в своих сочинениях химии, опубликованных в 1827 г.) Химические реакции Гесс выражал атомистическими уравнениями, поясняя, что «показатель, в котором пишутся знаки соединяющихся вместе тел, не произвольный, но зависит от электрического отношения между соединяющимися телами, причем принимается за правило ставить вперед электроположительное тело, а после оно электро-

Цит. по кн.: Соловьев Ю. И. Указ. соч., с. 64.

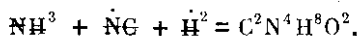
<sup>31</sup> Гесс Г. И. Основания чистой химии. СПб., 1831, ч. 1, с. IX; цит. по кн.: Избранные произведения русских естествоиспытателей первой половины XIX века. М.: Соцэкгиз, 1959, с. 395.

отрицательное. Например, не должно писать  $\ddot{S}\ddot{K}$ , но  $\ddot{K}\ddot{S}$ , также не  $O^3S$ , но  $SO^3$ ; итак, формула показывает, между прочим, и электрическое отношение соединенных между собою тел <...> Подобное правило наблюдается и в химическом именословии. Нельзя киноварь называть произвольно сернистой ртутью или ртутистой серой, но должно говорить сернистая ртуть»<sup>32</sup>.

При написании химических формул Г. И. Гесс следовал правилам Я. Берцелиуса, а именно: обозначал кислород точкой над знаком элемента, горизонтальной чертой — «удвоенные» атомы. В качестве иллюстрации атомистических уравнений Гесса приведем реакцию получения аммиака из хлористого аммония и окиси кальция. Гесс выражает ее следующим образом (перечеркнутые знаки соответствуют двум атомам):



Реакцию образования мочевины Гесс изобразил так:



После изложения общих понятий и законов химии Г. И. Гесс последовательно описывает свойства всех тогда известных (54) химических элементов. При этом Гесс не следовал «всеми принятому обыкновенно помещать прежде описания весовых начал описание невесомых» (свет, тепло, электричество.— Ю. С.).

Учебник Г. И. Гесса составлен так, что все данные о каждом элементе и все виды химических соединений каждого элемента излагаются последовательно в одном месте. Атомные веса даются исходя из атомного веса водорода, равного 1 (атомный вес кислорода  $O=16,026$ ), что являлось, несомненно, прогрессивным фактом, сближающим книгу Гесса с химической литературой последующих лет.

Первоначально, до 1840 г. (1—4-е изд.), Г. И. Гесс принимал атомные веса Я. Берцелиуса, установленные им в 1826 г. (с очень небольшими исправлениями, при  $H=1$ ), в то время как Берцелиус принимал  $O=100$ . В пятом и шестом изданиях Гесс стал пользоваться атомными весами Берцелиуса при  $O=100$ . В седьмом издании приведены «атомные» (соединительные.— Ю. С.) веса Л. Гмелина. Такой переход Гесса от атомных весов Берцелиуса к эквивалентам Гмелина очень характерен для неорганической химии 1840-х годов.

Излагая материал, касающийся определенного элемента, Г. И. Гесс описывает как его свойства, так и свойства руды, в которой встреча-

<sup>32</sup> Гесс Г. И. Основания чистой химии, ч. 2, с. 18—19.

и данный элемент. Далее рассматриваются соединения элемента с водородом, водородом, серой и т. д. Часто приводятся исторические данные (об открытии элемента, об ученых, которые изучали данный элемент).

Г. И. Гесс стремился осветить роль русских ученых в развитии химии. Он отмечал, например, работы П. Г. Соболевского, А. А. Воскресенского, Т. Е. Ловица, К. Г. Кирхгофа, Р. Германа и др.

Ознакомление с содержанием «Оснований чистой химии» показывает, что Г. И. Гессу было совершенно чуждо подражание авторам иностранных учебников. И что особенно примечательно — он, будучи учеником Я. Берцелиуса, не следует строго его электрохимической теории. Уже в первых изданиях своего учебника Гесс выступил с подробным критическим разбором этой теории, в результате которого сформулировал свое отношение к ней в следующих словах: «...коль скоро встречаются явления, явно противоречащие теории, то она уже не соответствует своему назначению и не может быть принята. Посему я не следовал электрохимической теории», но, добавляет Гесс, «не принимая электрохимической теории, не должно исключать из химии наблюдения электрического течения тел»<sup>32</sup>.

Такую же точку зрения автор отстаивал и в последнем издании своего учебника (1849). Одним из возражений, выдвигавшихся Г. И. Гессом против электрохимической теории Берцелиуса, было заявление на то, что при соединении веществ происходит взаимная нейтрализация противоположных электричеств, и поэтому необходимо, почему же эти вещества после этого должны удерживаться вместе.

Оригинальны и самостоятельны суждения Г. И. Гесса о роли синтеза в химии. На примере получения уксусной и щавелевой кислот из одних неорганических веществ Гесс в 1849 г. утверждает, что «число таких случаев будет более и более возрастать по мере развития науки, и мы более и более будем приобретать возможность получать в лабораториях и на фабриках те продукты, которые прежде приготавлились в организмах»<sup>34</sup>.

## СОЗДАНИЕ РУССКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

В 1808 г. А. И. Шерер писал: «...мы доселе на Российском языке не имеем на правилах основанной или по крайней мере всеми принятой номенклатуры»<sup>35</sup>.

<sup>32</sup> Там же, с. 609.

<sup>33</sup> Там же, с. 603.

<sup>34</sup> Шерер А. И. Руководство к преподаванию химии, с. XIII.

Так возникла актуальная проблема — разработка русской химической номенклатуры. В начале XIX в. наибольшего успеха в решении этой проблемы добился В. М. Севергин.

Как уже говорилось, в 1810—1813 гг. В. М. Севергин перевел, обработал и опубликовал четыре тома химического словаря французского химика Ш. Л. Кадэ<sup>36</sup>. При этом Севергин «не следовал слепо каждому предложению, но, где... нужно казалось, иное ограничивал, иное сокращал, иное дополнял, вообще наблюдая смысл, приуравнявал к Российскому образу выражения»<sup>36а</sup>.

Принципы изменения старых названий и введения новых химических терминов, согласных со «свойствами русского языка», В. М. Севергин сформулировал так:

«... 1) Некоторые слова, по поводу других (очевидно, имеется в виду А. И. Шерер.— Ю. С.), сократил, как то: вместо *кислоторное вещество*, *водоторное вещество* сократил на *водотор* и *кислотвор*<sup>37</sup>. *Глинистую землю*, *известную землю* на *глину*, *известь*, так как и иностранцы, не обинуясь, именуют их *Alumine*, *Chaux*, *Thon*, *Kalk* и пр., также *Oxide* называют *окись*, *Oxidule* — *окисль*; *щелочную соль* называют *щелочь*.

2) Некоторым словам или названиям сделал новый оборот. Таким образом поступил я наипаче в рассуждении так называемых средних солей, переводя *Sulfate*, *Nitrate*, *Muriate*, *Carbonate* и пр. на *сернокислые*, *селитрокислые*, *солекислые*, *углекислые соли*, а *Sulfate de Soude*, *Nitrate de Potasse*, *Muriate de Chaux*, *Carbonate de Magnessie* — *сернокислая сода*, *селитрокислый поташ*, *солекислая известь*, *углекислая магнезия*. Удобство сих названий состоит в том, что самое название показывает состав тела... Французские слова *Sulfites*, *Acetites*, *Phosphites* и пр. перевожу *сернокисловатые*, *уксусокисловатые*, *фосфорнокисловатые соли*, что ни слуху не противно и самую вещь довольно выражает, то есть что сии соли содержат такую кислоту, коей основание не довольно насыщено кислотвором. Некоторые употребляют для сего названия *недокислые* <...>

3) Некоторые слова оставил так, как они другими были приняты, как то: *серные*, *угольные*, *фосфорные смеси* и пр. *Sulfures*, *Carbures*, *Phosphures*. Сии названия означают тотчас, что в составе содержится сера, уголь, фосфор <...>

4) Некоторые слова перевел впопых, как то: *кислец*, *oxidule*;

<sup>36</sup> [Кадет Ш.-Л.] Словарь химический, содержащий в себе теорию и практику химии, с приложением ее к естественной истории и искусствам, сочинения Шарль-Луи Кадета, обработанный на русском языке трудами Василия Севергина... Ч. 1—4. СПб., 1810—1813. (Пер. кн.: *Ch.-L. Cadet. Dictionnaire de chimie*. Т. 1—4. Paris, 1803).

<sup>36а</sup> [Севергин В. М.] Предисловие.— Там же, 1810, ч. 1, с. IX.

<sup>37</sup> Название «кислород» впервые встречается в статье М. Ф. Соловьева «О российской номенклатуре химии» (Указатель открытий по физике, химии и т. д. Изд. Н. Щеглов. СПб., 1824, № 2, с. 20).— Ю. С.

ление, окислотворение, *oxidation, oxigénation*; раскислять, раскисне, *débruler, desoxidation*; отплавливание, прожигание, *ation, ressuage* и пр. Некоторые токмо предложил, как то: *силизем, тяжелозем, Silice, Barite*; *извин, Alcohol...* и пр., но им их не вводил, в ожидании одобрения оных или опровержения.

Многие слова оставлял так, как оные припаты учеными мущинами всех почти народов, как то: поташ, сода, магнезия, титан, уран, хром и пр., хотя в замену некоторых и предлагал иногда «по Российские названия»<sup>38</sup>.

В 1815 г. В. М. Севергин издал «Руководство к удобнейшему разумению химических книг иностранных...»<sup>39</sup>, в котором были собраны «все химические слова, как древние, так и новейшие, особливо известнейших и значительнейших химиков, кои о изобретении названий особое попечение имели». Среди таких ученых Севергин называет А. Л. Лавуазье, Л. Б. Гитона де Морво, К. Берцелиуса, А. Фуркруа, Т. Бергмана, М. Клапрота, Г. Дэви, Т. Томсона, А. Берцелиуса и ряд других французских, немецких и шведских химиков конца XVIII — начала XIX столетия.

«Руководство к удобнейшему разумению химических книг иностранных...» В. М. Севергина стало настольной книгой специалистов того периода. К ней обращались впоследствии ученые, занимавшиеся разработкой русской химической номенклатуры.

Важная веха в истории русской химической номенклатуры — 1836 год, когда в результате коллективного труда была разработана номенклатура, которую широко стали использовать в русской химической литературе. В предисловии ко второму изданию сокращенных «Оснований чистой химии» (1835) Г. И. Гесс писал: «Принятое в сем втором издании именословие несколько отлично от прежде мною употребляемого».

В 1836 г. Г. И. Гесс издал «Краткий обзор химического именословия», составленный им совместно с профессором Медико-хирургической академии С. Я. Нечаевым, профессором Петербургского университета и Горного института М. Ф. Соловьевым и оберберг-инженером того же института П. Г. Соболевским<sup>40</sup>.

В химической номенклатуре Г. И. Гесса из числа известных то время 54 элементов почти все названы так, как мы их ныне называем, за исключением некоторых названий: селений, хромий,

[Севергин В. М.] Предисловие.— В кн.: Словарь химический..., 1810, ч. 1, с. X—XIII.

[Севергин В.] Руководство к удобнейшему разумению химических книг иностранных, заключающее в себе химические словари: латинско-русский, французско-русский и немецко-русский, по старинному и новейшему словозначению, составленные трудами... академика и кавалера Василия Севергина. СПб., 1815. VIII+291 с.

См.: Соловьев М. Ф., Нечаев С. Я., Соболевский П. Г., Гесс Г. И. Краткий обзор химического именословия.— Горн. журн., 1836, ч. II, кн. 6, с. 457—463.

циркон, потассий<sup>41</sup>. По поводу предложенной им номенклатуры Гесс писал Я. Берцелиусу: «Следуя Вашему разделению окислительных тел на *недоокиси*, *окиси* и *перекиси* и добавляя те, которые отличаются окончаниями, получим, как по-французски, две недоокиси, две окиси, две перекиси. Например: железистая окись, железная окись. Добавьте к этому, что в русской терминологии существуют два названия для того, что представляет собой солеобразующее основание и что оба эти названия эквивалентны словам *oxidule* (закись) и *oxide* (окись). Таким образом, при помощи четырех названий и двух окончаний прилагательного можно различать степени окисления, четыре из них могут обозначать солеобразующие основания. Что касается кислот, то можно различить четыре кислоты одного и того же радикала путем одного только изменения окончания, не пользуясь прилагательными или предлогами. Таким способом русская номенклатура сможет выразить 12 степеней окисления одного и того же радикала, принимая, что четыре являются кислотами, а четыре — солеобразующими основаниями. В этой номенклатуре может получиться известный произвол, если некоторый радикал не имеет четырех солеобразующих оснований, а всего три, ибо пужно было бы знать, имеются ли две закиси или две кислоты, но в большинстве случаев вопрос может решиться по аналогии. Такова номенклатура окисленных тел. Номенклатура всех других соединений, исключая окиссоли, вполне аналогична той, которую Вы составили для соединений серы, ибо совершенно так же, как Вы выражаете состав тел, говоря *bisulfure*, *trisulfure* и т. д., я пользуюсь и в русском языке числами для выражения состава: так что произноси название, мы заключаем о составе, как если бы мы видели формулу. Даже такие соединения, как  $\text{Sb}$  или  $\text{SbCl}_3$ , легко

<sup>41</sup> Интересно отметить, что в 1870 г. в только что основанном «Журнале Русского химического общества» появилась статья Ф. Савченкова «Исторические материалы по русской химической номенклатуре» (т. 2, с. 205—212), в которой было дано подробное изложение химической номенклатуры Г. И. Гесса. Комиссия по номенклатуре неорганических соединений, специально созданная в 1912 г. при Русском физико-химическом обществе в составе Н. С. Курнакова, Л. А. Чугасва, А. И. Горбова, вынесла постановление принять за основу номенклатуру, предложенную Г. И. Гессом и впоследствии разработанную Д. И. Менделеевым. Следует сказать, что Гесс в первом издании «Оснований чистой химии» (1831) применил для элементов хлор, бром, иод, фтор термин «галогены» (*halogène*). В последующих изданиях Гесс стал употреблять вместо правильного термина «галоген» неправильное выражение «галлоидные вещества».

Термин «галогены» происходит от греческого  $\alpha\lambda\zeta$  — соль и  $\gamma\epsilon\nu\epsilon\iota\nu$  — рождать, т. е. означает «солеобразователь», «солерод» (F, Cl, Br, I, соединяясь с металлами, образуют соли), в то время как термин «галлоиды» происходит от греческого  $\alpha\lambda\zeta$  и  $\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$  — «солеобразный», «похожий на сол» [Подробнее см.: Меншуткин Б. Н. Солероды (Из истории русской химической номенклатуры). — Технич.-экон. вестн., 1925, т. 5, № 8/9, с. 650—655].

могут быть выражены таким способом. Номенклатура оксисолей аналогична немецкой номенклатуре, потому что русскому языку не свойственно образование новых существительных.

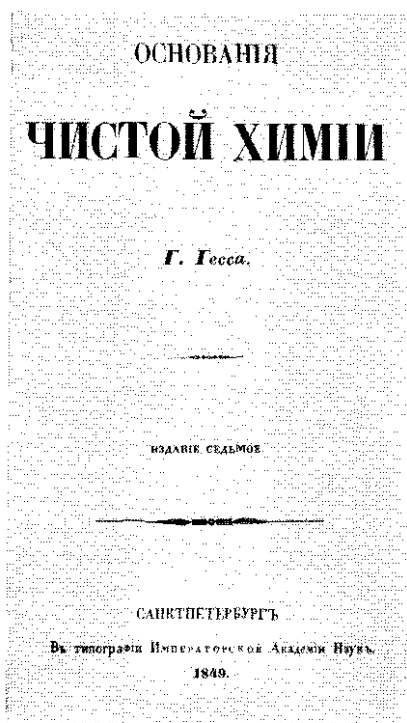
Чтобы работа не оказалась очень уж несовершенной, имея в виду многочисленные открытия, которые делаются ежедневно, и ее дополняю новыми листами.

Просматривая мой труд, будьтенисходительны, ибо тут и там Вам встретятся формулы, не слишком правильные; но большей части это опечатки, но некоторые из них происходят и от моей неопытности...»<sup>42</sup>.

«Основания чистой химии» получили высокую оценку в многочисленных рецензиях, опубликованных на различные издания этого учебника. Так, рецензент в газете «Северная пчела» писал: «Химия г. Гесса... излагает науку в самом новейшем состоянии и написана *самым ученым языком* — для ученых и училищ она подарок драгоценный»<sup>43</sup>.

В 1833 г. в «Педагогическом журнале» появилась рецензия, подписанная А. О. Автор, рассматривая содержание учебника, дает весьма положительный отзыв и заканчивает статью следующим: «Скажем коротко — Химия Г. Гесса, бесспорно, есть лучшая учебная книга для университетов и академий, и можно надеяться, что она вытеснит употребление рукописных, толстых, по большей части наполненных ошибками тетрадей, которые доселе ходят по рукам учащихся в иных общественных заведениях, а тем избавит юношество от механического переписывания и, следовательно, от бесполезной траты драгоценного времени»<sup>44</sup>.

Учебник Г. И. Гесса, конечно, был написан искусной рукой, и в этом многие скоро убедились. Уже в 1834 г. потребовалось



Титульный лист  
учебника Г. И. Гесса  
«Основания чистой химии»

[Цит. по кн.: Соловьев Ю. И. Указ. соч., с. 65.

[Рец.] — Северная пчела, 1832, 24 авг.

А. О. [Рец.] — Пед. журн., 1833, № 3, с. 306—309.



второе издание, которое вышло под заглавием «Основания чистой химии, сокращенные в пользу учебных заведений Г. Гессом».

Каждое новое издание Г. И. Гесс исправлял, пополняя теоретическими и фактическими данными. Он стремился к тому, чтобы его книга «была сколь можно полною» именно в отношении к «новейшим открытиям».

За год до смерти Г. И. Гесса вышло последнее, седьмое, издание его учебника, переработанное при участии видного русского химика-технолога П. А. Ильенкова, тогда адъюнкта Петербургского университета. Это издание значительно пополнено общими теоретическими представлениями, например в заключительной главе даны «общие замечания о конституции органических веществ».

Учебник Г. И. Гесса вплоть до выхода в свет «Основ химии» Д. И. Менделеева был принят в учебных заведениях России в качестве основного руководства по химии. По учебнику Гесса, писал Д. И. Менделеев, «начало учиться все современное поколение русских химиков».

## *Глава 5*

### ПЕРВАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ХИМИКОВ-НЕОРГАНИКОВ

Одним из первых ученых, кто стал настойчиво говорить о необходимости изменения программы и методов химического образования в России был Герман Иванович Гесс. Современники Гесса характеризовали его как «химика более лаборатории, нежели кабинета». Не без горечи в 1831 г. Гесс писал, что в России «не только повсюду встречается величайший недостаток в химических познаниях, но часто даже и явный предрассудок против сей науки»<sup>1</sup>. Он призывал изучать химию на опыте, т. е. заниматься химическими исследованиями в лабораториях, а не довольствоваться одним только чтением лекций.

«Химия есть наука, основанная на опытах», — так звучал голос Г. И. Гесса.

«Если без предубеждения смотреть на малое распространение химических познаний между классом образованным, на слабые по сей части успехи нашего юношества, жаждущего приобретать познания, то сие должно отнести исключительно к совершенному недостатку в способах изучения сей науки»<sup>2</sup>.

В своих лекциях Г. И. Гесс часто отмечал, что «необходимо со-

---

<sup>1</sup> Гесс Г. И. Основания чистой химии. СПб., 1831, ч. 1, с. I.

<sup>2</sup> Там же.

однишь науку с практикою, а для сего одного чтения недостаточно! Как бы ни был начитан ученый, если он не объемлет вполне науки и практики, то при всей своей самонадеянности будет только подрыватель»<sup>3</sup>.

Фундаментальные термохимические исследования Г. И. Гесса, выполненные им в Петербургской Академии наук в 1830—1840-х годах<sup>4</sup>, могли бы стать основой большой исследовательской программы его научной школы<sup>5</sup>. Но этого не случилось<sup>6</sup>, и причина, по видимому, заключалась в том, что сам Гесс отчетливо сознавал, что для России в тот период требовались специалисты не по термохимии, а по горному делу, металлургии и аналитической химии, без которых немислимо было изучить естественные богатства нашей страны. Что же касается термохимических исследований, то они опережали свое время не только в России, но и в мировой науке. П. И. Вальден был прав, когда писал: «... в то время, когда исследования Гесса были опубликованы, химики и физики не были в состоянии оценить всё значение этих трудов»<sup>7</sup>.

В научной и педагогической деятельности Г. И. Гесса было много общего с деятельностью Ю. Либиха. Как Либих, так и Гесс представляли собой *новый тип* ученого, гармонично сочетавшего исследовательскую работу с педагогической. И Либих, и Гесс ясно понимали значение химических исследований для развития химической промышленности. Но разными были экономические и политические условия в Германии и России того периода. Разная была и исследовательская программа двух ученых. Если для Либиха основное направление — это органическая химия, тогда бурно развивающаяся область науки, то Гесс основным направлением выбрал физико-химическое, менее связанное с практикой и запросами тех лет. Не случайно поэтому именно маленький Гисен в 1830—1840-е годы становится центром химической мысли. И не случайно также, что Ю. Либих создает первую интернациональную школу химиков, а Г. И. Гесс — первую национальную русскую школу химиков, сыгравшую исключительную роль в развитии отечественной химии. Его школа была воспитана в нескольких научных учреждениях: в Петербургском горном институте, Технологическом институте, в Михайловском артиллерийском училище, в Главном педагогическом институте.

<sup>3</sup> Там же, с. 393—394.

<sup>4</sup> См. главу 7 настоящей книги.

<sup>5</sup> См.: Шептунова З. И. Химическая школа академика Г. И. Гесса (П. И. Еврипидов, П. И. Шубин, Н. А. Иванов, К. И. Раевский). — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1958, т. 18, с. 73—103.

<sup>6</sup> Из всех учеников Г. И. Гесса, по-видимому, только А. И. Ходнев выполнил термохимические исследования (определение теплоты растворения некоторых водных и безводных солей, 1843 г.).

<sup>7</sup> Вальден П. И. Очерк истории химии в России. — В кн.: Ладенбург А. Лекции по истории развития химии от Лавуазье до нашего времени. Одесса: Матезис, 1917, с. 458.

## ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

В октябре 1832 г. Г. И. Гесс стал профессором Горного института<sup>8</sup>, где он организовал систематические лабораторные занятия по аналитической химии, «излагая воспитанникам правила сей науки на самих опытах». Химическая лаборатория института в результате плодотворной деятельности Гесса стала важнейшим научным и педагогическим центром в России. Под руководством Гесса в Горном институте выросла научная школа русских химиков, выполнивших ряд ценных работ, посвященных изучению минералов и некоторых продуктов русской горнозаводской промышленности. Прикладной характер именно этих работ принес большую пользу в деле изучения естественных богатств нашей страны, в развитии металлургической и горной промышленности России, особенно Урала.

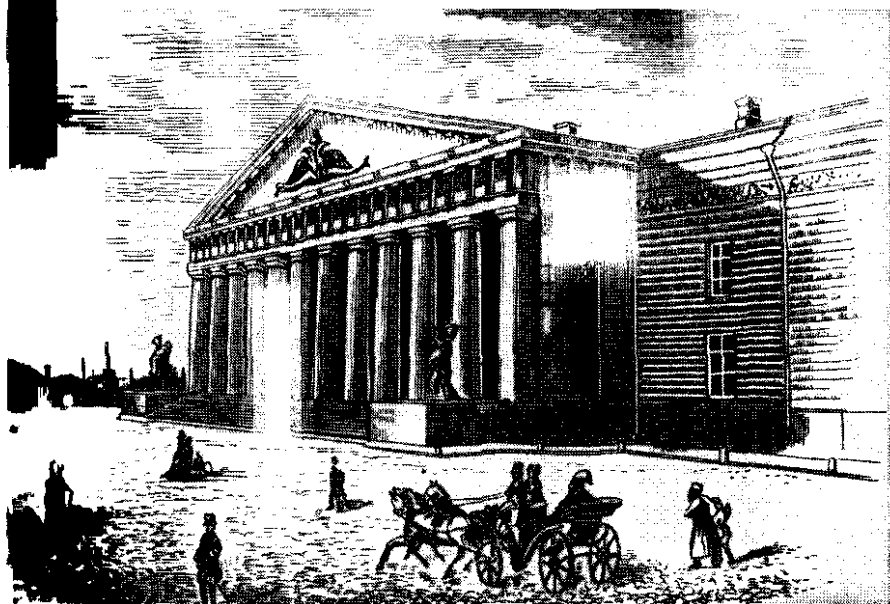
Совет авторитетного ученого — химик-преподаватель должен учить ставить эксперименты, а не ограничиваться только чтением одних лекций<sup>9</sup>, — был особенно важен в то время, когда методы преподавания в высших учебных заведениях лишь вырабатывались. По инициативе Г. И. Гесса организуются систематические лабораторные занятия студентов по аналитической химии. Программа этих занятий заключалась в следующем: 1) изучение качественного, 2) количественного анализа и 3) самостоятельные экспериментальные работы студентов по различным вопросам химии<sup>10</sup>.

<sup>8</sup> В то время Институт корпуса горных инженеров.

<sup>9</sup> Н. И. Пирогов так писал о преподавании естественных наук в Московском университете в 1820-х годах: «Вот на кафедре стоит Петр Иллар. Страхов, профессор] химии медицин[ского] факультета. — человек, очевидно, начитанный и из книг много знающий. Он читает нам, как делают термометры, чертит мелом на доске, распространяется; а у него в аудитории сидит много таких, которые еще и в жизни не имели термометра в руках, а видали его только издали. Идет ли дело об кислороде (кислороде. — Ю. С.), Петр Иллар, опять распространяется целые две лекции, опять чертит мелом, приносит на лекцию французские книги с рисунками, по самого кислорода мы не видим.

И так-то целый курс по одному химическому препарату в натуре; вся демонстрация состоит в черчении на доске (...). Но не на одном медицинском факультете химия читалась по книгам, без опытов» (Пирогов Н. И. Дневник старого врача. — В кн.: Сочинения Н. И. Пирогова: Издание в память столетия со дня рождения Николая Ивановича Пирогова. Киев, 1910, т. 2, с. 380).

<sup>10</sup> В вводной лекции по химии, прочитанной в 1896 г. в Горном институте, Н. С. Курнаков говорил: «Со времен Гесса первые два пункта этой программы применялись у нас в Горном институте, и только недостаток времени и средств не позволили до сих пор применить пункт третий в той мере, как это было бы желательно» (Архив АН СССР, ф. 701, оп. 1, № 39). Осуществить в полной мере этот пункт Курнакову удалось только после основания в 1902 г. Петербургского политехнического института, где он организовал и превосходно оборудовал лабораторию общей химии. В ней под его руководством велись студенческие дипломные работы по исследованию металлургических сплавов, безводных и водных соляных систем и др. (Описание лаборатории см. в кн.: С.-Петербургский политехнический институт. Металлургическое отделение. СПб., 1914, с. 118—146.)



*Петербургский горный институт*

В положении о Горном институте, опубликованном 25 июля 1834 г., было сказано: «Учение в Институте объемлет следующие предметы: <...> Химию: Неорганическую во всей полноте; Органическую кратко и с применением к Технологии; Аналитическую на самой практике»<sup>11</sup>.

Г. И. Гесс стремился привить студентам любовь к самостоятельным химическим исследованиям. «Цель моя состояла в том, чтобы, открывая пред глазами учащихся тесную связь между теориею и применением, возбудить в них уважение и любовь к науке»<sup>12</sup>. Оценивая роль практических занятий, Гесс писал: «Я искренне желаю, чтобы те из читателей, которых я познакомил с наукою, поверили мне, что ее нельзя подвинуть без опытности, и чтобы они поэтому не предавались теоретическим мечтаниям прежде, нежели приобретут достаточно навыка в практике, для того чтобы проверять свои предположения необходимыми для того опытами»<sup>13</sup>.

«Я заставляю учащихся пройти назначенный им предмет по книжке. В следующее собрание обращаюсь к ним с вопросом о пройденных ими статьях и объясняю их приличными опытами. Таким образом, учащиеся бывают в необходимости давать ответ обо всем

<sup>11</sup> Горн. журн., 1834, ч. IV, кн. XI, с. 170—171.

<sup>12</sup> Гесс Г. И. Основания чистой химии. 3-е изд. СПб., 1837.

<sup>13</sup> Гесс Г. И. Основания чистой химии. 5-е изд. СПб., 1840, с. 405.

предмете и приобретают через то основательные познания»<sup>13а</sup>, — так говорил Г. И. Гесс о своем методе преподавания химии.

Ассистентом и помощником Г. И. Гесса по химической лаборатории Горного института был Петр Иванович Евреинов (1812—1849) который с 1834 г. читал курс теоретической химии, а Гесс вел практические занятия.

В 1837 г. П. И. Евреинов подготовил полезное руководство для изучения хода анализа веществ. Это — перевод на русский язык первого тома учебника аналитической химии Генриха Розе (немецкое издание 1829 г.). С 1841 г. П. И. Евреинов — управляющий лабораторией Департамента горных и соляных дел. Систематические отчеты о работе лаборатории он публиковал в Горном журнале за 1843, 1845, 1847 и 1848 гг. (см., например,<sup>14</sup>).

В 1835 г. Горный институт окончил Петр Павлович Шубин (1817—1843). Он выполнил ряд исследований в области аналитической и неорганической химии; в 1842 г. определил атомный вес лантана<sup>15</sup> — (108 при  $O=16$ ), анализировал различные руды, глины, минералы (чевкинит и др.). Г. И. Гесс писал, что ему «приятно было видеть хорошее соображение и начитанность Шубина, но желательно, чтоб он занялся более производением собственных опытов»<sup>16</sup>. Гесс предостерегал Шубина от поспешных выводов и предположений, основанных на неточных анализах. «Люди опытные, — писал Гесс, — не позволяют себе предлагать улучшений иначе, как стараясь подтверждать достоинства опытами и численными выводами»<sup>17</sup>.

Одним из талантливых учеников Г. И. Гесса по Горному институту был Иван Васильевич Авдеев (1818—1865)<sup>18</sup>, окончивший Горный институт в 1836 г. О его деятельности в Екатеринбургской заводской химической лаборатории мы расскажем ниже, а здесь остановимся на характеристике одной из самых выдающихся работ Авдеева «О глицине и его соединениях» (1842), посвященной химии бериллия. До Авдеева в области химии бериллия общепризнанным был атомный вес этого металла, установленный Я. Берцелиусом (53,04 при  $H=1$ ). Это значение было найдено шведским химиком на основе неверно определенного им процентного состава окиси бериллия и из неверного ее атомного состава. Берцелиус считал,

<sup>13а</sup> Там же, с. II.

<sup>14</sup> Описание лаборатории Департамента горных и соляных дел. — Горн. журн., 1843, ч. IV, кн. XI, с. 162—170; Краткий отчет о занятиях лабораторией Департамента горных и соляных дел за 1842 год. — Там же, с. 170—201.

<sup>15</sup> См.: Шубин П. И. О весе атома лантана. — Горн. журн., 1842, ч. I, кн. I, с. 148—152.

В «Основаниях чистой химии» (1845) Г. И. Гесс приводит атомный вес лантана по П. П. Шубину (452).

<sup>16</sup> ЦГИАЛ, ф. 44, д. 628, оп. 2, разр. 1, л. 17, 18.

<sup>17</sup> Там же, л. 29.

<sup>18</sup> См.: Погодин С. А., Либман Э. П. Материалы к биографии И. В. Авдеева. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1955, т. 6, с. 110—124.

окись бериллия состоит из двух атомов бериллия и трех атомов кислорода, так как многие ее свойства, по его мнению, близки к свойствам окиси алюминия. Авдееву удалось исправить процентный состав окиси бериллия, он принял другой ее атомный состав и на его основе вычислил правильный атомный вес бериллия. Эта работа Авдеева получила широкую известность и была издана не только в России<sup>19</sup>, но и за рубежом<sup>20</sup>.

В. Авдеев, изучая соединения бериллия, пришел к выводу, что окись бериллия должна иметь формулу  $\text{BeO}$ , а не  $\text{Be}_2\text{O}_3$  (Берцелиус). Авдеев показал, что по химическим свойствам окись бериллия очень мало похожа на окись алюминия. Состав же двойной окислой соли калия и бериллия свидетельствовал о том, что окись бериллия должна иметь формулу  $\text{BeO}$ . Этот вывод ученый подтвердил также на примере минерала хризоберилла ( $\text{BeAl}_2\text{O}_4$ ). На основе определения процентного содержания бериллия в хлориде и серноокислом бериллии И. В. Авдеев получил точный процентный состав окиси бериллия, который привел его к значению атомного веса бериллия (9,29), близкому к современному (9,02)<sup>21</sup>.

В 1840 г., не завершив курса в Институте корпуса горных инженеров, в лабораторию Департамента горных и соляных дел перешел Иван Петрович Илимов (1820—1891). Под руководством Г. П. Гесса он выполнил интересные аналитические исследования образцов некоторых минералов<sup>22</sup>, шлаков, булатной стали. А в дальнейшем И. П. Илимов стал крупным специалистом в области технологии переработки жиров (см. ниже).

Горный инженер, а затем профессор Назарий Андреевич Иванов (1816—1883) окончил Институт корпуса горных инженеров в 1837 г. и был оставлен при нем «для практических занятий по части химии». Он был талантливым аналитиком, ему принадлежат точные анализы многих минералов, руд и различных изделий металлургических заводов. Эти работы сыграли немалую роль в деле изучения природных богатств нашей страны. Например, Н. А. Иванов принадлежат первые анализы донецких каменных углей. Им опубликовано более 40 научных работ и написан первый на русском

<sup>19</sup> См.: *Авдеев И. В.* О глиции и его соединениях.— *Горн. журн.*, 1842, ч. III, кн. IX, с. 361—391; см. также: *Тр. Ин-та истории естествознания и техники*, 1955, т. 6, с. 86—109.

<sup>20</sup> См.: *Avdeev I. U.* а) Ueber das Beryllium und seine Verbindungen.— *Pogg. Ann.*, 1842, Bd. 56, S. 101—124; б) *Pharm. Centralblatt*, 1842, Bd. 13, S. 627—632. [Реф. работы (а).]; в) Ueber einige Verbindungen des Berylliums.— *Ann. Chem. Pharm.*, 1842, Bd. 44, S. 269—270. [Реф. работы (а).]

<sup>21</sup> Более подробно см. ст.: *Погодин С. А.* Об исследованиях И. В. Авдеева в области химии бериллия.— *Тр. Ин-та истории естествознания и техники*, 1955, т. 6, с. 125—151.

<sup>22</sup> См.: *Илимов И.* Разложение пимолита из Екатеринославской губернии.— *Горн. журн.*, 1841, ч. I, кн. V, с. 350—353; *Илимов И.* Разложение волконскоита.— Там же, 1842, ч. I, кн. III, с. 479—480; *Илимов И.* Разложение белой горной породы из Ахалцыхского округа.— Там же, 1843, ч. I, кн. III, с. 360—361.

языке учебник по аналитической химии «Начальные основания аналитической химии» (СПб., 1854), который был удостоен Демидовской премии<sup>23</sup>.

Г. И. Гесс высоко ценил своего ученика, сотрудника, а затем и преемника по Горному институту. По поводу одной из работ (анализ минерала везувияна) Н. А. Иванова Гесс писал: «До настоящего времени самые выдающиеся минералоги не могли прийти к соглашению относительно состава везувияна. Несомненно одно, что многие из них допускают предположение о тождестве его химической формулы с формулой граната. Таким образом, гранат и везувиян оказались бы лишь различными формами одного и того же вещества. Однако это совершенно не так. У меня имеется прекрасный кристалл этого вещества, привезенный из Златоуста, и я передал его анализировать г. Иванову, одному из моих наиболее выдающихся учеников, служащему в Горном ведомстве.

«...» Анализ г. Иванова не может подлежать никакому сомнению...»<sup>24</sup>.

Н. А. Иванов заведовал кафедрой аналитической химии Горного института до 1867 г. Все эти годы он читал курс аналитической химии и вел практические занятия со студентами по качественному и количественному анализу.

Здесь необходимо сказать об учениках Н. А. Иванова: Кононе Ивановиче Лисенко (1837—1903)<sup>25</sup>, который с 1867 г. занял кафедру аналитической химии Горного института, и Константине Дмитриевиче Сушине (1845—1905), возглавившем кафедру неорганической химии.

К. И. Лисенко принадлежат ценные труды в области исследования нефти и нефтяного производства. В 1878 г. он опубликовал книгу «Производство нефти», которая долгое время была единственным руководством по технологии обработки нефти на русском языке.

К. Д. Сушин выполнил первую диссертацию по химии, защищенную в Горном институте (1868). Его диссертация «О взаимодействии солей» посвящена изучению химического взаимодействия и равновесия в однородной среде на основе исследования ее физико-химических свойств (спектра поглощения).

Учеником К. И. Лисенко и К. Д. Сушина был Николай Семенович Курпачков, основоположник физико-химического анализа.

<sup>23</sup> Фрицше [Ю.] Разбор сочинения подполковника Иванова под заглавием: Начальные основания аналитической химии.— В кн.: Двадцать четвертое присуждение учрежденных П. Н. Демидовым наград 28 мая 1855 г. СПб., 1855, с. 89—92. (Демидовская премия Академии наук, учрежденная в 1831 г. П. Н. Демидовым, присуждалась в 1832—1865 гг. за лучшие работы; полная премия составляла 5000 руб.)

<sup>24</sup> Цит. по кн.: Соловьев Ю. И. Герман Иванович Гесс. М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 80.

<sup>25</sup> См.: Чествование памяти Конона Ивановича Лисенко.— Зап. имп. Рус. техн. о-ва, 1907, № 2, с. 1—24 (отд. паг.).

По воспоминаниям профессора В. Ф. Алексеева, «в Горном институте одно из первых мест занимает добросовестность и внимательность, с какими студенты V-го курса относятся к своим работам в химической лаборатории. С которых пор установилось такое отношение к делу, я не знаю; но, во всяком случае, очень давно — при профессорах Н. А. Иванове, которому мы обязаны первым хорошим руководством аналитической химии на русском языке, или Г. Гессе, о котором я слышал много рассказов от старых, теперь уже давно покойных инженеров»<sup>26</sup>.

### ПЕТЕРБУРГСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

31 июня 1831 г. Министерство финансов назначило Г. И. Гесса инспектором классов при Петербургском практическом технологическом институте, основанном в 1828 г. с целью «... приготовить людей, имеющих достаточные теоретические и практические познания для управления фабриками или отдельными частями опых»<sup>27</sup>.

По учебному плану, составленному Г. И. Гессом, студенты Института должны были изучать прикладную химию, прикладную механику, а также общий курс технологии. Под руководством Гесса была построена химическая лаборатория Института. Для чтения лекций по химии Гесс приглашает в Институт горного инженера П. И. Еврептова, который с 1836 г. начинает читать также публичные лекции по химии. В 1848 г. Еврептов получает Привилегию в России и за рубежом на платинирование меди и железа, что имело практическое значение для создания коррозионно-стойких аппаратов, применяемых в производстве серной и азотной кислот.

Из стен Технологического института вышло много специалистов, труды которых содействовали развитию отечественной химии и химической промышленности.

### МИХАЙЛОВСКОЕ АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ УЧИЛИЩЕ В ПЕТЕРБУРГЕ

В 1837 г. в Михайловском артиллерийском училище открывается химическая лаборатория, руководителем которой с 1838 г. становится Г. И. Гесс<sup>28</sup>. Учеником и помощником (лаборантом химии)

<sup>26</sup> Алексеев В. Из химической лаборатории Горного института. — Горн. журн., 1897, т. II, № 4, с. 92; см. также: Степанов Н. И. Очерк истории и современного состояния химии в Горном институте. — Изв. Сектора физ.-хим. анализа, 1927, т. 3, вып. 2, с. 517—518.

<sup>27</sup> Цит. по кн.: 150 лет Ленинградского технологического института им. Ленсовета. Л.: Химия, 1978, с. 13.

<sup>28</sup> См.: Платов А., Кирпичев Л. Исторический очерк образования и развития Артиллерийского училища (1820—1870). СПб., 1870, с. 153.





Леон Николаевич  
Шишков

Гесса был Александр Александрович Фадеев<sup>29</sup>. Под руководством Гесса Фадеев выполнил исследования в области взрывчатых веществ. В 1844 г. он впервые в мире получил в большом количестве (3 пуда) чистый пироксилин. Лекции по химии в училище Гесс читал до 1849 г.

В 1845 г. в Михайловское артиллерийское училище поступает учиться Леон Николаевич Шишков (1830—1908)<sup>30</sup>. Здесь он слушает лекции Г. И. Гесса, а под руководством А. А. Фадеева выполняет в химической лаборатории практические занятия. Получив прекрасную подготовку по химии, после окончания училища Шишков остается штатным преподавателем химии, а в 1858 г. преподавание химии полностью переходит к нему. Устроенная в 1860 г. Шишковым химическая ла-

боратория в Артиллерийской академии была одной из лучших в России того времени.

Л. Н. Шишков занял видное место среди русских химиков, выполнивших оригинальные химические исследования. По воспоминаниям К. А. Тимирязева, «о Л. Н. Шишкове долго сохранялась легенда как о бесстрашном молодом русском химике, державшем чуть ли не под своей кроватью запасы гремучекислой ртути, над которой он производил вместе с Бунзеном исследование»<sup>31</sup>.

## ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГЛАВНЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

В Главном педагогическом институте, основанном в 1829 г., Г. И. Гесс преподавал химию с 1832 по 1847 г. Так же как и в Горном институте, Гесс стремился привить студентам этого инсти-

<sup>29</sup> См.: Авербух А. Я. Александр Александрович Фадеев (1810—1898).— Журн. прикл. химии, 1952, т. 25, вып. 10, с. 1009—1017.

<sup>30</sup> См.: Ипатьев В. Леон Николаевич Шишков: Биографический очерк.— ЖРФХО. Ч. хим., 1910, т. 42, вып. 8, с. 1335—1348; Фигуровский Н. А., Мусабеков Ю. С. Выдающийся русский химик Л. Н. Шишков.— Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1954, т. 2, с. 46—66.

<sup>31</sup> Тимирязев К. А. Развитие естествознания в России в эпоху 60-х годов.— Соч. М.: Сельхозгиз, 1939, т. 8, с. 152.

любовь к практическим занятиям; он готовил их к самостоятельным исследованиям.

Первым учеником Г. И. Гесса по Главному педагогическому институту был Александр Абрамович Воскресенский (1809—), окончивший институт в 1836 г. по первому разряду и получивший «за успехи в науках» золотую медаль. Как лучший студент числится в списках студентов для поездки за границу с целью «принимания в науках». В 1837—1838 гг. Воскресенский работает в Гисенской лаборатории под руководством Ю. Либиха. Там он начинает исследования, посвященные составу хинной кислоты и ее солей. Эти исследования легли в основу его докторской диссертации<sup>32</sup>.

А. Воскресенский разработал методы получения хинной кислоты из солей и установил ее состав —  $C_{14}H_{24}O_{12}$  (современная формула  $C_7H_{12}O_6$ ). Окисляя хинную кислоту осторожным нагреванием с двуокисью марганца и разбавленной серной кислотой, он получил пара-бензохинон (1836). Воскресенский первый в России исследовал алкалоидов. В 1840 г. он выделил из шелухи какао алкалоид теобромин.

В конце 1838 г., после возвращения в Петербург, А. А. Воскресенский назначается преподавателем химии в Главном педагогическом институте<sup>33</sup>, где в феврале 1839 г. читает первую, «пробную», лекцию «О сипероде» в присутствии преподавателей и своего учителя Г. И. Гесса. В отзыве об этой лекции Гесс отметил, что в пробной лекции, читанной г-ном Воскресенским, он с ясностью и определенностью изложил все свойства сиперода как сложного радикала. Госп. Воскресенский подтверждал сказанное им удачными опытами и сообщил, наконец, собственные его по этому предмету замечания, чем и довершил в слушающих убеждение, что наука ему знакома не только по теоретическому ее содержанию, но и по собственной практике<sup>34</sup>. Такая характеристика высоко подыняла авторитет ученого. Его приглашают читать лекции по химии во многие учебные заведения Петербурга: Университет, Институт корпуса инженеров путей сообщения, Пажеский корпус и др.

В своих лекциях А. А. Воскресенский знакомил слушателей с новейшими открытиями в химии, с различными, противоборствующими тогда, теоретическими представлениями. Он учил сопоставлять эти взгляды Берцелиуса и Либиха с новыми унитарными представлениями Дюма, Лорана и Жерара, считая, что истинное знание

<sup>32</sup> См.: [Воскресенский А. А.] Рассуждение о хинной кислоте и об открытом в ней новом теле, хинноэле. СПб., 1839. 48 с.

<sup>33</sup> В 1843 г., после того как профессор М. Ф. Соловьев (1785—1856) вышел на пенсию, А. А. Воскресенский занял кафедру химии Петербургского университета.

<sup>34</sup> Цит. по ст.: Фигуровский Н. А., Елагина К. Ц. Александр Абрамович Воскресенский (1809—1880). — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1958, т. 18, с. 221.

не может ограничиваться односторонностью. Но самое главное, он твердо следовал за фактами, «добывать которые и разбирать он и учил массу своих слушателей»<sup>35</sup>.

Обсуждая вопрос о соотношении и значении теоретических и прикладных работ по химии, А. А. Воскресенский подчеркивал, что «при... практическом направлении нельзя совершенно забывать и теоретическую часть науки: мы не имеем никакого права делить наши химические познания на полезные в общежитии и на такие, из которых нельзя сделать никакого приложения к жизни. В науке нет ничего незначительного; самое маловажное открытие имеет достоинство, которое только со временем будет вполне оценено; каждое новое положительное познание, сколько бы оно ни казалось далеким от приложения к общественной жизни, ведет к другим, новым понятиям, с которыми оно находится в тесной связи, и, способствуя их развитию, ведет к результатам, которых важность никак нельзя наперед угадывать.

Я хотел только этим показать, что науки имеют двойную цель: одна состоит в материальных выгодах, другая, высшая, служит основанием для них; она состоит в приобретении ясных понятий и расширении пределов нашего знания. Если последнее выпустить из виду, едва ли можно надеяться на успехи и в первом»<sup>36</sup>.

Подобные мысли высказывались в речах профессоров русских университетов и раньше, но сказанное А. А. Воскресенским в 1840 г. имело уже иное звучание. Эти слова нацеливали русских химиков на оригинальные исследования в области «чистой» химии, что имело первостепенное значение для будущего отечественной химии. Активная педагогическая деятельность А. А. Воскресенского была своевременной и необходимой. Именно в результате этой деятельности ему удалось создать свою школу русских химиков<sup>37</sup>.

По словам Д. И. Менделеева, А. А. Воскресенский «относится к числу замечательнейших возбудителей у нас начал самостоятельной деятельности в области естествознания...»<sup>38</sup>.

«Плодом такой усиленной педагогической деятельности,— писал Д. И. Менделеев,— и является то множество русских химиков, которое и дало Воскресенскому прозвище „дедушки русских химиков“»<sup>39</sup>.

А. А. Воскресенский старался «удовлетворить всем требованиям, обращенным к нему как к новому русскому химику. Он читает в Университете, в Педагогическом институте, в Институте путей со-

<sup>35</sup> Менделеев Д. И. Соч. Л.: М.: Изд-во АН СССР, 1949, т. 15, с. 624.

<sup>36</sup> Воскресенский А. А. Об успехах химии в новейшее время.— Журн. Мил-ва народн. просвещ., 1840, июнь, ч. 26, с. 164; лит. по кн.: Избранные произведения русских естествоиспытателей первой половины XIX в. М.: Соцэкгиз, 1959, с. 402.

<sup>37</sup> См.: Макареня А. А. А. А. Воскресенский и его научная школа.— Вopr. истории естествознания и техники, 1961, вып. 11, с. 143.

<sup>38</sup> Менделеев Д. И. Соч., т. 15, с. 335.

<sup>39</sup> Менделеев Д. И. Там же, с. 623.



*Александр Абрамович Воскресенский*

щения, в Инженерной академии... и удерживает эти места, пока не родились соим свежих русских сил<sup>40</sup>, могущих его заметить<sup>41</sup>, — так удивительно верно охарактеризовал деятельность А. А. Воскресенского один из его первых и самых выдающихся учеников — Дмитрий Иванович Менделеев.

Учеником Г. И. Гесса по Главному педагогическому институту был Алексей Иванович Ходнев (1818—1883)<sup>42</sup>. В своем отчете 1840 г. Гесс писал: «Курс пройден до окончания года, прочее время употреблено было для упражнения студентов в практических занятиях по аналитической химии; наибольшие успехи оказывает

<sup>40</sup> Из школы А. А. Воскресенского вышли такие ученые, как Д. И. Менделеев, Н. Н. Бекетов, П. А. Ильенков, М. В. Скобликов, Н. Н. Соколов, Н. П. Алексеев, А. Р. Шуляченко, П. А. Лачинов, Н. К. Яцукович, Н. П. Лавров, И. А. Тютчев, Э. Ф. Радлов, Ф. Р. Вреден, В. Савич и многие другие русские химики (см.: Макареня А. А. Указ. соч., с. 141—144). — Ю. С. Менделеев Д. И. Соч., т. 15, с. 623.

<sup>42</sup> См.: Фигуровский Н. А., Соловьев Ю. И., Алексей Иванович Ходнев. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1954, т. 2, с. 19—45.



*Алексей Иванович  
Ходнев*

студент Теофилакт, а за ним студент Ходнев»<sup>43</sup>. В 1841 г., после окончания института, Ходнев «был поручен академику г. Гессу» для приготовления его по химии. «Гесс преимущественно старался показать Ходневу образцы наблюдений и приемы для избежания ошибок в заключениях, частью в вычислениях и описании опытов»<sup>44</sup>, большая часть которых была посвящена «наблюдениям над теплотвором при растворении различных солей в воде», а также неорганическому анализу.

В 1843—1844 гг., будучи в заграничной командировке (в Берлине — у Г. Розе и в Гисене — у Ю. Либиха), А. И. Ходнев опубликовал в известных химических журналах пять научных статей по физической, неорганической и органической химии. После

возвращения в Россию (1845) ученый заинтересовался физиологической химией и в 1846 г. защитил магистерскую диссертацию на тему «Состав студенистых растительных веществ и их физиологическое назначение».

В июле 1846 г. магистр химии А. И. Ходнев приехал в Харьков, где в 1848 г. был утвержден экстраординарным профессором химии Харьковского университета. В Харькове Ходнев опубликовал ряд работ, которые обратили на себя внимание русских химиков.

В 1847 г. вышла в свет книга А. И. Ходнева «Историческое развитие понятий о хлоре и влияние их на теоретическую часть химии», а в 1848 г. была опубликована его докторская диссертация «О соединении минеральной и органической химии в одно целое». Книжки эти весьма любопытны. Они отражают мысли талантливого ученого о состоянии химии того смутного периода, когда рушились старые представления и активно появлялись ростки новых идей. О чем же шла речь в указанных работах, и чем они примечательны? Прежде всего тем, что в них дан глубокий анализ развития химических теорий с конца XVIII в. до середины 1840-х годов. Ходнев продемонстрировал важность исторического метода в изучении науки. Этот метод позволил ему правильно оценить классификацию органических соединений по Лорану, теорию типов Жерара

<sup>43</sup> ГИАЛО, ф. 13, д. 2103, № 26, л. 15.

<sup>44</sup> Там же.

высказать ряд оригинальных суждений о необходимости изучения «разъяснения атомистического строения тел». Изложив взгляды Юржина, Ходнев писал: «Но сделано ли что-нибудь новою системою для разъяснения атомистического строения тел, интереснейшего и, без сомнения, важнейшего вопроса в Химии»<sup>45</sup>; найдено ли, в каком порядке между собою, в каком порядке находятся составные элементы в телах? «...» Я должен дать ответ на это, к сожалению, отрицательный»<sup>46</sup>. Ответ на этот вопрос, как мы увидим, дал А. М. Бутлеров в своих классических работах по теории химического строения.

Книга А. И. Ходнева «Историческое развитие понятий о хлоре...», конечно, оказала свое положительное влияние на русских химиков. Можно вспомнить слова Д. И. Менделеева о том, что унитаручению Жерара давно следуют молодые русские химики<sup>47</sup>. А. И. Ходнев принимал активное участие в издании книг по химии, которые явились хорошим учебным пособием для русских химиков. Так, в 1858 г. под редакцией Ходнева издается перевод Джонсона «Химические сведения о различных предметах из повседневной жизни» (в двух частях). В своей рецензии на это издание П. П. Алексеев писал: «Перевод, сделанный под редакцией профессора Ходнева, везде верен, написан языком правильным и простым, так что книга читается с приятностью»<sup>48</sup>.

В 1859 г. под редакцией А. И. Ходнева вышел «Учебник химии, или первоначальное изучение химии при помощи самых простых опытов, без пособия наставника» Ю. А. Штекгардта (перевод с немецкого издания)<sup>49</sup>.

Педагогическая и общественная деятельность А. А. Воскресенского и А. И. Ходнева — яркий пример деятельности русских профессоров того времени. Онинесли огромную педагогическую на-

<sup>45</sup> Пройдет несколько лет и в 1858 г. немецкий химик А. Кекуле напишет: «Я не считаю больше главной задачей времени указать на атомные группы, которые вследствие их известных свойств можно считать радикалами, и причислять, таким образом, соединения к некоторым типам, едва ли имеющим иное значение, чем формула образца. Я считаю необходимым и, при современном состоянии химических знаний, во многих случаях возможным при объяснении свойств химических соединений обратиться к самым элементам, из которых составлены эти соединения» (цит. по кн.: Столетие теории химического строения. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 14), т. е. изучать «атомистическое строение соединения», о чем говорил А. И. Ходнев в 1847 г. — Ю. С.

<sup>46</sup> Ходнев А. И. Историческое развитие понятий о хлоре и влияние их на теоретическую часть химии. Харьков, 1847, с. 40.  
См.: Научное наследство. М.: Изд-во АН СССР, 1951, т. 2, с. 87 (Естественнонаучная серия).

<sup>47</sup> Отчет, зап., 1859, т. 122, Русская литература, с. 112.

<sup>48</sup> Через несколько лет эта книга попадет в руки 14-летнего Николая Курнакова, который в домашней химической лаборатории самостоятельно производит опыты препаративной и аналитической химии и на всю жизнь увлечется физико-химическими исследованиями, которые приведут его к созданию физико-химического анализа.

грузку. Основное их время уходило на подготовку к лекциям, на консультации и экспертизы. По словам Д. И. Менделеева, «в России плохо заниматься наукой, живым доказательством чего служат наши химики: Воскресен[ский], Ходнев, Лясковский, Ильип, Шинков, Соколов, Мошинин и др. Все они в два-три года пребывания за границей успели много сделать для науки, несмотря на то, что при этом должны были продолжать изучение многих предметов, близких их специальности. Сравнительно с этим коротким временем — долго живут они в России, но производительность их мала, несмотря на то, что желания и интерес к науке остались часто те же или еще более развились. Причин на то много. Главные, конечно, две: недостаток во времени и недостаток в пособиях, необходимых для занятий»<sup>50</sup>.

Ясно понимая, что развитие химической науки невозможно без надлежащей постановки экспериментальных исследований, А. И. Ходнев в 1856 г. поднимал вопрос о создании в России новых химических лабораторий. «Причиной тому, что у нас число химиков, известных своими учеными трудами, до сих пор ограничено, писал он, — служит не недостаток людей способных, не недостаток даже в стремлении заняться надлежащим образом Химиею, а недостаток средств к занятиям, и именно, недостаток таких химических лабораторий, которые, находясь под управлением опытных химиков, были бы доступны всякому. В наших лабораториях при разных учебных заведениях слушатели занимаются ех officio, занимаются в то время, когда они учатся многому и когда не могут еще избрать для себя той или другой специальности. А между тем, нет никакого сомнения, что, пока не будет у нас публичной химической лаборатории, по крайней мере в Петербурге, до тех пор не часто будут являться в науке новые имена русских химиков и, что всего важнее, до тех пор останутся почти неисследованными со стороны химической наши богатства неорганической и органической природы, наши произведения фабричные, наша почва и т. п.»<sup>51</sup>.

Сам факт осознания этих актуальных проблем говорил о большом значении усилий Г. И. Гесса и его многочисленных учеников, направленных на пропаганду и популяризацию химических знаний. Они привили вкус к химическим исследованиям.

В 1901 г. академик Н. Н. Бекетов, научная деятельность которого началась в конце 1850-х годов, писал: «Профессор и академик Гесс был очень популярен в России и дал толчок химическим исследованиям в России; из его учеников вышел целый ряд ученых и профессоров»<sup>52</sup>.

<sup>50</sup> Цит. по кн.: Младенцев М. Н., Тищенко В. Е. Дмитрий Иванович Менделеев, его жизнь и деятельность М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938, т. 1, с. 224—225.

<sup>51</sup> Ходнев А. И. Курс технической химии. Часть органическая. СПб., 1856, с. VII—VIII.

<sup>52</sup> Бекетов Н. Н. История химической лаборатории при Академии наук. В кн.: Ломоносовский сборник: Материалы для истории развития химии в России. М., 1901, с. 4 (отд. паг.).

Плодотворная научная и педагогическая деятельность Г. И. Гесса и его учеников во многом определила крутой подъем химической мысли в России в 1860-е и последующие годы<sup>53</sup>. Но прежде чем говорить о развитии химии в эти годы, мы вновь вернемся к первым десятилетиям XIX в. и рассмотрим характерные для того времени работы по технической химии.

## Глава 6

### «ТЕХНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

#### ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Использование недр огромной страны выдвигало новые задачи перед химией, геологией, минералогией. Механические, физические, химические и другие знания стали более необходимы для дальнейшего развития мануфактур, строительства фабрик и заводов. Этими запросами создается определенная атмосфера необходимости лабораторного исследования различных руд, заводских продуктов, минералов и нерудных ископаемых. Русские химики откликаются на эти запросы и идут им навстречу. Растет число их публикаций, посвященных изучению естественных богатств страны.

В первой половине XIX в. работы многих русских ученых, в частности химиков, в значительной мере определялись практическими запросами, выдвигаемыми помещичье-крепостническим хозяйством. Пока малочисленный, но растущий класс русской промышленности буржуазии все больше осознавал, что без научных основ функционирование промышленных предприятий невозможно. Увеличение промышленных предприятий<sup>1</sup> потребовало значительно

<sup>53</sup> Хотя в литературе, посвященной Г. И. Гессу, и отмечается его роль в создании своей школы химиков, однако надо отметить, что только сейчас вырисовывается во всем объеме огромное значение его научной и педагогической деятельности.

<sup>1</sup> Об этом говорит рост числа промышленных предприятий. Так, в 1804 г. в России было два химических предприятия, а в 1825 г. их было 31, в 1832 г. — 57, в 1842 г. — 92, в 1850 г. — уже 111 химических предприятий, на которых работало 2292 рабочих; выработка заводов оценивалась в 1 995 630 руб. (по весу — 16 090 т). Производство, например, соляной кислоты достигло в 1853 г. 100 т в год (см.: Лукьянов П. М. История химических промыслов и химической промышленности России до конца XIX века: В 3-х т./Под ред. С. И. Вольфовича. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948, т. 1, с. 124, 136, 139; см. также: Крупский А. К. О русских химических заводах в их домашней обстановке и внешних обстоятельствах. СПб., 1873. 182 с.



больших количеств полезных ископаемых, их эффективной переработки. С этой целью исследовались различные руды, горючие ископаемые, анализировался состав вод минеральных источников, залежи солей, продуктов растительного и животного мира и т. д. Типичные примеры подобных исследований можно найти в «Технологическом журнале», в «Журнале Вольного экономического общества» и в других изданиях<sup>2</sup>. Многие химические статьи были посвящены таким вопросам, как дубление кож, производство стекла, сафьяна, получение растительных красок из местного сырья, винокурение, окраска тканей, получение селитры, производство пищевых продуктов и др.

### НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ САХАРА

В 1812 г. в «Технологическом журнале...» В. М. Севергина была опубликована статья К. С. Кирхгофа<sup>3</sup> «О приготовлении сахара из крахмала»<sup>4</sup>.

Она открывалась интересным вступлением: «Во многих уже случаях,— писал автор,— удавалось искусству посредством химии подражать действию природы и добывать такие произведения, кои она производит для человеческих нужд очень медленно или с великою бережливостью»<sup>5</sup>. Далее Кирхгоф описывает разработанный им способ каталитического гидролиза крахмала с образованием сахара. В первом десятилетии XIX в. шел интенсивный поиск заменителей сахарного тростника. Работа в этом направлении велась в различных странах: Германии, Франции и России. Было предложено несколько способов получения сахара главным образом из свекловицы<sup>6</sup>. Кирхгоф в качестве исходного продукта взял картофельный

<sup>2</sup> В «Казанских известиях», издание которых началось в 1811 г., печатались статьи, в которых рассказывалось, например, о том, где и как добывать различные минералы, о золотых промыслах, об открытии новых рудных месторождений и приводилось много других важных научных и технических сведений.

В 1811 г. в Харькове было организовано филотехническое общество (см.: Багалей Д. И., Миллер Д. П. История города Харькова за 250 лет его существования. Харьков, 1912, т. 2, с. 625—627).

<sup>3</sup> Константин Кирхгоф родился 19 февраля 1784 г. в Германии. С 1792 г.—помощник аптекаря Петербургской главной аптеки. Здесь он разрабатывает способ получения кинозари, очистки «тяжелой земли» (солей бария). С 1812 г.—экстраординарный академик по разряду химии Петербургской Академии наук. Умер в 1833 г.

См.: Осипкин А. А. Жизнь и деятельность академика К. Кирхгофа.—Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1960, т. 30, с. 252—287.

<sup>4</sup> Технол. журн., 1812, т. 9, ч. 1, с. 3—26.

<sup>5</sup> Там же, с. 4.

<sup>6</sup> В 1798 г. И. Биндгейм, московский аптекарь, описал способ получения сахара из свеклы (см. Биндгейм И. Опыты и наблюдения о домашнем приготовлении сахара в России, а особенно из свекловицы.—В кн.: Новое продолжение трудов Вольного экономического общества, 1803, ч. 55, с. 48—87).

крахмал. 14 августа 1811 г. на заседании конференции Петербургской Академии наук он сообщил, что «из 100 ф. овощей (картофеля) он получил 50 фунтов сиропа и 20 фунтов твердого сахара. Процесс приготовления очень прост»<sup>7</sup>. Он заключается в каталитическом превращении (гидролизе) крахмала в сахар при действии разведенной серной кислоты при температуре 90–100° С<sup>8</sup>. Логическим продолжением этой работы явилась статья Кирхгофа «О поведении сахара при осоложивании злаков и при обваривании муки варком»<sup>8а</sup>, в которой впервые описывается способ превращения крахмала в сахар при помощи «клеяковины» (фермента диастазы овса).

Исследования К. Кирхгофа открыли новую страницу в истории аналитической химии. Они имели большое практическое и теоретическое значение. По словам лауреата Нобелевской премии Э. Фишера, открытие Кирхгофа имело «фундаментальное значение как первый пример гидролиза в группе сахаров. Не менее значительным было его следующее открытие: зерно или солод содержат вещество, которое также воздействует на крахмал. Диастаза, как позднее было названо это вещество, считается еще и сегодня типом неорганизованного фермента...»<sup>9</sup>. «...оба открытия Кирхгофа, доведенные до стадии практического использования, представляли собою первый пример активного вмешательства химика в область биологических процессов. Важность этого шага в истории развития химии, даже в истории естествознания вообще, трудно переоценить»<sup>10</sup>.

#### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА

На Петербургском монетном дворе для чеканки золотой и серебряной монеты проводилось разделение золота и серебра с последующим очищением каждого металла до возможно более чистого состояния. Разделение осуществлялось по методу, предложенному И. А. Шлаттером в 1746 г.: отделение золота от серебра производилось сухим и мокрым путями: сухим — с применением серы, мокрым — с применением азотной кислоты.

В процессе отделения золота от серебра выделялись в больших количествах газы, содержащие окислы азота, которые выбрасывались в воздух, сильно отравляя при этом близлежащую местность. В начале XIX в. встал вопрос об усовершенствовании способов разделения благородных металлов. Новатором в технологии этого про-

<sup>7</sup> Цит. по ст.: Осипкин А. А. Жизнь и деятельность академика К. Кирхгофа, с. 265.

<sup>8</sup> Способ Кирхгофа лег в основу современного производства глюкозы из крахмала.

<sup>8а</sup> Опубликована в журн.: Schweigerss J. Chem. Phys., 1815, Bd. 14, S. 389—398.

<sup>9</sup> Фишер Э. Избранные труды. М.: Наука, 1979, с. 124 (Классики науки).

<sup>10</sup> Кузнецов В. И. Развитие учения о катализе. М.: Наука, 1964, с. 22.

изводства явился талантливый русский химик-экспериментатор С. П. Власов<sup>11</sup>.

В начале 1849 г. директор Департамента горных и соляных дел Е. И. Мечников отдал распоряжение о замене метода, включающего сухой и мокрый способы, методом, включающим только мокрый способ. По новому методу потери металла были меньше и процесс обходился дешевле<sup>12</sup>, но существенным недостатком этого метода было то, что «золотистое серебро, по предварительной очистки на гнездах и раздроблении в зерна, разваривалось в крепкой водке (азотная кислота.— Ю. С.) так же, как и при прежнем способе, в стеклянных колбах», которые, даже при соблюдении всех осторожностей, нередко растрескивались. Кроме того, выделялось огромное количество удушающих окислов азота, от которых «рабочие люди терпели большой вред»<sup>13</sup>. Эти недостатки удалось устранить методом С. П. Власова. «Власов, известный просвещенной публике,— отмечалось в статье «Описание С.-Петербургского монетного двора»,— познаниями своими в практической Химии, служивший тогда при лаборатории Департамента горных и соляных дел и занимавшийся новостью перемены разделения, получил весьма счастливую и, можно сказать, оригинальную мысль заменить стекло деревом при разделении; и именно производить растворение золотистого серебра, вместо стеклянных колб, в деревянных закрытых сосудах, или кадках, паливая кадку наперед кислотою, а потом опуская в нее добела нагретый металл. Кроме сего, он предложил, для сбережения крепкой водки, по возможности собирать отделяющийся при растворении селитроватый газ (окислы азота.— Ю. С.); для чего присоединил к растворительной кадке особенный снаряд, состоящий из нескольких деревянных закрытых чанов, налитых водою и соединенных с кадкою и между собою деревянными трубами. Отделяющийся газ, проходя по сим трубам и соединяясь с кислородом воздуха в чанах, образует селитрянную кислоту, которая, по-

<sup>11</sup> Семён Прокофьевич Власов родился в 1789 г. в семье крепостного крестьянина деревни Лыловой Любимского уезда Ярославской губернии. В 1811 г. Власову удалось, после мытарств и лишений, поступить в Петербургскую медико-хирургическую академию. Когда он был студентом 3-го класса Третьего отделения по фармацевтической части Академии, его пригласил А. И. Шерер на должность лаборанта при химическом кабинете и академической лаборатории Медико-хирургической академии. Здесь Власов выполнил ряд оригинальных экспериментальных исследований по химии. Деятельность талантливого химика продолжалась недолго. Тяжелые материальные условия, большое напряжение в работе сказались на его расшатанном здоровье. Он скончался 26 августа 1821 г. в расцвете творческих сил.

Биография С. П. Власова опубликована в журнале «Отечественные записки», 1818, ч. I, с. 59—94; 1849, ч. II, с. 204—212.

<sup>12</sup> Азотная кислота после ее использования перерабатывалась в селитру. Красная медь, употреблявшаяся при разделении благородных металлов, перерабатывалась в краску медянку.

<sup>13</sup> Описание С.-Петербургского монетного двора: Новый способ разделения золота от серебра.— Горн. журн., 1826, кн. V, с. 59—60.

насыщая водою и насыщая оную мало-помалу, наконец, должна составить настоящую крепкую селитряную кислоту»<sup>14</sup>.

В 1820 г. были проведены первые опыты. «Для опыта сего была взята плотная кадка... Кадка соединялась деревянными трубами с тремя чанами, наглухо закрытыми. В каждый чан было налито по одному пуду воды; металла для опыта взято два пуда. В кадку налито крепкой водки, в 30 градусов, весом 3 пуда; изготовленные полоски металла накалены добела и по частям опушены в кадку. При сем происходило растворение с шумом: в комнате, где производился опыт, не было слышно запаха селитроватого газа; часть его выходила из последнего чаша воп из комнаты»<sup>15</sup>.

Способ С. П. Власова дал возможность употреблять металл в сыром виде без предварительной переплавки, работать с большим количеством металла (до 30 пудов в одном чане), значительно уменьшив потребление азотной кислоты и, наконец, решить проблему утилизации газов при разделении благородных металлов.

#### ОТКРЫТИЕ И ИЗУЧЕНИЕ «БЕЛОГО МЕТАЛЛА»

В 1819 г. на Урале был открыт «белый металл» — платина<sup>16</sup>. Управляющий Гороблагодатскими заводами Н. Р. Мамышев так описывал обнаружение платины: «Во время промывки уральских золотоносных песков заметили примешанным к песочному золоту особенный металл в виде таких же зерен, как и золото, но только белого блестящего цвета»<sup>17</sup>.

В 1822—1823 гг. аптекарь Гельм в Екатеринбурге (Свердловск) исследовал образцы «белого металла» с Верх-Исетских промыслов и установил, что «белый металл» — самородная платина, содержащая 77% платины и 35% осмистого иридия.

С 1824—1825 гг., когда на Урале были открыты промышленные платиновые россыпи, начались опыты по разработке способов очистки (аффинажа) платины и получения из нее ковкой платины<sup>18</sup>.

В августе 1826 г. в Петербурге было построено трехэтажное здание для объединенной лаборатории Департамента горных и соляных дел и Горного кадетского корпуса. Перед лабораторией ставились три основные задачи: 1) служить учебной лабораторией по «всеобщей химии», а также для запятой по металлургии и пробирному искусству; 2) выполнять аналитические исследования образцов руд

<sup>14</sup> Там же, с. 60—61.

<sup>15</sup> Там же, с. 61—62.

<sup>16</sup> См.: Любарский В. В. Об открытии платины в России. — Отч. зап., 1823, № 12, с. 20.

<sup>17</sup> Мамышев Н. Краткое описание обретения платины в Сибири. — Горн. журн., 1827, кн. I, с. 23.

<sup>18</sup> См.: Звягинцев О. Е. К столетию русской платины. — Изв. Ин-та платины, 1927, вып. 5, с. 5—22; Фрицман Э. Исторический очерк платинового дела в России. — Там же, с. 23—74; Федоренко Н. В. Развитие исследований платиновых металлов в России. М.: Наука, 1985. 264 с.

и минералов; 3) изготавливать «в чистейшем виде все известные реактивы» и медикаменты<sup>19</sup>. Объединение химической лаборатории Горного корпуса с лабораторией Департамента горных и соляных дел чрезвычайно благоприятно сказалось на расширении химических исследований. Это было первое научно-исследовательское учреждение, связывавшее химию с горнозаводским производством. В этой лаборатории были выполнены многочисленные анализы руд и минералов, а также различных образцов золота и платины Урала.

С 1826 г. заведующим объединенной лаборатории Горного кадетского корпуса и Департамента горных и соляных дел стал П. Г. Соболевский<sup>20</sup>. Ему было поручено возглавить работы с целью «отыскать и увериться на самом деле о выгоднейшем способе очищения сырой платины». Эта задача была им выполнена. Отчет о своей работе, выполненной совместно с В. В. Любарским<sup>21</sup>, Соболевский опубликовал в 1827 г.<sup>22</sup> Здесь он описал разработанный ими оригинальный способ очистки сырой платины.

Метод получения ковкой платины, разработанный П. Г. Соболевским и В. В. Любарским, заключался в следующем. Первоначально сырую платину растворяли в царской водке. Раствор сливали с нерастворившегося осадка и выпаривали досуха. Сухой остаток растворяли в горячей воде, затем в охлажденный раствор прибавляли раствор нашатыря. Осажденный хлороплатинат аммония прокаливали до получения губчатой платины. Затем ее прессовали в холодном состоянии под вишневым прессом и вновь прокаливали. Получались кружки ковкой платины, из которых можно было делать различные изделия.

В марте 1827 г. П. Г. Соболевский и В. В. Любарский могли уже демонстрировать слиток платины весом 6 фунтов, проволоку, чаши и тигли из платины, полученной методом порошковой металлургии.

<sup>19</sup> См.: О занятиях соединенной лаборатории Департамента горных и соляных дел и Горного кадетского корпуса.— Горн. журн., 1827, кн. I, с. 57—73.

<sup>20</sup> Петр Григорьевич Соболевский (1782—1841), окончил Горный кадетский корпус в Петербурге (1798). Крупный инженер и металлург, основоположник порошковой металлургии.

О жизни и деятельности П. Г. Соболевского см.: *Плоткин С. Я.* Петр Григорьевич Соболевский: Жизнь и деятельность выдающегося ученого XIX в. М.: Наука, 1966. 127 с. (Серия НБЛ).

<sup>21</sup> Василий Васильевич Любарский (1795—1852), окончил Горный кадетский корпус в Петербурге. Известный русский металлург. Своими работами содействовал развитию металлургической промышленности Урала.

См.: *Шабарин С. К.* К столетию со дня смерти В. В. Любарского.— Тр. Всесоюз. науч. инж.-техн. о-ва металлургов. М.: Металлургиздат, 1954, т. 2, с. 209—215.

<sup>22</sup> См.: *Соболевский П. Г.* Об очищении и обработке сырой платины.— Горн. журн., 1827, кн. IV, с. 84—109; Изв. Ин-та по изучению платины, 1927, вып. 5, с. 206—219; *Соболевский П. Г.* Об успехах обработки платины.— Горн. журн., 1829, ч. II, кн. 5, с. 275—283; *Соболевский П. Г.* Известие о платиновом производстве в России.— Горн. журн., 1835, ч. I, кн. III, с. 524—541.

С мая 1828 по апрель 1829 г. П. Г. Соболевский и В. В. Любимский очистили своим способом более 800 кг платины<sup>23</sup>. Из этой массы изготавливались небольшие выпаривательные чашки, тигли и другая посуда, необходимая для химических исследований<sup>24</sup>. По словам А. Гумбольдта, «в Петербурге, более чем где-либо, сумели преодолеть технические трудности, связанные с очисткой и обработкой платины»<sup>25</sup>.

25 марта 1840 г. на торжественном акте С.-Петербургского университета А. А. Воскресенский произнес речь «Об успехах химии в наше время», в которой рассмотрел в историческом плане развитие химии и ее основные достижения в конце XVIII в. и в перестройку XIX в. Заслуживают внимания те места речи, где ректор адъюнкт С.-Петербургского университета выдвигает задачи, решение которых должны взять на себя русские химики. «Между многими вопросами, которые до сих пор остаются еще нерешимыми», говорил Воскресенский, — я намерен указать на некоторые, особенно важные для нас, русских, потому что решения этих вопросов мы вправе ожидать от русских химиков. История платины в последнее время обработана со всею возможною подробностью, но почти ничего не знаем о металлах, ее сопровождающих<sup>26</sup>. Нам известны почти только по имени родий, осмий, иридий, палладий. Берцелиус и другие химики сделали несколько опытов для определения веса их атомов, но дальнейшая их обработка, отношение к прочим телам, их бесчисленные соли, так легко кристаллизующиеся, столь правильные, — все это представляет предмет, в полной мере заслуживающий внимания наших химиков»<sup>27</sup>.

Мы не уверены, был ли в руках К. К. Клауса шестой номер «Журнала Министерства народного просвещения» за 1840 г., где

<sup>23</sup> Опубликована интересная переписка между Е. Ф. Канкриним и А. Гумбольдтом по поводу чеканки монеты из платины (см.: Переписка Александра Гумбольдта с учеными и государственными деятелями России. М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 38—53).

<sup>24</sup> К 1834 г. производство ковкой платины по способу Соболевского достигало 15—20 кг в день.

<sup>25</sup> Переписка Александра Гумбольдта с учеными и государственными деятелями России, с. 47.

<sup>26</sup> Возможно, под влиянием А. А. Воскресенского студент IV курса М. Козицкий выполнил работу, цель которой была сформулирована так: «Определить состав известных платиновых руд; описать лучшие способы получения в чистом виде платины, родия, иридия и палладия, показать отличительные свойства каждого из сих металлов, как в отдельном состоянии, так и в сложных веществах». Козицкий, однако, не стал специалистом по химии платиновых металлов. На Кавказе, в Ленкоранском уезде, он занялся производством индиговой краски. В 1852 г. стал руководителем небольшого завода, производящего индиговую краску высокого качества. В 1855 г. на Всемирной промышленной выставке в Париже образец индиговой краски Ленкоранского завода получил золотую медаль. — Ю. С.

<sup>27</sup> Воскресенский А. А. Об успехах химии в новейшее время. — В кн.: Избранные произведения русских естествоиспытателей первой половины XIX века. М.: Соцэкгиз, 1959, с. 399.

впервые была опубликована эта речь А. А. Воскресенского, по мы точно знаем, что начиная с 1841 г. Клаус в Казани глубоко изучал эту проблему, а в 1844 г. он открыл новый химический элемент рутений, спутник платины, и подробно описал свойства соединений платины и металлов, ее сопровождающих<sup>28</sup>.

«Другой вопрос,— говорил А. А. Воскресенский,— особенно важный в техническом отношении, касается состава гидравлических цементов. В некоторых местах России уже давно пашли известняк, который соединяет в себе все качества лучшего цемента, доставляемого за дорогую цену из Англии <...> требуется основательное изучение наших известняков<sup>29</sup>; пужно с весами в руках определить состав их для каждой породы особенно, но эта работа еще не начата до сих пор, несмотря на то, что она имела бы самое обширное влияние на огромные труды нашей гидравлической архитектуры»<sup>30</sup>.

### ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Основное направление исследований русских химиков в 1830—1850-х годах было связано с разработкой методов анализа и обработки руд, усовершенствованием химико-технологических и металлургических процессов производства.

Так, в 1830 г. Г. И. Гесс разработал метод выделения теллура и серебра из колыванского теллуристого серебра, руды которого были открыты Густавом Розе на Алтае<sup>31</sup>. Гессу было известно, что переплавка серебристой руды на Колывано-Воскресенских заводах сопровождается значительными потерями серебра. Требовалось выяснить причины этих потерь. Гесс указывал, что «не могут эти причины быть очевидны без помощи науки, ибо в таком случае их бы давно открыли и устранили. Я надеюсь показать здесь, что одна (может быть, важнейшая) из этих причин могла быть дознана только при большом распространении химических сведений и применении химического разложения к продуктам заводского производства»<sup>32</sup>.

Г. И. Гесс разработал легкий и дешевый способ обработки платиновой руды. Вместо 8—10-кратного растворения руды в царской

<sup>28</sup> См. в главе 7 настоящей книги.

<sup>29</sup> В 1871 г. появился капитальный труд А. Р. Шуляченко «Об основной углекислой извести в гидравлических цементах» (Ииж. журн., 1871, № 12, с. 1364—1389), в котором были разработаны научные основы производства цементов. Эта работа имела чрезвычайно важное практическое значение для производства цементов в России (см.: Шуляченко А. Р. О порландце-ментах и значении их в строительной технике настоящего времени. СПб., 1894. 82 с.).— Ю. С.

<sup>30</sup> Воскресенский А. А. Указ. соч., с. 399.

<sup>31</sup> См.: [Соколов.] О двух теллуристых рудах, открытых в горах Алтайских Густ. Розе.— Горн. журн., 1830, ч. III, кн. 7, с. 13—23.

<sup>32</sup> Гесс Г. И. Замечание о плавке в Алтайских заводах.— Горн. журн., 1838, ч. I, кн. II, с. 297—298.

водке он рекомендовал предварительное сплавление ее с цинком. Затем этот сплав измельчался и растворялся сначала в серной, а потом в азотной кислоте. При этом удалялись все посторонние металлы. Нерастворимый остаток обрабатывался царской водкой, которая растворяет платину, но не растворяет осмий-иридиевые остатки. При таком способе обработки достигалась значительная экономия в расходе царской водки.

В 1833—1836 гг. И. И. Варвинский<sup>33</sup> разработал метод обработки золотых руд (амальгамирование золотосодержащих продуктов в кислой среде), который нашел применение в промышленности<sup>34</sup>. На Уктусском заводе в 1834 г. было проамальгамировано 1640 пудов, в 1835 г. — 3705 и в 1836 г. — 500 пудов. Метод Варвинского был также использован на Колывано-Воскресенских заводах, что позволило значительно увеличить извлечение золота из отходов толчейных фабрик.

В 1841—1842 гг. в химической лаборатории Медико-хирургической академии в Петербурге И. М. Мухин выполнил фундаментальное исследование по химическому анализу платиновых минералов<sup>35</sup>. Результаты его анализов вошли в справочники по минералогии.

В 1843 г. Петр Романович Багратион (1818—1876) провел исследование процесса растворения золота, серебра и меди в водных растворах щелочных цианидов в зависимости от температуры, величины поверхности металла и наличия воздуха. Эта работа положила начало цианистому процессу извлечения золота из руд, на котором основана современная гидрометаллургия золота<sup>36</sup>.

Горный инженер П. И. Шубин в химической лаборатории Пермских заводов, а затем в Екатеринбургской лаборатории выполнил ряд работ, название которых следует привести: «Об открытии ванада в рудах и продуктах Пермских заводов»<sup>37</sup>, «Разложения завод-

Иов Игнатьевич Варвинский (1797—1838), окончил в 1817 г. Горный кадетский корпус. В 1824—1838 гг. работал пробирером соединенной лаборатории Горного кадетского корпуса и Департамента горных и соляных дел. С 1832 г. — помощник начальника Екатеринбургских заводов. Варвинский провел полезную работу по популяризации знаний по химии, минералогии и металлургии. В 1825—1838 гг. опубликовал в «Горном журнале» около 70 рефератов статей по различным вопросам химии, минералогии и горного дела.

См.: Шабарин С. К. И. И. Варвинский. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1958, т. 18, с. 51—74.

<sup>33</sup> Варвинский И. И. Об амальгамировании золотистых шлихов при употреблении серной кислоты. — Горн. журн., 1836, ч. II, кн. V, с. 235—244.

<sup>34</sup> Мухин И. М. Химическое исследование разных родов хребтоуральской платины. — Тр. Минерал. о-ва, 1842, ч. 2, с. 101—134.

<sup>35</sup> См.: Плаксин И. Н. Роль русских химиков в создании научных основ металлургических процессов (XVIII—XIX вв.). — В кн.: Материалы по истории отечественной химии: Сб. докл. на Первом Всесоюз. совещ. по истории отеч. химии. 12—15 мая 1948 г. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950, с. 166.

<sup>37</sup> Горн. журн., 1839, ч. III, кн. VII, с. 123—126.



ских продуктов от медной плавки в Пермских заводах»<sup>38</sup>, «О составе чевкинита»<sup>39</sup>, «Обзор медного производства Пермских заводов»<sup>40</sup>.

По инициативе ученика Г. И. Гесса И. В. Авдеева в центре горнозаводского Урала — Екатеринбурге была создана центральная лаборатория, которая «соответствовала настоящему положению аналитических аппаратов и пробирного искусства». В этой лаборатории Авдеев стремился, зная «настоящие потребности заводов уральских», организовать исследования, которые «могут быть полезны в техническом, ученом или хозяйственном отношении»<sup>41</sup>.

Широкую известность в свое время приобрели исследования Р. И. Германа (1805—1879) в области химии и минералогии редких элементов. Он исследовал химический состав минералов, содержащих ниобий, тантал, диим, лантан, торий, церий и другие редкие элементы<sup>42</sup>.

В 1830-х годах Горным ведомством было основано в Донецком крае чугуноплавильное и железоделательное производства на местных рудах и каменном угле<sup>43</sup>.

В 1839 и в последующие годы Н. А. Иванов провел тщательное исследование различных образцов каменного угля Донецкого каменноугольного бассейна, определив в углях содержание углерода, кислорода, азота, серы, землистых примесей, а также изучил коксую способность углей<sup>44</sup>. Он опубликовал результаты изучения химического состава хромистого железняка, добываемого в Уральских горах.

<sup>38</sup> Там же, 1841, ч. I, кн. III, с. 330—348.

<sup>39</sup> Там же, 1842, ч. I, кн. III, с. 475—479.

<sup>40</sup> Там же, ч. II, кн. V, с. 280—318.

<sup>41</sup> Химическая лаборатория в Екатеринбурге была организована в 1848 г. для «испытаний, разложений и проб руд, заводских продуктов, солей и различных веществ, а также для технических изысканий в пособие всем уральским казенным и частным заводам» (см.: *Авдеев И. В.* О разных опытах, произведенных в Екатеринбургских заводах, по извлечению золота. — Горн. журн., 1850, ч. I, кн. I, с. 53—118).

<sup>42</sup> Более подробно см.: *Либман Э. П.* О работах Р. И. Германа в области химии и минералогии редких металлов. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 40—54.

<sup>43</sup> В 1861 г. в Лисичанске вступил в действие чугуноплавильный завод (см.: *Иванов Н. А.* О месторождениях железных руд в Екатеринославской губернии близ Лисичанска и исследовании состава этих руд, а также качества каменноугольного кокса, флюсового известняка и огнестойкой глины, употребляемого, при Лисичанском каменноугольном руднике, чугуноплавильного завода. — Горн. журн., 1868, № 8, с. 220—247).

<sup>44</sup> См.: *Иванов Н. А.* Исследование состава каменных углей из округа Луганского завода. — Горн. журн., 1839, ч. III, кн. IX, с. 347—398; *Иванов Н. А.* Испытание лучистого антрацита, открытого в Миусском и Донецком округах. — Там же, 1843, ч. II, кн. V, с. 312—313; *Иванов Н. А.* Химическое испытание донецких каменных углей и антрацита. — Там же, 1862, № 11, с. 209—252; *Иванов Н. А.* О теплопроизводительной способности горючих материалов: Памятная книжка для русских горных людей. СПб., 1863. 496 с.; *Иванов Н. А.* Отчет о занятиях лаборатории Горного департамента за 1861 и 1862 годы. — Горн. журн., 1863, № 11, с. 215—240.

«Результаты химических исследований уральского хромистого железняка не только дают понятие о составе этого ископаемого,— писал Н. А. Иванов,— но вместе с тем указывают, что, независимо от других минеральных богатств, обширный наш Уральский хребет включает в себе благонадежные запасы такой хромовой руды, которая по своим качествам не уступает лучшему хромистому железню, добываемому в Америке и других странах, составляя там весьма важный предмет торговли и технической промышленности»<sup>45</sup>.

А. А. Воскресенский также исследовал несколько сортов донецких углей и отметил их высокое качество и разнообразие свойств.

В 1830-х годах в России возникает и начинает быстро развиваться стеариново-олеиновое и свечное производство. А. И. Ходневу и И. П. Илимову принадлежат создание новой технологии переработки жиров и организация промышленного производства свечей в России.

В 1837 г. было организовано Московское общество по выработке стеариновых свечей. В его состав вошел профессор химии Московского университета Р. Г. Гейман. Вскоре он стал директором Московского завода по производству стеариновых свечей. Это был не единственный случай, когда ученый становился во главе промышленного предприятия<sup>46</sup>. В 1850 г. И. П. Илимов приобрел Невский серноокислотный завод, усовершенствовал его, палатив выпуск соляной кислоты, глауберовой соли. В лаборатории своего завода Илимов разрабатывал новые методы производства стеарина и других продуктов переработки жиров<sup>47</sup>.

В 1853 г. И. П. Илимову была выдана Привилегия на новую систему стеариново-олеинового, свечного и мыловаренного производ-

*Иванов Н. О химическом составе хромистого железняка, добываемого в Уральских горах.— Сборник издан имп. С.-Петербургским минералогическим обществом в память свершившегося пятидесятилетия его существования, 7-го января 1867 года. СПб., 1867, с. 177—178.*

<sup>45</sup> Так, в 1853 г. академик Ю. Ф. Фришле возглавлял компанию, строившую завод близ г. Боровичи (бывш. Новгородской губернии) для переработки серного колчедана с целью извлечения серы, необходимой для производства серной кислоты. В 1854 г. Фришле выбирается директором Петербургского общества заводской обработки животных продуктов. В 1860 г. в состав директоров этого общества были избраны академик Н. Н. Зинин и профессор А. И. Ходнев. Н. Н. Зинин, П. А. Ильенков и А. И. Ходнев входили в состав Мануфактурного совета Министерства финансов и принимали активное участие в составлении различных экспертиз (см., например: [Ходнев А. И.] Отзыв Ал. Ив. Ходнева о сочинении г. Энгельгардта: «Новый способ приготовления костяного удобрения» (Рукопись).— Тридцать четвертое, и последнее, присуждение учрежденных П. Н. Демидовым наград 25 июня 1865 г. СПб., 1866, с. 223—228).

<sup>47</sup> См.: *Ключевич А. С.* Из истории стеариново-олеинового и свечного производства в России: Работы И. П. Илимова.— Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 338; *Ключевич А. С.* Из истории материальной культуры и народного хозяйства России: Моющие средства, переработка жиров с древнейших времен по 1917 г. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1974. 406 с.

ва. По методу Илимova на Гутуевском заводе в Петербурге перерабатывалось 600 пудов сала в сутки.

В 1865 г. П. А. Ильенков разработал способ получения фосфорных удобрений из костей обработкой их растворами едких щелочей<sup>48</sup>. Способ этот был усовершенствован А. Н. Энгельгардтом и получил широкое применение и в России, и за границей.

## ПРЕПОДАВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Исследования по технической химии нуждались в пропаганде и популяризации химико-технических сведений среди тех, кто финансировал и практически использовал на заводах и фабриках научные открытия и изобретения. В 1845 г. в структуру русских университетов вводится камеральное отделение, призванное готовить практических деятелей для русских фабрик и мануфактур, а также чиновников для министерств финансов и государственного имущества. На камеральном отделении студентам читали политическую экономию, статистику, государственное, финансовое, уголовное право, русскую историю, механику, физику, технологию, химию, минералогию, ботанику.

За 1840—1850-е годы было подготовлено большое число «камералистов». Многие из них стали видными практическими деятелями и профессорами университетов.

В 1835 г. Г. И. Гесс ставил вопрос об издании в России политехнического журнала<sup>49</sup>, в котором намерен был освещать следующие вопросы:

«I. Краткие известия (сколь возможно доступные для всякого) об открытиях по наукам физико-математическим, по химии и естественной истории.

II. Описание новых открытий по всем отраслям технологии с объяснением надлежащими чертежами.

III. Всякие полезные и новые сведения по экономии мануфактур и промышленности, как то: предприятия, планы, действия, успехи и отчеты важнейших компаний во всех частях света, по разным предметам.

<sup>48</sup> 18 апреля 1865 г. П. А. Ильенков в Петербургском университете защитил докторскую диссертацию «Исследование о возможности употребить молочную кислоту для извлечения углекислой извести из костяного угля» (СПб., 1865). Оппонентами выступили А. А. Воскресенский, Н. Н. Соколов и Д. И. Менделеев. Защита прошла успешно, но критические замечания, сделанные Д. И. Менделеевым, вызвали оживленную дискуссию на страницах «С.-Петербургских ведомостей» между А. Н. Энгельгардтом и Д. И. Менделеевым.

<sup>49</sup> ЦГИАЛ, ф. 722, оп. 1, № 839, л. 2. Как показывают архивные документы, Г. И. Гесс 29 января 1836 г. получил высочайшее разрешение на издание политехнического журнала, но по неизвестным нам причинам журнал этот, к сожалению, не увидел свет.

IV. Статистические сведения о торговой промышленности обрабатывающих пародов.

V. Известия о замечательных отечественных произведениях, ученых, коммерческих, мануфактурных и ремесленных».

По университетским уставам 1835 и 1842 гг. в число предметов, преподаваемых в университетах на II отделении философского факультета (физико-математическое отделение), входила технология<sup>50</sup>.

### МОСКОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В Московском университете, раньше, чем в других университетах России, было обращено внимание на преподавание и популяризацию химико-технологических знаний. Начиная с И. А. Двигубского<sup>51</sup> и Ф. А. Денисова, преподававшего в 1820-х годах в Университете техническую химию<sup>52</sup>, задача внедрения химии в промышленность особенно ярко формулировалась в лекциях и речах профессора Московского университета Родиона Григорьевича Геймана (1802—1865).

В 1836 г. Р. Г. Гейман начал в Москве чтение бесплатных публичных лекций по технической химии, которые продолжались до 1854 г. Эти лекции пользовались большой популярностью среди московских промышленников. Заводчики, фабриканты и любители наук ежегодно посещали лекции Геймана в «возрастающем числе: на первом курсе в 1836 г. было не более 50 посетителей, а на последующих около 500»<sup>53</sup>.

Основной тезис Р. Г. Геймана: «...приобретение общих сведений, основанных на началах науки, необходимо для каждого фабриканта»<sup>54</sup> — красной нитью проходит через все его лекции.

В 1826 г., а затем в 1833 г. Р. Г. Гейман представлял проект новой химической лаборатории, подробный список необходимых «прирядов» и химических материалов. Согласно этому проекту, в 1834 г. было построено здание новой химической лаборатории Московского университета. В 1840 г., во вступительной лекции по химической химии, Гейман сказал, что химическая лаборатория Мо-

Уставом 1863 г. преподавание технологии было заменено преподаванием технической химии.

См.: Двигубский И. А. Начальные основания технологии, или краткое изображение работ, на заводах и фабриках производимых. Ч. 1/2. М., 1807—1808.

См.: Денисов Ф. А. Речь о влиянии химии на успехи мануфактурной промышленности, произнесенная в торжественном собрании Московского университета июля 4 дня 1822 года. М., 1822, 16 с.

Число это, по-видимому, завышено: аудитория новой химической лаборатории Московского университета, где читались лекции, вмещала около 250 человек (см.: Биографический словарь профессоров и преподавателей Московского университета. М., 1855, ч. 1, с. 181).

Гейман Р. Вступительная лекция курса технической химии для московских фабрикантов, читанная 16 ноября 1836 года. М., 1836, с. 23.

сковского университета «едва имеет равную в Европе по удобности и обширности»<sup>55</sup>.

Курс общей химии и аналитической химии, который Р. Г. Гейман читал студентам физико-математического факультета Московского университета<sup>56</sup>, был построен с практическим уклоном. «Собораясь с местными требованиями Московского университета, центрального в России, и с современным утилитарным направлением науки (курсив наш.— Ю. С.), на которое в Москве как средоточии отечественной мануфактурной промышленности подлежало обратить особенное внимание, проф. Гейман нашел нужным отступить от обыкновенного способа распределения преподаваемой им науки. Стремясь по возможности соединить стройное, логично-систематическое распределение с практической стороной науки, в ее различных приложениях к мануфактурной производительности, проф. Гейман составил в этом смысле распределение химии, изложенное им в программе по его кафедре и утвержденное физико-математическим факультетом»<sup>57</sup>.

На своих лекциях Р. Г. Гейман подробно рассказывал о промышленных методах получения серной и азотной кислот, поташа, квасцов, селитры, хлорной извести. Он рассматривал способы белилины пряжи, шелка, шерсти, технологические операции стеклянных, крахмальных, паточных и других производств. В 1845—1849 гг. Гейман издал пять выпусков «Чтения общей химии, приложенной к фабричному и заводскому делу». Ему принадлежит ряд интересных статей и обзоров<sup>58</sup>, написанных специально для «отечественных химических заводчиков».

## КАЗАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В 1850—1857 гг. кафедру технологии в Казанском университете занимал Модест Яковлевич Киттары (1824—1880)<sup>59</sup>. В своих лекциях он не раз отмечал, что причина слабого развития русской промышленности заключается в недостатке знаний, прежде всего в среде самих «господ заводчиков и фабрикантов». XIX век, по словам Киттары, отметил себя в общей истории человечества «электрическими телеграфами, пароходами и железными дорогами, громадными

<sup>55</sup> Гейман Р. Вступительная лекция 4-го курса технической химии для московских фабрикантов. Читана 29 ноября 1840 года. М., 1840, с. 17.

<sup>56</sup> В качестве основного руководства Р. Г. Гейман рекомендовал «Основания чистой химии» Г. И. Гесса.

<sup>57</sup> Цит. по ст.: Марковников В. В. Исторический очерк химии в Московском университете.— В кн.: Ломоносовский сборник: Материалы для истории развития химии в России. М., 1901, с. 66.

<sup>58</sup> См.: Гейман Р. Мнение о химических фабриках и заводах.— В кн.: Обзорные мануфактурной промышленности. СПб., 1843; Письмо проф. Геймана к отечественным химическим заводчикам. М., 1854.

<sup>59</sup> См.: Мусабеков Ю. С. Профессор химической технологии М. Я. Киттары.— Тр. по истории техники, 1954, вып. 10, с. 57—67.

ми фабриками и заводами, всемирною самою деятельною торговлею, всеобщим практическим направлением»<sup>60</sup>.

Эти слова прозвучали 9 июня 1857 г. в программной речи М. Я. Киттары «Очерк современного положения и нужд русской мануфактурной промышленности» в Казани. В ней он проанализировал состояние в России кустарного крестьянского производства, ремесленного дела и фабрик в городах. Ученый доказал, что страна не может нормально существовать и развиваться производством одного только сырья, что фабрики нужны России не только для удовлетворения нужд населения в промышленных товарах (независимо от происхождения из-за границы), но и для увеличения заработка крестьян, не занятых зимой. Ученый приходил к мысли, что «заводско-фабричная промышленность имеет более благодетельное влияние на народное благосостояние, чем сельскоремесленная»<sup>61</sup>. Автор отмечал низкий уровень производства, вытекающий из недостатка технических знаний. Обучение и образование, в особенности специальное техническое, является самым верным средством поднятия русской промышленности. Это обучение «одинаково необходимо хозяевам фабрик, их мастерам, ремесленникам и крестьянам». В то время химикотехнологов готовили только два высших технических учебных заведения (Петербургский технологический институт и Московское ремесленное училище, ныне Московское высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана). Конечно, этих двух учреждений для обширной России было мало.

Публичные лекции М. Я. Киттары<sup>62</sup>, рассчитанные в основном на работников промышленности, привлекали много слушателей. Киттары состоял консультантом на двух самых крупных в то время казенных химических заводах (Крестовниковых и Алафузова). По его проекту Крестовников в 1855 г. начал строить в Казани крупный завод стеариновых свечей. Заслуживает внимания здесь тот факт, что московские фабриканты в 1851 г. хотадайствовали о переводе Киттары в Московский университет. Они соглашались ежегодно вносить 1572 руб. на преподавание технологии и внести единовременное пособие 3000 руб. на создание лаборатории технологии при Университете.

В 1857 г. М. Я. Киттары переехал в Москву, где вначале возглавил кафедру, а с 1859 г. и технологическую лабораторию Московского университета, открытую в этом году.

По новому уставу 1863 г. в университетах России утверждаются кафедры технической химии с кабинетом, лабораторией и ежегод-

<sup>60</sup> Очерк современного положения и нужд русской мануфактурной промышленности: Речь, произнесенная в торжественном собрании имп. Казанского университета ординарным профессором Модестом Киттары 9 июня 1857 года. М., 1857, с. 5.

<sup>61</sup> Там же, с. 40.

<sup>62</sup> Киттары М. Я. Публичные лекции технологии, читанные в Казанском университете в 1851—1852 году. Казань, 1852. 60 с.

ными расходами в 1000 руб. на их содержание<sup>63</sup>. С этого момента возглавляемая М. Я. Киттары кафедра была переименована в кафедру технической химии, а технологическая лаборатория — в техническую. Через несколько лет (1867) по инициативе Киттары кабинеты технологический, практической механики и сельскохозяйственный были объединены и превращены в Промышленный музей, где преследовалась такая же задача, которая в более крупном масштабе позже была осуществлена в Политехническом музее. В Промышленном музее читались публичные лекции. В 1868 г. Киттары прочитал здесь двенадцать бесплатных лекций на различные темы: об аммиаке, искусственном льде, о серебрении зеркал, о цинке и цинковой посуде, о шерсти, строении зерен злаков, пробе муки, о пиве, газовых горелках и т. д.

Одновременно с деятельностью в Московском университете М. Я. Киттары преподавал химическую технологию и аналитическую химию в Московском ремесленном училище. В это же время Общество любителей коммерческих знаний избирает его инспектором открытой в начале XIX в. Московской практической академии коммерческих наук. Эта академия готовила кадры для различных отраслей промышленности, в том числе и для химической. В Академии преподавались такие предметы, как механическая технология, химическая технология, техническая химия, товароведение. До 1857 г. все эти предметы в Академии были представлены очень скромно. Но с приходом Киттары положение резко изменилось: он стал проводить принцип, по которому изучение технологии и товароведения стало базироваться на изучении физики, химии и других естественных наук. При Академии Киттары построил и оборудовал химико-техническую лабораторию.

В 1868—1881 гг. под редакцией М. Я. Киттары вышло 33 выпуска руководства Муспратта «Теоретическая, практическая и аналитическая химии в приложении к искусствам и промышленности».

#### ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В 1830-е годы в Петербургском университете профессор М. Ф. Соловьев вел «курс химии с кратким применением к технологии».

С 1843 г. к университетскому курсу химии А. А. Воскресенский присоединил курс технологии. «Технология, — говорил ученый, — ... должна говорить только о способах и процессах, помощи которых из грубых естественных произведений получают другие вещества, более или менее важные в хозяйственном отношении»<sup>64</sup>.

<sup>63</sup> По университетскому уставу 1884 г. дисциплина «техническая химия» была переименована в «технологию и техническую химию».

<sup>64</sup> Цит. по ст.: *Фигуровский Н. А., Елагина К. П.* Александр Абрамович Воскресенский. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1958, т. 18, с. 225.

В 1842—1849 гг. курс технической химии в Петербургском технологическом институте читал Н. И. Витт, автор двухтомного труда «Промышленная химия»<sup>65</sup>.

В 1855—1856 гг. А. И. Ходнев издал в Петербурге в двух частях «Курс технической химии», получивший положительную оценку как полезное руководство и для химиков, и для технологов. В этом курсе автор отметил, что «применение новых открытых и прежних знаний в области естественных наук к материальным выгодам общества составляет господствующее направление современной нам ученой деятельности естествоиспытателей»<sup>66</sup>.

Говоря о целях и задачах «технической химии», А. И. Ходнев писал: «Химия, примененная к ремеслам и к искусствам, или техническая химия, должна положить из общей химии только те предметы, которые необходимы для того, чтобы понимать химическую часть какого-нибудь производства, чтобы фабрикант опирался во всех своих действиях на знания химических и физических свойств веществ, с которыми он имеет дело... Задача ее должна состоять в том, чтобы сделать понятными в производстве химические процессы»<sup>67</sup>.

Вторая часть «Курса технической химии» посвящена органической химии. «Я желал,— писал автор,— хотя сколько-нибудь пополнить недостаток в нашей литературе целого и совершенного курса органической химии»<sup>68</sup>. Представляют интерес следующие положения, высказанные в этой книге: «Химические свойства тел тесно связаны с их свойствами физическими, сила химического сродства обуславливается силами физическими»<sup>69</sup>, поэтому, «пока в область химии не будет внесена высшая математика, до тех пор все наши системы будут более или менее шатки и изменчивы»<sup>70</sup>.

Яркой фигурой среди русских химиков-технологов 1850-х годов был П. А. Ильенков<sup>71</sup>. В 1845 г. адъюнкт Ильенков начал читать

<sup>65</sup> Витт Н. И. Промышленная химия: Публичные беседы о важнейших химических производствах, происходившие в зале имп. Вольного экономического общества. СПб., ч. 1, 1847. VI+332 с.; ч. 2, 1848. 556 с.

<sup>66</sup> Ходнев А. Курс технической химии. Часть неорганическая. СПб., 1855, с. 1.

<sup>67</sup> Там же, с. 6—7.

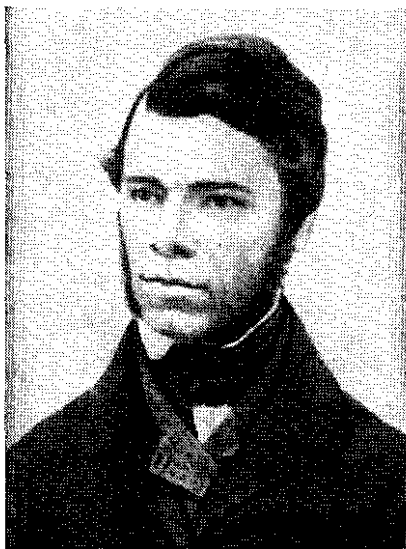
<sup>68</sup> Там же, с. VII.

<sup>69</sup> Там же, с. V.

<sup>70</sup> Ходнев А. Курс технической химии. Часть органическая. СПб., 1856, с. VII.

<sup>71</sup> Павел Антонович Ильенков (1819—1877), окончил курс Нижегородской гимназии, в 1839 г. поступил в Петербургский университет на математический разряд физико-математического факультета, но через два года перешел на только что открытое «реальное» отделение того же факультета, где преподавались различные технические науки (прикладная механика, строительное искусство, техническая химия, технология, а также техническое черчение и рисование). Техническую химию читал А. А. Воскресенский. По окончании курса Ильенков был командирован на два года за границу для усовершенствования в технической химии и технологии; слушал лекции Э. Мичерлиха, Генриха Розе, Г. Магнуса, Густава Розе (технология) — в Берлине, Ж.-Б. Дюма, М. Шевреля, Т. Пелуза — в Париже; работал у Ю. Либиха. В 1847 г. Ильенков стал первым в России магистром по





Павел Антонович  
Ильенков

курс технологии в Петербургском университете. Его учитель А. А. Воскресенский предложил ему прочитать пробную лекцию на тему «Общее обозрение технологии, настоящая степень ее развития, ее соотношение со вспомогательными науками и цель технологических исследований».

В 1851 г. П. А. Ильенков издал капитальный труд «Курс химической технологии»<sup>72</sup>, который открывается такими словами: «Быстрое развитие человеческого общества в последние 100 лет, сравнительно с движением его в предыдущих столетиях, составляет неоспоримое фактическое доказательство благотворного влияния науки на общежитие.

Две отрасли умственной деятельности преимущественно способствуют успехам промышленно-

сти: философия в применении к изучению значения труда для общества... или политическая экономия, и естествознание как наука о материале, над которым совершается деятельность человека (...) Успехи промышленности зависят от степени развития наших знаний о материальном мире»<sup>73</sup>.

В «Курсе...» П. А. Ильенкова (1086 стр.) опубликован 291 рисунок, 27 листов чертежей; дано подробное описание различных химических аппаратов. В 1852 г. Ильенкову как автору «Курса химической технологии» была присуждена Демидовская премия<sup>74</sup>. Через десять лет возникла необходимость второго издания этого труда. За это время «наука, проникнув во все отрасли промышленности, расширила их пределы, упростила, облегчила и усовершенствовала их

химической технологии. В 1849 г. при кафедре технической химии и технологии была устроена отдельная лаборатория, где начались занятия студентов. Кафедрой технической химии Ильенков руководил до мая 1855 г.

См.: Тимирязев К. А. П. А. Ильенков. — ЖРФХО, 1878, т. 10, вып. 1, с. 19—31; Лукьянов П. М. П. А. Ильенков — выдающийся русский химик-технолог. — Тр. по истории техники, 1954, вып. 10, с. 29—56.

<sup>72</sup> См.: Лукьянов П. М. П. А. Ильенков: К столетию «Курса химической технологии». — Успехи химии, 1954, т. 20, вып. 6, с. 784—788.

<sup>73</sup> Ильенков П. А. Курс химической технологии. СПб., 1851, с. II.

<sup>74</sup> См.: Ленц Э., Якоби В., Фрицше Ю. Разбор сочинения г-на профессора П. Ильенкова под заглавием «Курс химической технологии» (СПб., 1851). — Двадцать первое присуждение учрежденных П. Н. Демидовым наград 17 апреля 1852 г. СПб., 1852, с. 81—85.

производства; к прежним отраслям промышленности присоединились новые; эмпиризм, прежде преобладавший в технике, стал исчезать все более и более перед научным разъяснением способов работы; одним словом — технология приняла совсем новый вид, а вместе с тем сделав более и более ощутительным новое издание курса химической технологии»<sup>75</sup>.

Значительно измененный и дополненный профессором Е. Андреевым «Курс химической технологии» П. А. Ильенкова в 1861—1862 гг. вышел вторым изданием в двух томах. Он был также удостоен Демидовской премии<sup>76</sup>.

\*

Перед нами прошла разнообразная деятельность русских химиков первой половины XIX в. Что же было наиболее характерным в этой деятельности?

1810—1830-е годы ознаменовались просветительской деятельностью русских ученых. Их основные помыслы были направлены на ознакомление с успехами новых химических теорий, прежде всего кислородной теории Лавуазье, атомистической теории Дальтона, и со стехиометрическими законами.

1830—1850-е годы характеризуются деятельностью русских химиков, направленной на развитие отечественной промышленности, на популяризацию химико-технологических знаний.

Звлечение технической химией, ее прикладными вопросами, при отсутствии оригинальных разработок фундаментальных проблем науки, не могло привести к желаемой цели. Противоречия между практическими запросами и их реализацией лицами, которые не были подготовлены для научного решения технологических задач, хорошо усмотрел Д. И. Менделеев — тогда 22-летний магистр химии. Вот что он думал и писал в 1856 г.: «Естественно желать, чтобы в России развивалась промышленность, чтобы наши естественные богатства нашли себе обработку. Все такого мнения, и все желают видеть русских технологов, русских фабрикантов машин, хороших сельских хозяев. И не только желают, — нет — учатся технологии, сельскому хозяйству, переводят книги, делают все возможные благородные усилия. А дело движется плохо. Оттого так плохо оно, что практическою, прикладною наука ставится целью всего, оттого, что думают довольствоваться азбукою естественных наук»<sup>77</sup>.

<sup>75</sup> Отчет о тридцати втором присуждении Демидовских наград, читанный Веселовским. — В кн.: Тридцать второе присуждение учрежденных П. Н. Демидовым наград. 5 июня 1863 г. СПб., 1863, с. 17.

<sup>76</sup> [Фрицше Ю. Ф., Зинин Н. Н.] Отзыв академиков Ю. Ф. Фрицше и Н. Н. Зинина об изданном Г. Андреевым «Курсе химической технологии профессора Ильенкова» (т. 1/2, СПб., 1861—1862). — Там же, с. 69—71.

<sup>77</sup> Менделеев Д. И. Собрание немецких естествоиспытателей в 1856 году. — Вспр. истории естествознания и техники, 1962, вып. 12, с. 175—176.

Успех всех технических наук в России, по мнению Д. И. Менделеева, будет тогда, когда «разовьются, когда будут с любовью изучаться сами для себя и естественные науки... Будут теоретики — они же будут или сами практиками, или руководителями практиков»<sup>78</sup>.

## *Глава 7*

---

# НАЧАЛО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ХИМИИ

Было бы неверно думать, что в 1840-е и последующие годы химии в России занимались только решением прикладных вопросов, что их интересы полностью поглощала техническая химия.

В начале 1840-х годов в научной деятельности русских химиков наметился крутой перелом. Эти годы были озаглавлены появлением в России первых фундаментальных химических исследований по физической, неорганической и органической химии.

## ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Г. И. ГЕССА

В течение длительного времени (почти 20 лет) Г. И. Гесс работал в академической химической лаборатории, открытой 10 февраля 1830 г. Здесь он читал публичные лекции по химии и выполнил свои классические термохимические исследования.

«Небезынтересно выяснить, что привлекло внимание Гесса к термохимии — новому для него кругу идей и фактов. Безусловно, этот шаг ученого явился плодом долгих раздумий, цель которых была найти новые пути изучения химического сродства и строения химических соединений»<sup>1</sup>. Можно высказать предположение, что первоначально к термохимическим исследованиям Г. И. Гесса побудили его интересы к технической химии. Действительно, «Заметка о применении горячего воздуха для питания домашних печей», доложенная им на заседании Академии наук 15 апреля 1836 г., как явствует из ее названия, подтверждает эту точку зрения. Но мы ду-

---

<sup>78</sup> Там же, с. 176.

<sup>1</sup> Капустинский А. Ф. Герман Иванович Гесс и его роль в создании и развитии термохимии. — В кн.: Гесс Г. И. Термохимические исследования. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 168 (Классики науки).

мием, что главная цель термохимических исследований Гесса — решить фундаментальную проблему химии — проблему химического сродства.

«...среди явлений, сопровождающих всякое химическое соединение, — писал Г. И. Гесс, — имеется одно, весьма существенное, которое не было достаточно изучено, — именно, выделение тепла. Я уже несколько раз возвращался к этому вопросу, что видно из доклада, прочитанного мною в Академии в 1831 г. Однако только в 1839 г., после более продолжительных размышлений, мне пришлось в голову, что как раз явления, мало бросающиеся в глаза, могут быть наиболее поучительными. После некоторых поисков я остановился на измерении количеств теплоты, выделяемых при соединении серной кислоты с водой в различных пропорциях»<sup>2</sup>.

Экспериментальные работы по термохимии Г. И. Гесс начал в январе 1834 г., когда по его заданию в Инструментальной палате Академии, которой руководил Теодор Гиргенсон<sup>3</sup>, для Гесса был изготовлен калориметр Лавуазье. В письме к Я. Берцелиусу от 12 мая 1834 г. он писал: «Этой зимой я произвел несколько опытов, которые, надеюсь, Вас заинтересуют... Я пользовался ледяным калориметром и получил результаты, из которых, по-видимому, следует, что количество теплоты изменяется для одного и того же вещества в зависимости от интенсивности реакции»<sup>4</sup>.

Еще в 1830 г. французский физико-химик П. Дюлонг<sup>5</sup> опубликовал работу, в которой привел данные по определению теплоты сгорания большого количества соединений. Автор разбирает имевшиеся в то время воззрения о кратности теплот сгорания различных соединений при поглощении равных количеств кислорода и высказывает такую мысль: «... количества тепла, выделяемые при сжигании различных веществ, находятся между собой в постоянных соотношениях, подобно атомным весам самих веществ»<sup>6</sup>. Эта идея вела к объединению термохимических исследований с атомистической теорией. Открыть закон кратных тепловых отношений, т. е. повторить открытие Дальтона в новой области химии, было весьма заманчиво. Гесс предвидел, какие последствия ожидают химию, если удастся доказать существование такого закона.

21 марта 1839 г. Г. И. Гесс писал Я. Берцелиусу: «Я жду многого от этого открытия и полагаю, что оно создаст новую область

Гесс Г. И. Указ. соч., с. 109.

См.: Ченкал В. Л. Теодор Гиргенсон — петербургский мастер научных инструментов первой половины XIX века. — В кн.: Из истории естествознания и техники Прибалтики. Рига: Зинатне, 1972, т. 4, с. 50.

Архив Берцелиуса (письма). Стокгольм.

Ньер Луи Дюлонг (1785—1838). Французский физико-химик, профессор физики Политехнической школы. В 1837 г. Г. И. Гесс встретился с Дюлонгом в Париже. Они выдвинули ряд интересных термохимических положений для совместной разработки. К сожалению, смерть Дюлонга помешала осуществить намеченную программу.

Цит. по: Гесс Г. И. Указ. соч., с. 8.

химии». Эта идея легла в основу его программы исследований по термохимии. В 1840 г. в пятом издании «Оснований чистой химии» Гесс обосновывает эту идею следующим образом. Он пишет, что ему «удалось открыть, что когда 1 атом одного тела соединяется с 1, 2, 3 атомами другого тела, то и количества отделяющегося тепла выражаются кратными числами. Первый атом отделяет наибольшее количество теплотворы, второй меньше, третий еще меньше»<sup>7</sup>. Опыты с серной кислотой оказали здесь решающее влияние.

Г. И. Гесс обратил внимание, что чем больше серная кислота содержит воды, тем менее она нагревается от прибавления новой порции воды. Он установил, что «серная кислота соединяется с  $H_2O$  в нескольких пропорциях», и на этом основании формулирует общий вывод, «что когда тела соединяются в кратных отношениях, количества отделяющегося теплотворы находятся между собою также в простом и кратном отношении...»<sup>8</sup>.

Распространить атомистические представления на термохимические явления и открыть закон кратных тепловых отношений Г. И. Гессу не удалось, ибо ложной оказалась исходная предпосылка. Непокоримо веря основателю химической атомистики, Гесс оказался в плену ошибочного утверждения Дж. Дальтона, что каждый атом окружен теплотворной оболочкой<sup>9</sup>. В исходной идее, таким образом, ошибался не Гесс, а Дальтон. И если ученые 1840—1850-х годов отказались от этой ошибочной точки зрения Дальтона, то в этом основная заслуга Гесса. Он так долго доказывал недоказуемое, что стало совершенно ясно, что атомы не окружены теплотворной оболочкой. Такой вывод внес ясность в атомистические представления и убрал непужные барьеры с пути познания поведения и строения атома.

Мы видим, что Г. И. Гесс стремился обосновать термохимию как самостоятельную науку со своими законами и методами исследования. Вся его деятельность как термохимика была направлена на выполнение именно этой программы.

### «ВЫДЕЛЯЕМОЕ ТЕПЛО ЕСТЬ МЕРА СРОДСТВА»

В 1831 г. в первом издании своего учебника «Основания чистой химии» Г. И. Гесс писал: «Можно полагать, что чем сильнее взаимное сродство, тем более и тепла отделяется»<sup>10</sup>. Однако до начала собственных термохимических исследований эта мысль не получает у Гесса развития.

<sup>7</sup> Гесс Г. И. Основания чистой химии. 5-е изд. СПб., 1840, с. 20.

<sup>8</sup> Гесс Г. И. Основания чистой химии. 7-е изд. СПб., 1849, с. 588—589.

<sup>9</sup> Дж. Дальтон считал, что атомы «должны быть фактически круглыми или почти таковыми вследствие окружающего их большого количества тепла» (см.: Дальтон Дж. Сборник избранных работ по атомистике. 1802—1810/Пер. с англ., ред. и примеч. Б. М. Кедрова. М.: Госхимиздат, 1940, с. 94).

<sup>10</sup> Гесс Г. И. Основания чистой химии. СПб., 1831, ч. 1, с. 29.

В 1839 г., после продолжительных размышлений, «мне пришло в голову,— вспоминал Г. И. Гесс,— что ...атом, удерживаемый с наибольшей силой, есть именно тот, который выделяет наибольшее количество тепла. Это подкрепило мое мнение, что количество выделяющейся теплоты может служить мерой степени сродства»<sup>11</sup>.

«... я всегда рассматривал выделяющееся тепло как меру химического сродства,— писал Г. И. Гесс в письме к Ф. Араго 26 ноября 1840 г.—...Если мы хотим добиться открытия законов сродства, нужно не только иметь возможность сравнивать, но измерять достаточно точно его действия»<sup>12</sup>.

Г. И. Гесс был глубоко уверен в том, что точные измерения количеств тепла дадут относительную меру сродства и приведут к раскрытию его законов. В письме к Я. Берцелиусу от 28 декабря 1840 г. он писал: «... У меня уже нет никаких сомнений по поводу основного вопроса: выделяемое тепло есть мера сродства. Это сообщает всей химии иной характер; может быть, мне выпадет на долю счастье — открыть общий закон сродства, но во всяком случае я уверен в том, что приготовил путь к этому открытию. Моя цель — показать ученому миру, какого множества работ требует эта новая точка зрения, и тем самым побудить возможно большее число работников принять участие в разработке термохимии»<sup>13</sup>.

Мысль Г. И. Гесса об измерении силы сродства через определение теплового эффекта процесса оказалась весьма плодотворной и своевременной.

Важность этого теоретического положения очевидна. В химию вошла точная, выражаемая в определенных единицах энергии — калориях<sup>14</sup>, мера химического сродства, позволяющая предвидеть, хотя и с известными ограничениями, направление химических реакций.

Высказанное Г. И. Гессом обобщение свидетельствует и о том, что он подошел близко к совершенно правильному представлению о термодинамике как о законе не только сохранения, но также и превращения энергии, поскольку нельзя говорить об измерении сил сродства выделяемой в процессе теплотой, не подразумевая тем самым их превращения в теплоту.

«Мы пока почти ничего не знаем о природе химического сродства,— писал Г. И. Гесс.— Однако если нам будет дозволено сделать заключение из всех относящихся сюда фактов, то мы скажем, что во всяком случае это сродство действует не в одинаковой степени между всеми веществами»<sup>15</sup>. Это был совершенно правильный вывод, который подтвердился последующим развитием химии.

<sup>11</sup> Гесс Г. И. Термохимические исследования, с. 109.

<sup>12</sup> Там же, с. 132.

<sup>13</sup> Архив Берцелиуса (письма). Стокгольм.

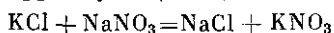
<sup>14</sup> В 1853 г. П. Фавр ввел название «калория» как единицу теплоты.

<sup>15</sup> Гесс Г. И. Термохимические исследования, с. 61.

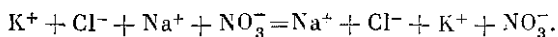
## ЗАКОН ТЕРМОНЕЙТРАЛЬНОСТИ

1840 год вошел в историю термохимии как год открытия основных термохимических законов. Именно в этом году Г. И. Гесс установил, что если приготовить «два раствора нейтральных солей, имеющих одинаковую температуру и образующих при обменном разложении две новые соли, то температура их смеси не изменится; в других случаях изменение температуры едва заметно, так что эти нейтральные растворы, смешиваясь друг с другом, оказываются *термонеutralными*»<sup>16</sup>. Так был сформулирован закон термонеutralности, о котором Гесс сообщил в письме к Ф. Араго 26 ноября 1840 г.<sup>17</sup>

Закон Гесса о термонеutralности растворов солей нашел объяснение только в рамках теории электролитической диссоциации С. Аррениуса (1887). Согласно этой теории, например, для реакции



тепловой эффект равен или же близок нулю. Нетрудно видеть, почему этот закон Гесса явился мощной поддержкой теории электролитической диссоциации Аррениуса: он доказывает, что поппые соли диссоциированы в растворе и что при их смешении не меняется состав, а потому и нет никаких тепловых изменений в системе



## ЗАКОН ПОСТОЯНСТВА СУММ ТЕПЛА

В 1840 г. Г. И. Гесс сформулировал фундаментальный закон термохимии — закон постоянства сумм тепла: «При образовании соединения количество выделившегося тепла постоянно и не зависит от того, образуется ли это соединение непосредственно или же косвенным путем, и в несколько приемов»<sup>18</sup>. Гесс полностью оценил значение этого закона и не колебался в практическом применении его. Лучшей иллюстрацией этого является его письмо к Ф. Араго 1840 г.<sup>19</sup>, которое он закончил следующими словами: «Когда мы будем точнее знать те количества теплоты, которые выделяются при взаимодействии нескольких элементов, тогда количество теплоты, выделяющееся при сгорании органического вещества, будет важным фактором, который приведет нас к более глубокому познанию строения этого вещества. Я совершенно убежден, что мы будем

<sup>16</sup> Там же, с. 46.

<sup>17</sup> Hess H. Lettre à M. Arago sur la thermoneutralité.— Compt. rend., 1840, t. 11, p. 978—983; см. также: Гесс Г. И. Термохимические исследования, с. 129—134.

<sup>18</sup> Гесс Г. И. Термохимические исследования, с. 124.

<sup>19</sup> Hess H. Recherches sur les quantités de chaleur dégagées dans la combinaison chimique, lettre à M. Arago.— Compt. rend., 1840, t. 10, p. 759—763; см. также: Гесс Г. И. Термохимические исследования, с. 122—128.

иметь правильные представления о сущности химических явлений только тогда, когда нам удастся отразить в наших формулах соотношения количеств тепла, как мы даем сейчас относительные числа для весовых атомов. Термохимия, во всяком случае, обещает нам снять покров тайны с законов химического сродства, до сих пор не разгаданных»<sup>20</sup>.

Г. И. Гесс предвидел тот прогресс, который ожидает термохимию благодаря тому, что стало возможным определять косвенным путем тепловые эффекты химических процессов. Как мы увидим далее, пользоваться законом постоянства сумм тепла химикам приходилось постоянно, особенно в случае реакций органических соединений.

«В столь сложном вопросе», как, например, строение солей, нужно,— по мнению Г. И. Гесса,— все время сомневаться в собственных своих суждениях, а поэтому такая проверка, основанная полностью на *принципе постоянства сумм тепла*, становится весьма ценной»<sup>21</sup>.

Свои исследования по обоснованию закона постоянства сумм тепла Г. И. Гесс закончил в 1842 г., в тот самый год, когда Р. Майер сформулировал закон сохранения энергии. В 1847 г. Г. Гельмгольц показал, что закон Гесса выражает принцип сохранения энергии применительно к химическим процессам<sup>22</sup>.

### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ТЕРМОХИМИИ ПО ГЕССУ

Выше мы рассмотрели теоретические фундаментальные аспекты программы термохимических исследований Г. И. Гесса. Какие же химические задачи ставил Гесс перед термохимией? Прежде всего необходимость изучения строения химических соединений<sup>23</sup>. В 1845 г., в первом издании своего учебника, Гесс писал: «Если будущность оправдает мнение, что количество отделяющейся теплоты есть мера сродства, чему поныне не известно еще ни одного исключения, то измерение количеств отделяющейся теплоты есть путь, который поведет к обоснованию истинной теории химических соединений»<sup>24</sup>.

Вопрос о строении таких солей, как  $K_2SO_4$ , привлек в то время к себе внимание многих ученых. Г. Дэви и П. Дюлонг первыми высказали мнение, что соль  $K_2SO_4$  надо рассматривать не как  $KO \cdot SO_3$ ,

<sup>20</sup> Гесс Г. И. Термохимические исследования, с. 128.

<sup>21</sup> Там же, с. 102.

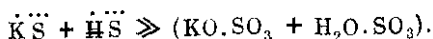
<sup>22</sup> См.: Гельмгольц Г. О сохранении силы. М.; Л.: Гостехизтеоретиздат, 1934, с. 69.

<sup>23</sup> Такой же точки зрения придерживался и А. М. Бутлеров. В 1867 г. он указывал, что «исследование теплот горения и обобщения, на них основанные, могут приобрести особенный интерес, тогда как химическое строение веществ не будет оставлено в стороне, а напротив, составит основной, руководящий принцип» (А. М. Бутлеров: Научная и педагогическая деятельность. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 50).

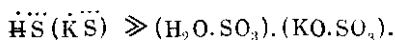
<sup>24</sup> Гесс Г. И. Основания чистой химии. 6-е изд. СПб., 1845, с. 478.



а как  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .<sup>25</sup> Но химики, особенно Я. Берцелиус и Т. Грэм, не согласились с этим мнением, так как надо было признать существование гипотетических радикалов типа  $\text{SO}_4$ , которые не существуют отдельно. В своих «Термохимических исследованиях» Г. И. Гесс обсуждал вопрос<sup>26</sup>, может ли термохимия решить вопрос относительно строения соли  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Берцелиус и «большая часть нынешнего поколения», — писал Гесс, — рассматривают эту соль как двойную соль.



Грэм же, напротив, считает ее за



Изучая количество тепла, выделяющегося при образовании этой соли, я, мне кажется, доказал, что обе эти гипотезы неверны, и я приписываю элементам некоторое другое распределение»<sup>27</sup>.

В одной из своих работ Т. Грэм писал: «Проф. Гесс и д-р Эндриус оба применяют результаты своих последних исследований относительно теплоты, выделяемой при соединении, для того чтобы проверить точность взгляда на строение двойных и кислых солей, который был высказан мной. Они приходят к противоположным выводам»<sup>28</sup>. По этому поводу Г. И. Гесс писал: «Здесь не столько важно, прав ли г-н Грэм или я, а важно знать, являются ли положения, которые вытекают из тепловых явлений, более могущественным средством для изучения природы, чем те, которыми наука могла располагать до сих пор»<sup>29</sup>.

В 1845 г. Г. И. Гесс должен был, однако, признать, что «различные мнения касательно вопроса, должно ли писать —  $\ddot{\text{K}}\ddot{\text{S}}$  или  $\text{K}\ddot{\text{S}}$ . Об этом спорили уже сорок лет — и не могли еще согласиться».

Вопрос о строении соли  $\text{K}_2\text{SO}_4$  обсуждался и в последующие годы. Так, в 1850 г. в Одессе была опубликована книга Г. А. Чугачевича, в которой автор писал: «Ежели химики не вполне согласны относительно составов, известных с давних времен, чему пример

<sup>25</sup> В 1839 г. эта точка зрения нашла экспериментальное подтверждение в работе Д. Даниэля (см. *Daniell J. On the electrolysis of secondary compounds.*— *Phil. Trans.*, 1839, vol. 1, p. 108—109).

<sup>26</sup> См.: Гесс Г. И. Термохимические исследования, с. 110—121.

<sup>27</sup> Там же, с. 110.

<sup>28</sup> *Graham T. On the Constitution of the sulphates as illustrated by late thermochemical researches.*— *Phil. Mag.*, 1842, vol. 20, p. 539; *Graham T. Experiments on the Heat disengages in combinations.*— *Phil. Mag.*, 1843, vol. 22, p. 329—350.

<sup>29</sup> Гесс Г. И. Термохимические исследования, с. 110.

<sup>30</sup> Гесс Г. И. Основания чистой химии. 6-е изд., с. 475.

представляет сернокислый поташ, которого формулу представляют некоторые в виде  $\text{SO}_3 + \text{KO}$ , другие в виде  $\text{SO}_4 + \text{K}$  или так:  $\text{SO}_2 + \text{KO}_2$ , или еще иначе, то удивительно ли, что внутреннее расположение молекул в так называемых изомерных телах до сих пор остается необъясненным»<sup>31</sup>.

Правильное решение этого вопроса дала только теория электрохимической диссоциации С. Аррениуса, которая теоретически обосновала экспериментальные данные Д. Даниэля.

Г. И. Гесс публиковал свои труды в широко известных изданиях того времени: в «Бюллетенях Петербургской Академии наук» и в «Анналах» Поггендорфа, на французском и немецком языках. Не может быть никаких сомнений в том, что они были известны не только ученым — его современникам, но и ученым последующих поколений<sup>32</sup>. В пользу этого утверждения говорят упоминания трудов Гесса в работах термохимиков 1840—1850-х годов. Так, в термохимических исследованиях английского химика Т. Эндрюса (1813—1885), выполненных в 1841—1849 гг., в работах англичанина В. Грэма (1805—1869), опубликованных в 1843—1845 гг., в работах А. И. Ходнева (1843), французских физиков И. Абриа (1844), Ч. Персона (1847) и других работах мы находим ссылки на труды Гесса. Эндрюс, например, не раз указывал: «проф. Гесс был впереди меня в подобных исследованиях».

В 1852 г. французские ученые П. А. Фавр и И. Т. Зильберман, разработавшие первый относительно точный метод сжигания органических веществ с целью получения термохимических данных, подтвердили вывод Гесса о тесной связи между прочностью химического соединения и тепловым эффектом его образования. Они установили, что наиболее стойким является такое соединение, образование которого сопровождается наибольшим выделением теплоты.

В 1855 г., через пять лет после смерти Г. И. Гесса, П. П. Соколовский<sup>33</sup> в Харькове получает степень магистра химии за диссертацию «О термохимических исследованиях и значении их для теоретической химии». Эта работа, изданная отдельной книгой, являлась одной из первых в мире диссертаций в области термохимии<sup>34</sup>. В ней видно ясное понимание будущности новой научной дисциплины: «Дальнейшее развитие этой ветви (термохимии.— Ю. С.) при-

<sup>31</sup> Чугачевич Г. А. Об изомерии и полиформенности. Одесса, 1850, с. 26.

<sup>32</sup> В 1891 г. в известной серии «Классики точных наук» В. Оствальда вышли термохимические исследования Г. И. Гесса (Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften N 9. H. Hess. Thermochemische Untersuchungen. Leipzig. 1891). Это издание значительно содействовало популяризации трудов Гесса.

<sup>33</sup> Петр Петрович Соколовский (1830—1887), окончил физико-математический факультет Харьковского университета. Автор капитального труда «Русская народная музыка...» (Харьков, 1888. 394 с.).

<sup>34</sup> См.: Капустинский А. Ф., Соловьев Ю. И. Термохимические работы Г. И. Гесса и их влияние на русских термохимиков второй половины XIX века.— Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1955, т. 6, с. 214—228.

несет не только существенную пользу теоретической химии, прояснив в ней многие уже припятые понятия, но и пользу практическую, в промышленном быту, доставив многие важные указания к употреблению теплоты, отделяемой при различных химических процессах»<sup>35</sup>. Сокальский подробно излагает исследования Гесса, руководствуясь, как он пишет, «общеприпатым положением, впервые высказанным Гессом: количество теплоты, отделяемое при образовании какого-либо соединения, — постоянно, происходит ли это соединение непосредственно, или косвенным путем, или в несколько приемов»<sup>36</sup>. Он приводит также результаты исследований Ю. Томсена, П. Фавра, И. Зильбермана и других химиков, подтвердивших правильность основного закона термохимии Гесса. Касаясь положения Гесса о кратности тепловых эффектов, Сокальский отмечает, что И. Абриа, повторивший опыты Гесса, не подтвердил кратности тепловых эффектов: «Чем более воды содержит кислота, тем менее освобождается теплоты при дальнейшем ее разведении водой, однако *без всякой видимой пропорциональности* (курсив наш. Ю. С.)»<sup>37</sup>.

В 1868 г. Д. Н. Абашев<sup>38</sup> опубликовал докторскую диссертацию «О тепловых явлениях, обнаруживающихся при соединении жидкостей», в которой, излагая работы Г. И. Гесса, писал, что в термохимии «совершенный переворот в идеях начинается с работ Гесса».

### ИССЛЕДОВАНИЯ К. К. КЛАУСА ПО ХИМИИ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ. ОТКРЫТИЕ РУТЕНИЯ

19 сентября 1834 г. состоялась закладка здания химической лаборатории и физического кабинета Казанского университета. Постройка была закончена в 1837 г. Здание новой лаборатории представляло собой двухэтажный каменный корпус с подвальным помещением. На верхнем этаже размещался физический кабинет, на нижнем — химическая лаборатория. Приборы, посуда, реактивы и другое оборудование для химической лаборатории были приобретены на

<sup>35</sup> Сокальский П. П. О термохимических исследованиях и значении их для теоретической химии: Рассуждение, написанное для получения степени магистра химии. Харьков, 1855, с. 72.

<sup>36</sup> Там же, с. 19.

<sup>37</sup> Там же, с. 35.

<sup>38</sup> Дмитрий Николаевич Абашев (1829—1880), окончил в 1851 г. естественный факультет Петербургского университета. В 1858 г. в Московском университете защитил магистерскую диссертацию «Исследования о явлениях взаимного растворения жидкостей». С 1858 г. — адъюнкт по кафедре химии в Киевском университете, а с 1865 г. — доцент агрономии Новороссийского университета в Одессе. После защиты диссертации «О тепловых явлениях, обнаруживающихся при соединении жидкостей» (1868) — доктор химии. С 1869 г. экстраординарный, а с 1870 г. — ординарный профессор Новороссийского университета.



*Химическая лаборатория Казанского университета*

оглушительную значительную по тому времени сумму денег, около 3000 рублей серебром. В большой рабочей комнате находились десять неподвижных изразцовых угольных печей и три больших стола с передвижными угольными печами, а также другими приспособлениями. Рядом с лабораторией помещалась полукруглая аудитория с расположенными амфитеатром скамьями. Посередине стояли большой стол-кафедра для демонстрации лекционных опытов и два камня для вентиляции. Химический кабинет, с двенадцатью шкафами и большим столом, на котором под стеклянными колпаками стояли особо ценные приборы, вероятно, в то время, был лучшим учреждением такого рода в России, смело выдерживавшим сравнение с тогдашними заграничными лабораториями<sup>39</sup>.

<sup>39</sup> См.: Альбицкий А. Кафедра химии и химическая лаборатория имп. Казанского университета в их прошлом и настоящем. — В кн.: Ломоносовский сборник: Материалы для истории развития химии в России, 1901, с. 1—71 (отд. pag.).



*Карл Карлович Клаус*

Именно в этой новой лаборатории Казанского университета К. К. Клаус<sup>40</sup> начал свои классические исследования по химии платиновых металлов. Он писал: «Желая ближе познакомиться с

<sup>40</sup> Карл Карлович Клаус (1796—1864), родился и умер в Дерпте (Тарту). Оставшись сиротой, он рано начал трудиться: в возрасте 14 лет стал работать в аптеке. В течение семи лет Клаус работал ассистентом в химической лаборатории (кабинете) Дерптского университета, руководимой проф. К. Гебелем. За это время он блестяще сдал экзамены по курсу философского факультета Университета, а в 1837 г. защитил магистерскую диссертацию. 1 августа 1837 г. Клаус был утвержден адъюнктом по кафедре химии Казанского университета. После защиты в декабре 1838 г. докторской диссертации («Химическое разложение сергиевских минеральных вод») он получил место экстраординарного профессора по кафедре химии. С сентября 1838 г. — руководитель новой химической лаборатории Казанского университета, открытой в 1838 г. В 1852 г. Клаус, будучи избранным ординарным профессором по кафедре фармакологии в Дерптском университете, переселяется в свой родной город. 29 декабря 1861 г. Клаус избирается членом-корреспондентом Петербургской Академии наук.

О жизни и деятельности К. К. Клауса см.: Ушакова Н. Н. Карл Карлович Клаус. М.: Наука, 1972. 151 с. (Серия НБЛ).

платиновыми металлами и приготовить главнейшие их соединения для химического кабинета Казанского университета, я выпросил у господина Соболевского 2 фунта этих остатков и в 1841 г. приступил к делу»<sup>41</sup>.

Свыше 20 лет К. К. Клаус занимался изучением платиновых металлов — «драгоценного продукта нашего общества». Он установил состав многих соединений платины и ее спутников, разработал методы разделения, определения и выделения каждого металла платиновой группы. Клаусу принадлежит открытие явления соосаждения. «Начиная с родия, который легче всех осаждается, способность осаждения, — отмечал Клаус, — может быть выражена в такой последовательности: родий, осмий, палладий, иридий, платина. Если эти металлы падаются вместе с другими, легко осаждаемыми при помощи оснований, то их способность осаждаться увеличивается, и тем более осаждается окиси платиновых металлов, чем больше находится в растворе этих посторонних металлов»<sup>42</sup>.

В 1844 г. в «Ученых записках Казанского университета» появилась большая статья К. К. Клауса «Химическое исследование остатков уральской платиновой руды», в которой он обобщил результаты своих исследований, проведенных в 1841–1844 гг. Важнейший результат этих исследований — открытие нового химического элемента — рутения<sup>43</sup>. Клаус установил, что рутений содержится в осадке иридия<sup>44</sup>. Им были обнаружены характерные аналитические реакции рутения, получены и изучены различные соединения нового элемента и подробно описаны их свойства.

Проведенный количественный анализ соли  $K_2RuCl_3$  дал возможность К. К. Клаусу определить атомный вес рутения (651,4 при  $O = 100$ , при  $H = 1$  — 104,2, что близко к современному значению: 101,7). Он определил также состав окислов рутения и известных ранее соединений других платиновых металлов. Клаус писал: «Здесь я предлагаю ученому свету мои наблюдения об этом предмете, но с некоторою робостью, потому что они в некоторых отношениях не согласуются с наблюдениями г. Берцелиуса, которого авторитет признается всеми химиками; я сначала сам сомневался в справедливости моих результатов, имея в виду работу великого химика»<sup>45</sup>. Это заставило меня повторять мои опыты весьма часто и с большою осторожностью; но, получая всегда одинаковые результаты, я убедился наконец в справедливости моих наблюдений.

Клаус К. К. Избранные труды по химии платиновых металлов. М.: Изд-во АН СССР, 1954, с. 7 (Классики науки).

Там же, с. 24.

<sup>41</sup> Название рутений — Ruthenium — происходит от латинского слова Ruthenia — РОССИЯ.

<sup>42</sup> Сходство свойств соединений рутения со свойствами соединений иридия явилось препятствием для многих химиков, в том числе и для Я. Берцелиуса, в распознавании шестого элемента платиновой группы.

<sup>43</sup> Метод анализа платиновой руды, разработанный Я. Берцелиусом, изложен в «Горном журнале» за 1828 г. (кн. VIII, с. 21–35). — Ю. С.

Разность в результатах г. Берцелиуса с моими зависит, без сомнения, большею частью от того, что г. Берцелиус работал с при-  
днем, содержащим в себе примесь рутения, тогда еще неизвест-  
ного»<sup>46</sup>.

Осенью 1844 г. К. К. Клаус послал письмо-сообщение академику  
Г. И. Гессу об открытии им нового элемента — рутения<sup>47</sup>.

13 сентября и 25 октября 1844 г. Г. И. Гесс на заседании Пе-  
тербургской Академии наук зачитал два сообщения К. К. Клауса об  
открытии рутения. В протоколе заседания<sup>48</sup> записано: «Г-н акаде-  
мик Гесс доложил Отделению письмо, которым г. профессор Клаус  
в Казани сообщает ему об открытии нового металла, названного  
им рутением. Он излагает метод, с помощью которого он получил  
этот металл в чистом состоянии, и описывает свойства последнего.  
Извлечение из этого письма будет помещено в „Bulletin“»<sup>49</sup>.

В начале 1845 г. К. К. Клаус получил из Стокгольма письмо  
Я. Берцелиуса от 24 января следующего содержания:

«Милостивый государь! Только в начале этого месяца я имел  
удовольствие получить Ваше любезное письмо от 15 ноября с при-  
ложением статьи<sup>50</sup> и препаратов и приношу Вам за это свою сер-  
дечную благодарность.

Примите мой искренние поздравления с превосходными откры-  
тиями и изящной их обработкой, благодаря им Ваше имя будет не-  
изгладимо начертано в истории химии. В наше время очень при-  
нятно, если кому-либо удалось сделать настоящее открытие, вести  
себя так, как будто вовсе не нужно упоминать о прежних работах  
и указаниях по тому же вопросу, в надежде, что ему не придется  
делить честь открытия с каким-либо предшественником; это плохое  
обыкновение, и тем более плохое, что преследуемая им цель все же  
через некоторое время ускользает. Вы поступили совсем иначе. Вы  
упомянули о заслугах Озанна<sup>51</sup> и выдвинули их, причем даже со-  
хранили предложенное им название. Это — такой благородный и  
честный поступок, что Вы навсегда вызвали во мне самое искрен-  
ное, глубокое почтение и сердечную симпатию, и я не сомневаюсь,

<sup>46</sup> Клаус К. К. Указ. соч., с. 97.

<sup>47</sup> Об открытии нового металла: Письмо г-на Клауса из Казани г-ну академи-  
ку Гессу. — Горн. журн., 1845, ч. I, кн. II, с. 269; см. также: Клаус К. К.  
О рутении. — Там же, ч. III, кн. VII, с. 157—163.

<sup>48</sup> Архив АН СССР. ф. 1, оп. 1а, № 70, 1844, § 240.

<sup>49</sup> [Claus C.] Découverte d'un nouveau métal [nommé ruthenium]: Lettre de M.  
le professeur Claus de Kazan à M. Hess. — Bull. phys.-math. Acad. Sci., 1844  
(1845), t. 3, N 20. Correspondance, col. 311—316. — [Клаус К.] Открытие но-  
вого металла (названного рутением): Письмо проф. Клауса из Казани к  
Гессу.

<sup>50</sup> Видимо, речь идет о письме К. К. Клауса Г. И. Гессу, опубликованном в  
«Бюллетенях Петербургской Академии наук» в конце 1844 г. — Ю. С.

<sup>51</sup> В 1828 г. профессор Дерптского университета Г. В. Озанн опубликовал ра-  
боту, в которой сообщил, что при исследовании русской платиновой руды он  
открыл новые металлы: плуран, рутений и полин. Это, как показал Я. Бер-  
целиус, оказалось ошибочным. — Ю. С.

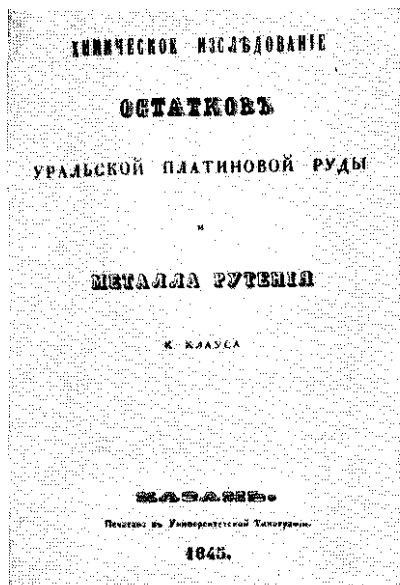
что у всех друзей доброго и справедливого это встретит такой же отклик.

Я взял на себя смелость представить извлечение из Вашей статьи Академии наук, которая напечатает его в своем отчете об этом заседании<sup>52</sup>.

С глубоким уважением имеет честь оставаться преданный Вам — Як. Берцелиус»<sup>53</sup>.

В 1845 г. статью, опубликованную в «Ученых записках Казанского университета», К. К. Клаус издает отдельной книгой под названием «Химическое исследование остатков уральской платиновой руды и металла рутения». Перед нами классический труд. Мы видим, что в заглавие автор добавляет слова «и металла рутения», что весьма существенно, ибо это отражает основное открытие Клауса.

Монография содержит следующие результаты: 1) Выводы из анализов богатых остатков. 2) Новые способы для отделения платиновых металлов из богатых остатков. 3) Способы обработки бедных остатков. 4) Открытие нового металла рутения. 5) Выводы из анализа бедных остатков и простейшие способы разложения платиновой руды и остатков. 6) Новые свойства и соединения известных уже платиновых металлов. Свою работу автор представил в Петербургскую Академию наук на соискание Демидовской премии<sup>54</sup>.



Титульный лист книги К. К. Клауса  
«Химическое исследование остатков  
уральской платиновой руды  
и металла рутения»

<sup>52</sup> Сообщение об открытии К. К. Клауса было сделано Я. Берцелиусом в ежегоднике «Jahres-Bericht über die Fortschritte der Chemie und Mineralogie von Jacob Berzelius» (1845, Bd. 25, S. 205—213). — Ю. С.

<sup>53</sup> Цит. по ст.: Соловьев Ю. И. Неопубликованное письмо Я. Берцелиуса К. К. Клаусу. — Вopr. истории естествознания и техники, 1959, вып. 8, с. 148—149.

<sup>54</sup> В письме к Б. С. Якоби К. К. Клаус писал: «Пользуюсь поездкой г. Струве, чтобы снять с себя тяжелый гнет и отдать Вам свой старый долг — экземпляр моей работы о рутении. Примите благосклонно этот скромный дар как знак моего особого почтения и помяните при этом случае добрым словом Вашего азиатского друга. Мне сделали очень почетное предложение со стороны Медико-хирургической академии в Петербурге, именно, взять на себя там профессиру фармации; но мои семейные обстоятельства не позволяют мне принять это приглашение. Свою статью я послал в Академию на соискание Демидовской премии. Кто знает, как решат о ней боги».



Академики Г. И. Гесс и Ю. Ф. Фрицше дали блестящий отзыв о работе К. К. Клауса. Высоко оценивая выдающийся труд Клауса, академики писали, что честь открытия рутения «бессорно принадлежит Клаусу». Они отмечали, что сочинение Клауса «знакомит нас еще со множеством других результатов, имеющих свою цену как в теоретическом, так и в практическом отношении, обогащает нас новыми методами и соединениями <...> Клаус употребил несколько лет многотрудной работы на изложенные в его сочинении исследования <...> Россия вследствие этого открытия в первый раз пользуется честью водворения в Химию нового простого тела, обретенного в таком отечественном материале, которому и самое учреждение премий некоторым образом обязано своим происхождением»<sup>55</sup>. На основании отзыва Гесса и Фрицше 17 апреля 1846 г. Клаусу была присуждена полная (5000 рублей) Демидовская премия.

В 1854 г. в Дерпте на немецком языке вышла следующая монография К. К. Клауса: «Материалы к химии платиновых металлов»<sup>56</sup>, в которой подробно описана химия не только рутения, но и всех элементов платиновой группы. Автор знакомит химиков с результатами своих многолетних исследований свойств платиновых металлов, для того чтобы «они послужили к более близкому познанию этой интересной группы металлов и принесли бы пользу другим химикам, которые в будущем пожелают заняться этим предметом»<sup>57</sup>.

«В этой брошюре,— писал К. К. Клаус А. М. Бутлерову 12 мая 1854 г.,— Вы не найдете ничего старого ... только химические новости, которые и для общей теории науки не без интереса»<sup>58</sup>.

Из всех спутников рутения К. К. Клаус детально изучил сложную химию осмия, так как до Клауса об осмии и его соединениях знали очень мало. Чтобы выяснить общие и специфические свойства соединений осмия, Клаус впервые получил и изучил свойства<sup>59</sup> таких его соединений, как  $\text{OsO}_2$ ,  $\text{Os}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2[\text{OsCl}_6]$ ,  $\text{Ag}_2[\text{OsCl}_6\text{NH}_3]$ , «аммиачно-осмиевые основания»  $\text{OsO}_2(\text{NH}_3)_2[\text{OsO}_2 \cdot (\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ . Аналитическая химия иона  $[\text{OsCl}_6]^{2-}$  начинается также с исследования Клауса.

<sup>55</sup> Гесс, Фрицше. Разбор сочинения г. профессора Клауса под заглавием: Химическое исследование остатков платиновой руды и металла рутения. В кн.: Пятнадцатое присуждение учрежденных П. Н. Демидовым наград 17 апреля 1846 г. СПб., 1846, с. 87, 92.

<sup>56</sup> На русском языке монография впервые была опубликована в 1928 г. в шестом выпуске «Известий Института по изучению платины» (с. 195—302), см. также: Клаус К. К. Указ. соч., с. 136—251.

<sup>57</sup> Клаус К. К. Материалы к химии платиновых металлов.— В кн.: Клаус К. К. Указ. соч., с. 137.

<sup>58</sup> Научное наследство. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову, с. 167 (Естественнонаучная серия).

<sup>59</sup> Некоторые из своих работ по осмью К. К. Клаус выполнил совместно со своим учеником Э. Э. Якоби, который в 1863 г. защитил диссертацию «Монография металла осмия» (СПб., 1863, 47 с.).

Работы К. К. Клауса по химии платиновых металлов получили высокую оценку современников ученого. «Все, что известно о рутении и его соединениях, мы обязаны Клаусу», — писал в 1851 г. видный немецкий химик Г. Розе<sup>60</sup>.

При исследовании химии осмия современные специалисты до сих пор опираются на основополагающие работы К. К. Клауса.

Д. И. Менделеев, обсуждая вопрос о сущности закона периодичности, указывал в 1871 г., что «Клаус заметил, что Os, Ir, Pt, имеющие атомный вес около 195, аналогичны с Ru, Rh, Pd, которых атомный вес близок к 105»<sup>61</sup>. Только у металлов VIII группы встречается форма  $RO_4$ ... а именно, в виде  $OsO_4$ ,  $RuO_4$ »<sup>62</sup>. (Формулу  $RuO_4$  впервые установил К. К. Клаус.)

Выдающийся специалист в области химии платиновых металлов А. А. Чугаев писал: «Его (Клауса.— Ю. С.) систематические исследования, обнимающие период времени около 20 лет, не только привели к открытию нового металла — рутения (1844 г.), но и дали массу весьма точного и ценного материала для характеристики других металлов платиновой группы, особенно Os, Rh и Ir»<sup>63</sup>.

## НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ ЗИНИН. ОТКРЫТИЕ РЕАКЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ НИТРОСОЕДИНЕНИЙ. ПОЛУЧЕНИЕ АНИЛИНА

Казанский университет стал центром развития не только химии платиновых металлов, но и органической химии, история которой самым тесным образом связана с именем Н. Н. Зинина<sup>64</sup>.

Николай Николаевич Зинин (1812—1880) родился в г. Шушенском Кавказе<sup>65</sup>. Родители его умерли, когда он был совсем маленьким, и Зинин жил и воспитывался у дяди в Саратове. Учился в Саратовской гимназии. Затем поступил в Казанский университет.

*Розе Н.* Ausführliches Handbuch der analytischen Chemie. Braunschweig, 1851, Bd. 1, S. 227.

*Менделеев Д. И.* Периодический закон. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 107 (Классики науки).

Там же, с. 113.

*Чугаев Л. А.* Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1954, т. 1, с. 479.

О жизни и деятельности Н. Н. Зинина см.: *Фигуровский Н. А., Соловьев Ю. И.* Николай Николаевич Зинин: Биографический очерк. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 214 с.; см. также: *Бородин А. П., Бутлеров А. М.* Николай Николаевич Зинин: Воспоминания о нем и биографический очерк. — ИРФХО. Отд. хим., 1880, т. 12, вып. 5, с. 215—252; опубликован в кн.: *Зинин Н. И.* Труды по органической химии. М.: Наука, 1982, с. 181—209 (Классики науки).

<sup>65</sup> Обнаружены новые документы (рукопись автобиографии Н. Н. Зинина, январь 1841 г.), в которых указано, что Зинин родился в 1810 г. в Пензе (см.: *Быков Г. В.* Казанская школа химиков-органиков. — В кн.: Исследования по истории органической химии. М.: Наука, 1980, с. 258).

Н. Н. Зинин окончил Казанский университет в 1833 г. В сентябре 1837 г. молодой адъюнкт химии был направлен на два года за границу для усовершенствования. Около года Зинин работал в химической лаборатории Ю. Либиха в Гисене. Здесь молодой русский ученый ознакомился с новейшими открытиями в области органической химии и стал живым свидетелем и участником острой борьбы между химиками по основным теоретическим вопросам органической химии. В лаборатории Либиха Зинин увлекся теорией сложных радикалов. Это было то время, когда свежи были впечатления от работы Ю. Либиха и Ф. Вёлера «О радикале бензойной кислоты» (1832). Не случайно поэтому первые исследования Зинина были посвящены разработке методов получения бензоина, бензила и их производных. Бензоин Зинин получил из горькоминдального масла (бензойного альдегида  $C_6H_5CHO$ ).

В 1839 г. в «Аппалах Либиха» («Annalen der Pharmacie») появилось первое сообщение Н. Н. Зинина «К изучению некоторых соединений бензойного ряда»<sup>66</sup> о найденном им новом, «выгодном» способе превращения горькоминдального масла в бензоин. В следующей статье «О некоторых продуктах разложения горькоминдального масла» (1840)<sup>67</sup> Зинин дал подробное описание этого метода. Он показал, каким путем можно получить чистый продукт и как можно из бензоина получить бензил.

Эти исследования Н. Н. Зинин обобщил в работе «О соединениях бензоила и об открытых новых телах, относящихся к бензоилловому роду»<sup>68</sup>, которая была им представлена в 1841 г. в качестве докторской диссертации в Петербургский университет. В диссертации Зинин разбирает вопрос о получении масла горьких миндалей из амигдалина и проводит аналогично с образованием горького масла из семян черной горчицы. Он отмечает, что это образование происходит под действием ферментов, вырабатываемых организмом и способствующих протеканию определенных химических реакций. Затем разбирается теория Либиха о радикале бензоиле, паходящемся во всех производных веществ, образующихся из горькоминдального масла; описываются результаты собственных исследований и приводятся данные, касающиеся получения бензоина конденсацией бензальдегида в присутствии цианистого калия:  $C_6H_5CHO + CHOC_6H_5 \rightarrow C_6H_5CH(OH)COC_6H_5$ , а также бензила ( $C_6H_5COCOC_6H_5$ ) — окислением бензоина азотной кислотой. Здесь впервые Зинин описывает свойства и состав бензиловой кислоты ( $C_6H_5)_2C(OH)COOH$ , полученной из бензила Ю. Либихом. Зинин также изучил соли этой кислоты.

Синтез бензоина из бензальдегида, по Зинину, в присутствии специфического катализатора, цианистого калия, послужил в дальнейшем методом синтеза различных кетонов ароматического ряда.

<sup>66</sup> Зинин Н. Н. Указ. соч., с. 9—41.

<sup>67</sup> Там же, с. 41—45.

<sup>68</sup> Там же, с. 15—32.



НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ  
ЗИНИН



Юлий Федорович  
Фрицше

Вернувшись в Казань в 1841 г., Н. Н. Зинин предпринял дальнейшие исследования превращений органических соединений. Эти исследования составляют блестящую страницу в истории химии. Изучая действие сероводорода на нитронафталин и нитробензол, Зинин нашел, что два атома кислорода нитрогруппы замещаются двумя атомами водорода; при этом получаются новые продукты: «нафталидам» и «бензидам», — так назвал их Зинин.

Они являются ярко выраженными основаниями и превосходно образуют с кислотами соли, в то время как нитронафталин и нитробензол никаких основных свойств не проявляют.

18 марта 1842 г. Н. Н. Зинин опубликовал свою новую работу «Описание некоторых новых органических оснований, полученных при действии сероводорода на соединения углеводов с азотистой кислотой»<sup>69</sup>. Это исследование принесло ученому миру первое известие о реакции превращения нитросоединений в аминосоединения. Вначале Зинин получил «нафталидам» ( $\alpha$ -нафтиламин) при действии сероводорода на спиртовой раствор  $\alpha$ -нитронафталина.  $\alpha$ -Нафтиламин (анилин) был получен по следующей реакции:



«Все мы уже тогда чувствовали, — говорил известный немецкий химик А. В. Гофман, — что здесь речь идет о реакции необычайной важности».

Анилин впервые был выделен в 1826 г. немецким химиком О. Унфердорбеном при сухой перегонке естественного красителя индиго. Была получена бесцветная, мало растворимая в воде жидкость. Она легко перегонялась, давала щелочную реакцию. Новое соединение отличалось способностью, соединяясь с кислотами, давать легкокристаллизующиеся соли. Это побудило Унфердорбена назвать выделенное вещество кристаллином.

В 1840 г. Ю. Ф. Фрицше<sup>70</sup> вновь выделил это вещество из ин

<sup>69</sup> Там же, с. 33—41.

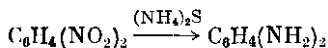
<sup>70</sup> Юлий Федорович Фрицше (1808—1871) в 1833 г., переехав в Россию, начал работать химиком в Петербургском заведении искусственных мыльных

дино. Он нашел, что лучше всего новый продукт получается из индиго при перегонке его с едким кали. Он же дал этому веществу название анилин (от португальского названия индиго — anil или ботанического названия Indigofera anil). На основании впервые полученного Фрицше химического анализа он установил формулу анилина. Исследуя также ряд анилиновых солей, Фрицше наблюдал образование темно-зеленого продукта окисления при обработке его хромовой кислотой. Этот способ получения анилина не мог пойти промышленного применения из-за своей дороговизны.

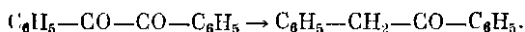
В первой половине XIX в. химики обратили внимание на богатейший источник органических веществ — каменноугольную смолу. В 1834 г. немецкий химик-органик Ф. Рунге выделил из нее анилин, названный им «кианолом». Оказалось, однако, что в каменноугольной смоле анилин содержится в незначительном количестве. В то же время методы выделения его в чистом виде были настолько сложны, что получить анилин из этого сырья не представлялось возможным.

Таким образом, мы видим, что если бы возможности производства анилина исчерпывались только двумя указанными способами, то этот продукт никогда не сыграл бы такой выдающейся роли в развитии химической промышленности<sup>71</sup>. Нужны были, следовательно, новые, более простые методы получения анилина из дешевого сырья.

Н. Н. Зинин очень скоро понял огромное значение открытой им реакции и распространил свои исследования на динитроароматические соединения. Разрабатывая далее методы восстановления ароматических нитросоединений в аминсоединения, он в 1843 г. описал превращение мета-динитробензола в мета-фенилендиамин также при действии сернистого аммония:



и восстановление бензила в дезоксибензоин:



5 апреля 1844 г. Н. Н. Зинин публикует свою новую работу «О продуктах действия сернистого аммония на некоторые органические тела и о сочетанных кислотах соединений хлора с нафталином»<sup>72</sup>. Здесь он применил метод восстановления нитрогруппы к полу-

ных вод. В 1838 г. он избирается адъюнктом по химии; в 1844 г. — экстраординарным, в 1852 г. — ординарным академиком Петербургской Академии наук. Совместно с Н. Н. Зининым Фрицше принимал активное участие в организации новой химической лаборатории Академии наук, которой он заведовал до марта 1870 г. Научные исследования Фрицше охватывают широкий круг вопросов неорганической и, особенно, органической химии.

См.: Елагина К. И. Юлий Федорович Фрицше (1808—1871). — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1958, т. 18, с. 236—260.

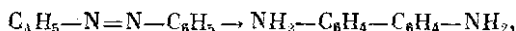
<sup>71</sup> См.: Камерницкий В. И. Очерк развития анилиноокрасочной промышленности. М.; Л.: Госхимтехиздат, 1934. 190 с.

<sup>72</sup> Зинин Н. Н. Указ. соч., с. 42—49.

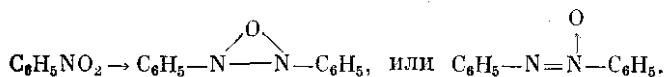
чению из динитрофталина  $C_{10}H_6(NO_2)_2$  нафтилендиамин  $C_{10}H_6(NH_2)_2$ ; описал его свойства, получение солей. Конец статьи посвящен сочетанным кислотам, под которыми он подразумевает сульфокислоты, образующиеся под действием серной кислоты на дихлорнафталин и хлорнафталин.

Н. Н. Зинин открыл замечательный метод получения ампроизводных из питропроизводных. Эти исследования легли в основу промышленности синтетических анилиновых красителей и обессмертили имя ученого.

6 июля 1845 г. Н. Н. Зинин впервые сообщает о новом методе получения бензидина из азобензола:



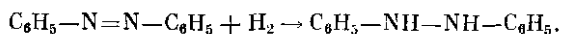
а также азоксибензола из нитробензола при действии спиртовой щелочи:



Подробно описав свойства и состав бензидина, азобензола и азоксибензола, Н. Н. Зинин описал также метод получения «бензаминной» (мета-аминобензойной) кислоты и ее солей. Далее ученый выделил азоксибензол и превратил его путем перегонки в смесь азобензола и анилина. В результате исследования этой реакции было дано объяснение процесса получения азобензола из нитробензола восстановлением его алкоголятом калия<sup>73</sup>.

Еще более важным является то, что Н. Н. Зинину мы обязаны и открытием бензидина, который был получен им при действии слабой серной кислоты на продукт восстановления азобензола при помощи сернистого аммония. Зинин показал, что из азоксибензола образуется гидразобензол ( $C_6H_5-NH-NH-C_6H_5$ ), который в кислой среде изомеризуется в бензидин.

Таким образом, Н. Н. Зинин впервые наблюдал превращение азосоединения в гидразосоединение:



Полученные Н. Н. Зининым первичные амины ароматического ряда (анилин, мета-фенилендиамин, ампронафталины, бензидин и др.) явились исключительно важными исходными продуктами для получения синтетических красителей. Этими работами Зинин показал общность открытой им реакции, и с тех пор она вошла в историю химии как «реакция Зинина»<sup>74</sup>.

<sup>73</sup> См.: Зинин Н. Н. Об азобензиде и нитробензиновой кислоте.— В кн.: Зинин Н. Н. Указ. соч., с. 49—59.

<sup>74</sup> См.: Порай-Кошиц А. Е. Научное и техническое значение работ Н. Н. Зинина по восстановлению питросоединений.— Успехи химии, 1943, т. 12, вып. 2, с. 94—108; см. также: Зинин Н. Н. Указ. соч., с. 210—217.

Новый метод Зинина открывал широкие перспективы в области производства анилина. Простота метода и дешевое сырье (бензол, из которого получают пиробензол, содержится в значительных количествах в каменноугольной смоле) обеспечивали получение анилина в огромных количествах.

В 1850—1860-х годах стало быстро налаживаться фабричное производство мовеина, фуксина и других анилиновых красителей. Все это привело к тому, что уже через несколько лет была создана новая большая отрасль химической промышленности — производство красителей. Первый смотр новой промышленности состоялся в 1867 г. на Парижской Всемирной выставке. Тогда еще первые места занимали заводы Франции и Англии, и, хотя они и насчитывали всего каких-нибудь шесть лет существования, экспонаты их — сотни анилиновых красок всевозможных оттенков — несомненно, составляли один из лучших и привлекательных отделов выставки. На выставку посетили члены Петербургской Академии наук и профессора русских университетов, среди которых был и Н. Н. Зинин. Он описал все виденное в небольшой книге «Об анилиновых красках», выпущенной в 1868 г.

В 1871 г. А. М. Бутлеров в статье «О практическом значении лучших химических работ» писал по поводу развития анилино-красочной промышленности: «Производство анилиновых красок расширилось не по годам, а по месяцам и в течение немногих лет успело занять очень видное место. В настоящее время оно составляет предмет обширной фабричной промышленности, и, чтобы дать понятие о ее размерах, достаточно указать, что ныне ежедневно производится в Европе около 10 тысяч килогр., т. е. около 25 тысяч фунтов, анилина, идущего на приготовление красильных веществ. Употребление анилина для этой цели сделалось, разумеется, возможным только потому, что мог быть употреблен дешевый и удобный способ его приготовления. Способ этот благодаря прежним исследованиям, и в особенности открытию г. Зинина, оказался готовым»<sup>75</sup>.

## ПЕРВАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ХИМИКОВ-ОРГАНИКОВ Н. Н. ЗИНИНА

Научная и педагогическая деятельность Н. Н. Зинина началась тогда (1840-е годы), когда в России были еще очень редки случаи самостоятельной разработки химических проблем. В университетах и специальных высших учебных заведениях химию преподавали как чисто теоретическую науку, без всяких лабораторных, практических и тем более самостоятельных работ, прививающих учащимся исследовательский подход к науке. Исключение составила школа Г. И. Гесса, о чем мы уже говорили.

<sup>75</sup> Бутлеров А. М. Избранные работы по органической химии. М.: Изд-во АН СССР, 1951, с. 513 (Классики науки).



3) У Вернувшись из заграничной командировки и зная опыт работы гисенской химической лаборатории Ю. Либиха, Н. Н. Зинин сразу же стал проводить новый принцип преподавания химии. Он не только читал студентам лекции, но и ввел обязательные лабораторные занятия по различным разделам химии, в том числе и органической химии.

В скромной химической лаборатории Казанского университета Н. Н. Зинин работал обычно вместе со своими учениками, на глазах у всех. Он периодически знакомил студентов с ходом своих собственных работ, приучал их тщательно проверять опыты других исследователей. Когда он видел, что студент уже достаточно подробно знаком с литературой и научился работать в лаборатории, он поручал ему самостоятельное исследование. Все это возбуждало большой интерес к химии, позволяло обстоятельно знакомиться с ее успехами и принимать посильное участие в ее развитии.

А. М. Бутлеров, ученик Н. Н. Зинина, работу в лаборатории Казанского университета описывает так: «Шестнадцатилетний студент-новичок — я в то время, естественно, увлекался наружной стороной химических явлений и с особенным интересом любовался красивыми красными пластинками азобензола, желтой игольчатой кристаллизацией азоксибензола и блестящими серебристыми чешуйками бензидина. Н. Н. обратил на меня внимание и скоро познакомил меня с ходом своих работ и с различными телами бензойного и нафталинового рядов, с которыми он работал прежде. Мало-помалу я стал работать по преимуществу под руководством Н. Н., который не ограничивался собственными исследованиями, но зачастую интересовался также повторением чужих опытов. Поручая их отчасти ученикам, он большую часть опыта успевал, однако, всегда вести собственными руками. Так, вместе с ним проделали мы ряд уже довольно многочисленных, известных тогда производных моче-вой кислоты, приготавливали производные индиго, занимались продуктами сухой перегонки «драконовой крови», добывали яблочную, галлусовую, муравьиную, слизевую, щавелевую кислоты и проч. При этих разнообразных опытах ученику приходилось волей-неволей знакомиться с различными отделами органической химии, и это знакомство напрашивалось само собою — облекалось, так сказать, в плоть и кровь, потому что вещества, из того или другого отдела, в натуре проходили перед глазами. А непререкаемым быть не приходилось, когда работалось вместе и заодно с профессором! Какой живой интерес к делу вселялся таким образом в учащегося, видно из того, что, не довольствуясь опытами в университетской лаборатории, я завел у себя и домашнее приготовление кой-каких препаратов <...> Так умели наши наставники — и Н. Н. в особенности возбуждать и поддерживать в учащихся научный интерес»<sup>76</sup>.

<sup>76</sup> Бородин А. П., Бутлеров А. М. Николай Николаевич Зинин... — В кн.: Зинин Н. Н. Указ. соч., с. 188—189.

А вот как характеризовал А. М. Бутлеров лекции Н. Н. Зинина: «... всякий, слышавший его как профессора или как ученого, о нем общего сообщение о своих исследованиях, знает, каким замечательным лектором был Зинин: его живая, образная речь всегда ярко рисовала в воображении слушателей все им излагаемое; высокий, как бы слегка крикливый тон, чрезвычайно отчетливая дикция, удивительное умение показать рельефно важные стороны предмета — все это увлекало слушателей, постоянно будило и напрягало их внимание»<sup>77</sup>.

На лекциях и на занятиях по органическому анализу Н. Н. Зинин в живой, увлекательной беседе высказывал не раз свои соображения о натурфилософии, процветавшей тогда в Германии, о «высшей задаче химии». Эти соображения Зинин ярко высказал в своей речи «Взгляд на современное направление органической химии», прочитанной 8 июня 1847 г. на торжественном собрании в Казанском университете: «... определение свойств тел и их состава не есть предел химического знания; высшая задача науки состоит в отыскании зависимости свойств от состава, закона состава, а вместе с тем и закона происхождения тела...»<sup>78</sup>.

Пройдет несколько лет, и А. М. Бутлеров решит эту «высшую задачу науки» — разработает теорию химического строения, которая раскроет зависимость свойств соединений от их строения.

#### НАЧАЛО НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А. М. БУТЛЕРОВА В КАЗАНИ

Александр Михайлович Бутлеров родился 3(15) сентября 1828 г. в г. Чистополе бывш. Казанской губернии<sup>79</sup>. В 1844 г. он поступил в Казанский университет. Под влиянием лекций Н. Н. Зинина и К. К. Клауса Бутлеров окончательно решил посвятить себя химии. К химическим занятиям Бутлерова привлек Зинин, который читал курс органической химии и под руководством которого проводились практические занятия в химической лаборатории. Но в конце 1847 г. Зинин переехал в Петербург, и Бутлеров остался без руководителя.

По словам В. В. Марковникова, «в течение целых десяти лет Бутлеров на первых порах был предоставлен самому себе, в самом восточном университете, вдали от оживляющих сношений с другими учеными»<sup>80</sup>. Может быть, именно такое состояние молодого учено-

<sup>77</sup> Там же, с 189—190.

<sup>78</sup> Зинин Н. Н. Взгляд на современное направление органической химии. Казань, 1847. 25 с.; цит. по: Зинин Н. Н. Указ. соч., с. 169.

<sup>79</sup> О жизни и деятельности А. М. Бутлерова см.: Быков Г. В. Александр Михайлович Бутлеров: Очерк жизни и деятельности. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 218 с. (Серия НБЛ).

<sup>80</sup> Марковников В. В. Московская речь о Бутлерове/Под ред. и с примеч. Ю. С. Мусабеева.— Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 143.

го, т. е. полная свобода, без каких-либо личных авторитетных влияний, и создало тот благоприятный климат для вызревания самостоятельной оригинальной личности, способной смело «отрешиться от устаревшего» в науке.

В 1851 г. А. М. Бутлеров защитил в Казанском университете магистерскую диссертацию «Об окислении органических соединений», а в 1854 г. в Московском университете — докторскую диссертацию «Об эфирных маслах». Обе эти диссертации свидетельствуют о том, что молодой ученый еще придерживался устаревших теорий органической химии. В начале 1854 г. Бутлеров, после защиты докторской диссертации в Московском университете, приехал в Петербург к Н. Н. Зинину. «Непродолжительных бесед с Н. Н., в это мое пребывание в Петербурге, было достаточно, чтобы время это стало эпохой в моем научном развитии: Н. Н. указал мне на значение учения Лорана и Жерара<...> Я последовал этим советам, и они двинули меня настолько по научному пути, что пребывание за границей в 1857—58 году могло уже вполне довершить мое превращение из ученика в ученого»<sup>81</sup>.

17 февраля 1858 г. на заседании Парижского химического общества А. М. Бутлеров выступил с докладом «О конституции тел вообще», который был встречен с большим интересом и вниманием. Вернувшись в Казань, Бутлеров начал читать лекции по органической химии, в ходе которых он все больше убеждался в необходимости коренных изменений в теоретической органической химии. В 1859—1861 гг. в химической лаборатории Казанского университета Бутлеров выполнил ряд первоклассных экспериментальных исследований. Он открывает полимер формальдегида ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), который с аммиаком образует гексаметиленetetрамин, или уротропин,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ . Изучение производных метилена привело Бутлерова к каталитическому синтезу «метиленитана», сахара из группы гексоз  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . В 1861 г. Бутлеров писал: «Таким образом, это первый полный синтез сахаристого вещества»<sup>82</sup>. Получение «метиленитана» было высоко оценено крупными органиками-синтетиками. «Среди всех искусственных сахарообразных продуктов,—отмечал, например, Э. Фишер,—о которых химическая литература сообщала до 1887 г., только один выдержал проверку временем — это сладкий сироп, полученный А. М. Бутлеровым»<sup>83</sup>. Указанные синтезы Бутлеров осуществил еще до создания теории химического строения, о которой пойдет речь в следующей главе.

<sup>81</sup> Бутлеров А. М. Соч.: В 3-х т. М.: Изд-во АН СССР, 1958, т. 3, с. 101.

<sup>82</sup> Там же, 1953, т. 1, с. 66.

<sup>83</sup> Фишер Э. Избранные труды. М.: Наука, 1979, с. 126 (Классики науки).

УЧЕНИКИ Н. Н. ЗИНИНА  
В ПЕТЕРБУРГСКОЙ  
МЕДИКО-ХИРУРГИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ

Мы уже говорили, что в конце 1847 г. Н. Н. Зинин переехал в Петербург, где он был избран ординарным профессором Петербургской медико-хирургической академии<sup>84</sup> по кафедре химии и физики. По предложению Зинина, на первом курсе академии читались неорганическая химия и аналитическая химия, причем по неорганической химии читались две лекции в неделю, а по аналитической — три лекции, по полтора часа каждая. На втором курсе читалась органическая химия с применением ее к патологии и физиологии. Зинин считал, что химия должна преподаваться не только путем лекций, но главным образом в химической лаборатории, где учащиеся должны выполнять практические работы. Во времени приезда Зинина в Петербург в Медико-хирургической академии возможности в этом отношении были весьма невелики. На химию в Академии ассигновалось в год всего 30 рублей с правом требовать еще столько же в течение года. Химическая лаборатория была крайне неблагоустроена: две мрачные комнаты со сводами, каменным полом, всего несколько столов и пустых шкафов. Вытяжных шкафов не было: перегонка, выпаривание и другие процессы нередко приходилось производить во дворе, даже зимой. Естественно, что об организованных практических занятиях в этой лаборатории не могло быть и речи. «Но и при этих условиях, — писал А. П. Бородин, — у Н. Н. находились всегда охотники работать. Человек шесть-шесть всегда работало, частью на собственные средства, частью на личные средства Н. Н.»<sup>85</sup> Так продолжалось до начала 1860-х годов, когда перед Зининым возникла трудная задача, связанная с перестройкой преподавания химии в Академии, особенно с постановкой практических занятий и исследовательской работы на современном уровне науки.

Н. Н. Зинин ясно понимал, что для успешного преподавания химии в том направлении, в каком он хотел бы, была необходима хорошо оборудованная химическая лаборатория. Он прежде всего занялся ассигнований на пополнение ее оборудования и на ее ремонт; в лаборатории стало возможным производить самые необходимые исследования. Затем Зинин поставил вопрос о постройке новой химической лаборатории, отвечающей требованиям современной науки. Осуществить это удалось через несколько лет.

В 1863 г. открылся Естественно-исторический институт, где студенты и врачи под руководством Н. Н. Зинина начали практические занятия по аналитической и физиологической химии во вновь построенных лабораториях.

<sup>84</sup> С 1881 г. — Военно-медицинская академия.

<sup>85</sup> Бородин А. П., Бутлеров А. М. Николай Николаевич Зинин... — В кн.: Зинин Н. Н. Указ. соч., с. 496.



*Александр Порфирьевич  
Бородин*

Еще в стенах старой химической лаборатории Медико-хирургической академии под руководством Н. Н. Зинина были выполнены первые оригинальные работы Н. Н. Бекетова, А. Н. Энгельгардта и А. П. Бородина.

Магистерская диссертация Н. Н. Бекетова, защищенная им 17 мая 1853 г. в Петербургском университете, носит название «О некоторых новых случаях химического сочетания и общие замечания об этих явлениях». Тема эта была выбрана, конечно, не без влияния Зинина: как мы знаем, его интересовал вопрос о различном характере водорода в органических соединениях.

В заключение своей диссертации Н. Н. Бекетов написал: «Во работы мои были произведены в лаборатории Н. Н. Зинина при Ме-

дико-хирургической академии, и я считаю приятнейшею обязанностью изъяснить ему публично мою искреннюю признательность и благодарность от лица многих за то, можно сказать, отеческое внимание, которое он постоянно оказывает всем молодым людям, посвятившим себя науке»<sup>86</sup>.

Под руководством и тоже не без влияния Н. Н. Зинина выполнял в 1855—1859 гг. свои исследования А. Н. Энгельгардт. Они были посвящены изучению производных анилина и бензальдегида.

В 1853 г. студент третьего курса Александр Бородин<sup>87</sup> обратился к Н. Н. Зинину с просьбой предоставить ему возможность работать в профессорской лаборатории под его руководством. Убедившись в способностях Бородина и в серьезности его намерений, Зинин согласился удовлетворить его просьбу, и студент Бородин получил, таким образом, возможность работать в лаборатории под руководством Зинина.

В 1856 г. А. П. Бородин окончил Академию с похвальным листом. Через два года, 3 мая 1858 г., ему, после успешной защиты

<sup>86</sup> Бекетов Н. Н. О некоторых новых случаях химического сочетания и общия замечания об этих явлениях. СПб., 1853, с. 49—50.

<sup>87</sup> Александр Порфирьевич Бородин (1833—1887), выдающийся русский композитор и химик.

О жизни и деятельности Бородина см.: Фигуровский Н. А. Соловьев Ю. И. Александр Порфирьевич Бородин. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 212 с.

докторской диссертации «Об аналогии мышьяковой кислоты с фосфорикой в химическом и токсикологическом отношениях», присуждается ученая степень доктора медицины.

А. П. Бородин впервые получил фторсодержащее органическое соединение (фтористый бензоил), первым описал реакцию бромирования серебряных солей жирных кислот и получения соответствующих алкилгалогенидов.

Наибольшее значение среди работ А. П. Бородина имеют исследования, посвященные изучению продуктов конденсации альдегидов. В мае 1864 г. Бородин закончил тему «О действии натрия на валеральдегид». Он впервые начал изучать продукты взаимодействия альдегидов и щелочных металлов. Ранее считалось, что альдегиды, подобно спиртам, могут давать металлсодержащие соединения замещением водорода на металл. Но Бородину своими исследованиями удалось показать, что при действии натрия на валериановый альдегид образуется соединение, которое никоим образом не является продуктом простого замещения водорода на металл, а представляет собой сложную смесь разных химических соединений. Из валерианового альдегида были получены валериановая кислота и амиловый спирт. Это был первый случай, показавший возможность одновременного восстановления и окисления альдегидной группы соединений жирного ряда.

4 мая 1872 г. на заседании Русского физико-химического общества А. П. Бородин сделал сразу три сообщения о результатах своей многолетней работы по конденсации альдегидов<sup>88</sup>. Он изучил конденсацию уксусного, валерианового и энантового альдегидов. Исследуя действие на альдегиды щелочей, соляной кислоты, фосфорного ангидрида, пятихлористого фосфора, хлористого цинка и др., Бородин нашел, что при этих реакциях образуются те же продукты конденсации, что и при действии едкого натра (с выделением воды). Изучая реакцию конденсации ацетальдегида, он открыл новое химическое соединение, известное в органической химии под названием альдоль<sup>89</sup>:



Ацетальдоль обладает свойствами альдегидов и спиртов.

Альдольная конденсация, изучаемая многими химиками, в настоящее время применяется для получения низкомолекулярных полимерных продуктов.

Одновременно с А. П. Бородиным изучением ацетальдоля занимался известный французский химик А. Вюрц. Бородин, узнав о работах Вюрца, выступил с короткой статьей в «Berichte der Deut-

<sup>88</sup> Бородин А. П. О действии натрия на валеральдегид; о действии натрия на энантол; о получении продукта уплотнения обыкновенного альдегида. — ЖРХО, 1872, т. 4, с. 207—209.

<sup>89</sup> Реакция альдольной конденсации была впоследствии использована И. И. Остромысленским для получения бутадиена из спирта.

schen chemischen Gesellschaft zu Berlin» (1873, т. 6, с. 982—985) и не стал развивать далее свои исследования, посвященные альдоло. «Когда Бородин спросили, отчего он уступил Вюрцу исследование альдолов, он с горечью ... ответил: „Моя лаборатория еле существует на те средства, которые имеются в ее распоряжении, у меня нет ни одного помощника, между тем как Wurtz имеет огромные средства и работает в 20 рук благодаря тому, что не стесняется заваливать своих лаборантов черной работой“»<sup>90</sup>. Эти слова правдиво характеризовали условия работы русских химиков-экспериментаторов.

Ученик А. П. Бородина А. П. Дианин<sup>91</sup> изучал превращение фенолов и дифенолов путем окисления. Эти исследования послужили темой магистерской диссертации, которую он защитил в 1880 г. в Харьковском университете. В этом же университете он защитил докторскую диссертацию «О продуктах конденсации кетонов с фенолами» (1899). До Дианина конденсация фенолов с кетонами не изучалась. Исследования продуктов конденсации фенолов с кетонами привели впоследствии к изучению синтетических смол, которые нашли широкое применение в промышленности.

13) Научная деятельность А. М. Бутлерова, А. П. Бородина и других учеников Н. Н. Зинина высоко подняла авторитет отечественной химии.

Роль Николая Николаевича Зинина как основателя первой русской школы химиков-органиков трудно переоценить. Большинство русских химиков — ученики Зинина или ученики его учеников<sup>92</sup>.

«Не всякому деятелю, — говорил А. П. Бородин, — выпадает на долю увидеть плоды своей деятельности: полное развитие заложенного им дела. В этом отношении Н. Н. выпала завидная доля: на его глазах зарождалась, развивалась и протекала ученая деятельность тех поколений созданной им школы, не только детей его по науке, но внуков и даже правнуков, тех юнейших членов тесной уже многочисленной семьи русских химиков, которым принадлежит будущее науки»<sup>93</sup>.

<sup>90</sup> В кн.: Энцикл. словарь/Брокгауз и Ефрон. СПб., 1981, т. 7(IV), с. 440.

<sup>91</sup> Александр Павлович Дианин (1851—1918), окончил Медико-хирургическую академию. В 1873—1880 гг. — ассистент А. П. Бородина, с 1881 г. адъюнкт-лаборант при кафедре фармазии, а с 1890 г. — профессор химии.

См.: Дианин С. А., Петров А. Д. Александр Павлович Дианин. — В кн. Материалы по истории отечественной химии: Сб. докл. на Втором Всесоюзном совещ. по истории отеч. химии. 21—26 апр. 1951 г. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 97—104.

<sup>92</sup> См.: Данилов С. П. Памяти Н. Н. Зинина — основателя русской школы химиков-органиков: К 75-летию со дня смерти. — Журн. общ. химии, 1950, т. 25, вып. 13, с. 2353—2374.

<sup>93</sup> Цит. по кн.: Фигуровский Н. А., Соловьев Ю. И. Указ. соч., с. 11.

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

НАУЧНЫЕ ЦЕНТРЫ  
И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
РУССКИХ ХИМИКОВ  
во второй половине XIX —  
начале XX века

*«Поколение, для которого начало его сознательного существования  
совпало с тем, что принято называть шестидесятыми годами,  
было, без сомнения,  
счастливейшим из когда-либо нарождавшихся на Руси.  
Весна его личной жизни совпала с тем дуновением общей весны,  
которое пронеслось из края в край страны,  
пробуждая от умственного окования и спячки,  
сковывавших ее более четверти столетия.  
И вот почему те, кто сознают себя созданием этой эпохи,  
неизменно хранят благодарную память о тех,  
кто были ее творцами».*

*(Тимирязев К. А.*

*Развитие естествознания в России в эпоху 60-х годов. —  
Соч. М.: Сельхозгиз, 1939, т. 8, с. 139).*





## ВВЕДЕНИЕ

**П**осле реформы 1861 г. развитие капитализма в России пошло ускоренными темпами<sup>1</sup>. В больших и малых городах строятся фабрики, заводы, открываются новые предприятия, по стране потянулись ленты железных дорог, возникают целые промышленные районы, особенно на Юге России<sup>2</sup>, где зарождалась новая производственная база страны, опирающаяся на природные запасы железных руд и угля. Поднималась «будущая сила, покоящаяся на берегах Донца».

В последнем десятилетии XIX в., кроме большого числа мелких, главным образом кустарного или полукустарного типа, химических производств, стали возникать предприятия, оснащенные машинной техникой и в какой-то степени соответствовавшие состоянию науки и техники того времени. К ним можно отнести такие заводы, как Константиновский химический завод в Донбассе (с мая 1897 г.), Донецкий содовый завод «Любимов, Сольве и К°», введенный в эксплуатацию в 1892 г., содовый завод в г. Саянск (1898 г.).

В. И. Ленин в «Развитии капитализма в России», сравнивая молодую промышленность Юга со старинным хозяйством Урала, писал: «Южный район горнопромышленности представляет из себя во многих отношениях диаметрально противоположность Уралу. Насколько Урал стар и господствующий на Урале порядки „освящены веками“, настолько Юг молод и находится в периоде формирования. Чисто капиталистическая промышленность, выросшая здесь в последние десятилетия, не знает ни традиций, ни сословности, ни национальности, ни замкнутости определенного населения. В Южную Россию целыми массами переселялись и переселяются иностранные капиталы, инженеры и рабочие, а в современную эпоху горячки (1898) туда перевозятся из Америки целые заводы»<sup>3</sup>.

Статистические данные о выплавке чугуна в России, о добыче каменного угля убедительно говорили об интенсивном промышленном развитии Юга России.

Развивающаяся отечественная промышленность, развернувшееся строительство железных дорог, перевооружение армии и флота требовали все большего количества металлов и химических продуктов. «Имея железа в изобилии, — писал выдающийся русский металлург Д. К. Чернов, — мы можем и пахать глубоко, и солому снять с

<sup>1</sup> Струмилин С. Г. Очерки экономической истории России и СССР. М.: Наука, 1966. 514 с.

<sup>2</sup> Фомин П. И. Горная и горнозаводская промышленность Юга России. Харьков, 1915. Т. I. VI+487 с.

<sup>3</sup> Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 3, с. 488.

рыш, и лыком перестать вязать. Если железо есть орудие цивилизации, то дайте народу железо, культура его поднимется...»<sup>4</sup>.

В 1864 г. вблизи Петербурга вырос большой сталепушечный завод (Обуховский завод, ныне з-д «Большевик»). Первую плавку стали (294 пуда) завод выдал в середине апреля 1864 г.<sup>5</sup>

К концу XIX в. значительно возросло производство химических продуктов. В. И. Ленин приводит следующие сведения о росте химического производства: «... в 1857 г. потреблялось в России химических продуктов на 14 млн. руб. ... в 1880 г. — на 36¼ млн. руб. ... в 1890 г. — на 42,7 млн. руб. ... Эти данные особенно интересны потому, что химические производства имеют чрезвычайно важное значение, как изготовляющие вспомогательные материалы для крупной машинной индустрии, т. е. предметы *производительного* (а не *личного*) потребления»<sup>6</sup>.

Число рабочих на химических заводах увеличилось с 8554 человек в 1865 г. до 24 107 человек в 1890 г.<sup>7</sup>

Рост русской промышленности выдвинул много новых научных и технических проблем. Возникла настоятельная потребность в создании организационного центра, который содействовал бы их решению. Виднейшие деятели молодой отечественной индустрии и крупнейшие ученые того времени выступили с предложением создать в Петербурге Русское техническое общество. Это предложение сразу же встретило одобрение и сочувствие в широких общественных кругах. В 1866 г. утверждается устав Общества, в основу которого легла идея содействия развитию техники и промышленности в России<sup>8</sup>. В состав Общества входило несколько отделов, важнейшим из которых был отдел химических производств и металлургии. Членами этого отдела Общества были деятели не только основных химических производств, но и производств пищевых продуктов и минеральных вод, красок, фарфора, фаянса и т. д. Русское техническое общество издавало свои «Записки...», в которых отразилась вся история развития технической мысли в России во второй половине XIX в. В эти годы ярко проявилось стремление использовать крупнейшие научные открытия в отечественной практике, но оно, однако, наталкивалось на косность и бюрократизм. Русские ученые часто были свидетелями того, как их открытия использовались в промышленности других стран, особенно в Германии.

<sup>4</sup> Чернов Д. К. Взгляд на положение железных заводов на Урале. — Зап. Рус. техн. о-ва, 1881, вып. 1, с. 65.

<sup>5</sup> Кантарева Н. А. Обуховский сталепушечный завод. СПб., 1913. 76 с.

<sup>6</sup> Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 3, с. 475–476.

<sup>7</sup> Лукьянов П. М. Краткая история химической промышленности СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1956, с. 159; см. также: Федотов П. П. Современное состояние химической промышленности в России. СПб., 1902. 144 с.

<sup>8</sup> В действительные члены Общества приписывались деятели различных отраслей отечественной промышленности. Почетными членами Общества были также виднейшие ученые, как Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров. Во главе Общества стоял тогда П. А. Кочубей, преподаватель химии в Михайловском артиллерийском училище.

Например, в 70–80-х годах прошлого столетия русские ученые и техники остро ставили вопрос о получении из нефти ароматических углеводородов — исходных продуктов для приготовления красящих веществ. В многочисленных статьях по этому вопросу указывалось, что наладить производство анилиновых красок в России особенно легко, ибо под руками находится ценнейшее сырье — кавказская нефть. Интересно отметить, что по поводу этого источника получения в России ароматических промежуточных продуктов в Германии и Англии высказывались явные опасения. Так, крупный немецкий химик К. Либерман писал по этому поводу следующее: «Если подумать о быстром расширении нефтяной промышленности на Кавказе, о громадном запасе нефтяных остатков, которые притом постоянно увеличиваются, то сделается понятным, что когда способ газификации нефти с совместным получением (ароматической) смолы окажется выгодным, тогда добывание ароматических углеводородов в Баку может достигнуть такого развития, благодаря которому возникнет опасная конкуренция германским производителям бензола и антрацена»<sup>9</sup>.

Германское правительство и руководители немецких анилиновых трестов, учитывая это, стремились подчинить себе русский рынок и всячески препятствовали развитию в России самостоятельного красочного производства. Они смотрели на Россию как на свой колониальный рынок. В то же время царское правительство совершенно не заботилось о поддержке всяких начинаний в области получения в России ароматических углеводородов, промежуточных соединений и красящих веществ. А попытки эти были сделаны.

В конце 70-х и 80-х годах прошлого столетия некоторые мануфактурные фабрики центральной России организовали свое ализариновое производство. Но все эти начинания весьма скоро натолкнулись на затруднения, связанные с получением дешевого сырья — антрацена и антрахинона. Германские ализариновые фабрики старались всячески тормозить производство ализарина в России, продавая свое сырье — антрацен и антрахинон — по высокой цене и в то же время поставляя в Россию ализарин, приготовленный в Германии, по самым дешевым ценам. И в результате все начинания, связанные с производством ализарина в России, были приостановлены на самых первых своих стадиях. Образовался, таким образом, как бы единый фронт, от чиновников царского правительства до бакинских фабрикантов, прорвать который было почти невозможно.

В 1876 г. в Лондоне была организована Всемирная промышленная выставка, на которой был представлен большой отдел химических препаратов, главным образом органических соединений. Россия по числу представленных препаратов заняла второе место.

<sup>9</sup> Цит. по кн.: *Фигуровский Н. А., Соловьев Ю. И.* Николай Николаевич Зинин: Биографический очерк. М.: Изд-во АН СССР, 1957, с. 162.

реди этих препаратов достойное место заняли соединения, синтезированные Н. Н. Зининым, А. М. Бутлеровым, А. П. Бородиным и другими русскими химиками. Но эти соединения, однако, не имели в России своего практического применения.

Причины заключались в том, что «работникам на поприще промышленности,— по мнению Д. П. Коновалова,— необходимо знание во всех его формах, необходимо профессиональное образование, необходима подготовка исполнителей. Но только тогда, когда во всех отраслях нашей промышленности завоюют себе окончательно место специалисты с солидной научной подготовкой, мы будем в меньшей зависимости от запада в сфере технических приемов. Необходимо, чтобы высшие научные знания приобрели прочное положение в технике»<sup>10</sup>.

Призывы к тесному общению науки и производства лейтмотивом звучали во многих публичных выступлениях ученых<sup>11</sup>, ярко выражая патриотические чувства русских химиков, которые все больше осознавали, что русскую действительность «химической силой не перешибешь». Особенно это почувствовалось после 1884 г., когда был введен новый университетский устав, который упразднял «вольности» устава 1863 г. Новый устав, по словам Д. И. Менделеева, «таскал светлые стороны лишь недавно возбужденной русской научной деятельности». Новый университетский устав отменил выборы профессоров, запретил студенческие сходки. Е. Е. Вагнер писал Н. А. Меншуткину: «До сих пор... я утешался мыслью, что есть же на Руси места, где дышится свободнее, живет лучше. А теперь, с введением нового устава, пожалуй, все приведено к одному ординару. Вместо капли свободы — гнет, вместо правового порядка — произвол. Да, тяжело, очень тяжело»<sup>12</sup>.

1860—1880-е и последующие годы в истории России вошли как годы бурного подъема революционно-демократического движения. По главе революционного движения 60—80-х годов XIX в. стала разночинная интеллигенция. От сочинений Н. Г. Чернышевского «шло духом классовой борьбы». В 1879 г. Ф. Энгельс писал: «Уже несколько лет я обращаю внимание европейских социалистов на положение в России, где назревают события решающего значения»<sup>13</sup>.

По словам Г. В. Плеханова, Россия остановила на себе «зрочок мира». Передовые люди Европы с восхищением следили за борьбой горстки героев за политическую свободу.

<sup>10</sup> Коновалов Д. П. Промышленность Соединенных Штатов Северной Америки и современные приемы химической технологии. Металлы. Нефть. Дерево. Химические производства. СПб., 1894, с. 158.

<sup>11</sup> См., например: Марковников В. В. Современная химия в русской химической промышленности.— В кн.: Марковников В. В. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 651 (Классики науки).

<sup>12</sup> Цит. по кн.: Меншуткин Б. Н. Жизнь и деятельность Николая Александровича Меншуткина. СПб., 1908, с. 105.

<sup>13</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 19, с. 158.

В связи с выходом в Лондоне в 1885 г. книги С. М. Степняка (Кравчинского) «Подпольная Россия» известный американский писатель Марк Твен 23 апреля 1891 г. писал автору: «Я прочитал „Подпольную Россию“ от начала до конца с глубоким, жгучим интересом. Какое величие души! Я думаю, только жестокий русский деспотизм мог породить таких людей! По доброй воле пойти на жизнь, полную мучений, и в конце концов на смерть только ради блага *других* — такого мученичества, я думаю, не знала ни одна страна, кроме России»<sup>14</sup>.

Для 60-х годов XIX столетия характерно широкое пробуждение общественного сознания в России. Оно коснулось самых различных сторон науки и искусства и вызвало особенно большое стремление к изучению естественных наук.

В начале 1860-х годов группа русских прогрессивных ученых (А. Н. Бекетов, В. М. Аничков, М. Я. Киптары, Э. Х. Ленц, А. Н. Энгельгардт) приступила к изданию «Энциклопедического словаря, составленного русскими учеными и литераторами»<sup>15</sup>.

В 1890 г. по инициативе известного профессора Петербургского университета И. Е. Андреевского (1831—1891) был основан «Энциклопедический словарь» (издатели Ф. А. Брокгауз и И. А. Ефрон). После смерти Андреевского в 1891 г. издатели предложили Д. И. Менделееву взять на себя редактирование «Энциклопедического словаря». Менделеев отказался от этого предложения, но взял на себя редактирование статей по отделу «химико-техническому и фабрично-заводскому». В своем прекрасно написанном уведомлении «К статьям о заводско-фабричных производствах» Менделеев писал: «Зная из личных своих сношений, что спрос на такие (научно-технические. — Ю. С.) сведения существуют в России с разных сторон и что для удовлетворения ему в отношении к большинству заводско-фабричных дел должно отсылать желающих к разбросанным статьям специальных изданий, недоступных большинству ищущих, и сознавая, что весьма близка эпоха нового более, чем ныне, широкого промышленного развития России, я не мог отказаться от предложения издателей „Энциклопедического словаря“ редактировать статьи этого обширного издания, относящиеся к тому отделу практических знаний, который обыкновенно называется «технологией»<sup>16</sup>. В качестве авторов статей для «Энциклопедического словаря» Д. И. Менделеев привлек таких видных химиков, как И. И. Канонников, М. Г. Кучеров, А. Р. Шуляченко, Ф. М. Флавицкий, М. Д. Львов, А. И. Горбов<sup>17</sup> и многие другие.

<sup>14</sup> Твен М. Собрание сочинений: В 12-ти т. М.: Гослитиздат, 1961, т. 12, с. 613—614.

<sup>15</sup> «Энциклопедический словарь» вышел в шести томах в 1861—1864 гг. Редактором химического отдела словаря был А. Н. Энгельгардт.

<sup>16</sup> Менделеев Д. И. К статьям о заводско-фабричных производствах. — В кн.: Энцикл. словарь/Брокгауз и Ефрон. СПб., 1891, т. 8 (IV), с. II.

<sup>17</sup> Александр Иванович Горбов (1859—1939), окончил Петербургский университет (1883). Ученик А. М. Бутлерова и Д. И. Менделеева. В 1885—

Определенные Менделеевым статьи были помечены после подписи автора буквой А.

В 1860—1870-е годы в университеты устремилась молодежь из среды разночинной интеллигенции. Математика и физика, химия и биология сделались «кумиром» тогдашней молодежи.

«Всякому, кто бывал в наших университетах,— писал Д. И. Писарев в 1863 г.,—случалось видеть в аудиториях молодых людей, бедно одетых, худых и бледных, истомленных бегом по грошным урокам и, несмотря на то, усердно посещающих и записывающих все назначенные по расписанию лекции. История Ломоносова повторяется у нас в России каждый день..»<sup>18</sup>

Уже в первое десятилетие после реформы 1861 г. естествознание в России буквально рванулось вперед. К. А. Тимирязев, анализируя причины столь успешного развития естественных наук в России начиная с 60-х годов, отмечал, что если бы русское общество не пробудилось тогда к «новой кипучей деятельности, может быть, Менделеев и Ценковский скоротали бы свой век учителями в Симферополе и Ярославле... а сапер Сеченов рыл бы траншеи по новым правилам своего искусства»<sup>19</sup>.

Социально-исторические условия развития России после 1861 г. коренным образом изменили пути и темпы развития естественных наук, а вместе с тем и судьбы людей, посвятивших себя интересам отечественной науки.

Химия в эти годы заняла среди естественных наук лидирующее положение. По словам К. А. Тимирязева: «...За какие-нибудь 10—15 лет русские химики не только догнали своих старших европейских собратьев, но порою даже выступали во главе движения, так что... английский химик Франкланд мог с полным убеждением сказать, что химия представлена в России лучше, чем в Англии, обществом Гумфри Дэви, Долтона и Фарадея. Успехи химии были, несомненно, самым выдающимся явлением на общем фоне возрождения наук в ту знаменательную эпоху»<sup>20</sup>.

В 1894 г. работал в Химической лаборатории Петербургской Академии наук. С 1894 г.—заведующий химической лабораторией Инженерной академии в Петербурге. Для «Энциклопедического словаря» Брокгауза и Ефрона написал 125 статей по химии и ее истории, содержащих богатый историко-химический материал, основанный на изучении многочисленных первоисточников. Большой интерес представляют также статьи: «Что есть химия?» (ЖРФХО. Ч. хим., 1914, т. 46, вып. 1, отд. II, с. 1—27), «История вопроса о конституции кислот» (Там же, вып. 4, отд. II, с. 95—158).

См.: *Окатов А. П.* Александр Иванович Горбов.—Журн. прикл. химии, 1939, т. 12, вып. 6, с. 795—798.

<sup>18</sup> *Писарев Д. И.* Наша университетская наука.— Полн. собр. соч.: В 6-ти т. 4-е изд. СПб., 1904, т. 3, с. 65.

<sup>19</sup> *Тимирязев К. А.* Развитие естествознания в России в эпоху 60-х годов.— Соч. М.: Сельхозгиз, 1939, т. 8, с. 144.

<sup>20</sup> Там же, с. 154—155; см. также: *Уинни У. П.* О значении работ русских химиков для мировой химии: Речь президента Английского химического общества, произнесенная на годовом собрании Общества 27 марта 1924 г./Пер. В. Г. Хлопина. Л.: Науч. хим.-техн. изд-во НТО ВСНХ, 1924. 50 с.



Николай Николаевич  
Соколов

## ПЕРВЫЙ РУССКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ И ПЕРВЫЕ ЧАСТНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЛАБОРАТОРИИ

Еще в конце 1850-х годов назрела острая потребность в объединении русских химиков. Необходимо было обмениваться мнениями, сообщать о своих работах, обсуждать новые идеи и теории, делиться своими замыслами, знакомить русскую молодежь с новейшими успехами естественных наук и особенно химии.

Публикация статей в химическом отделе «Горного журнала» уже не могла больше удовлетворить русских химиков. Жить в «чужом доме» становилось все теснее. Одним из первых, кто это ясно осознал, был Н. Н. Соколов<sup>21</sup>. Он энергично взялся за организацию

печатного органа русских химиков. «Сначала он пытался достигнуть этого расширением химического отдела Горного журнала, но затем начинает издавать (при содействии молодого химика-артиллериста, впоследствии столь известного А. Н. Энгельгардта<sup>22</sup>) на свои собст-

<sup>21</sup> Николай Николаевич Соколов (1826—1877), окончил Петербургский университет (1847), в 1860—1863 гг. читал в нем курс органической химии. «Блестящий, остроумный, с несколько скептическим и саркастическим складом ума и неумолимой логикой, он был профессор в лучшем смысле слова» (Тимирязев К. А. Указ. соч., с. 150). В 1863 г. Соколов переехал в Одессу, где заведовал кафедрой химии Новороссийского университета. В 1872—1877 гг. возглавлял кафедру химии Петербургского земледельческого института. К ученикам Соколова принадлежат такие видные русские химики, как Н. А. Меншуткин, П. А. Лачинов, М. Г. Кучеров, А. А. Вериге.

См.: Мусабекоев Ю. С. Выдающийся химик-общественник Николай Николаевич Соколов (1826—1877).— Журн. прикл. химии, 1949, т. 22, № 14, с. 1133—1142.

<sup>22</sup> Александр Николаевич Энгельгардт (1832—1893), окончил Михайловское артиллерийское училище. В 1853—1863 гг. служил в Артиллерийском ведомстве. С 1866 г.— профессор химии Петербургского земледельческого института. Здесь он организовал хорошо оборудованную химическую лабораторию, в которой совместно с П. А. Лачиновым выполнил серию работ по химии ароматических соединений. В 1870 г. А. Н. Энгельгардту и П. А. Лачинову Петербургская Академия наук присудила премию имени М. В. Ломоносова за исследования крезолов и нитросоединений.

См.: Козлов Н. С. Научная и общественная деятельность А. Н. Энгельгардта.— Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1960, т. 30, с. 111—134; см. также: Исторический очерк развития С.-Петербургского лесного института (1803—1903). СПб., 1903. 153 с.— Ю. С.

новые средства первый в России «химический журнал». Убедившись в полной неудовлетворительности *собственно химической* лаборатории университета, он основывал опять на свои средства первую в России частную химическую лабораторию (в Галерной улице, недалеко от Сената, также при участии Энгельгардта), в которой молодые химики за очень умеренную плату могли найти обстановку современной европейской лаборатории и руководство опытного знатока этого нового и для Европы дела»<sup>23</sup>.

Цель, которую Н. Н. Соколов и А. Н. Энгельгардт поставили перед собой, основывая журнал, была выражена ими в первом выпуске этого журнала:

«Многостороннее влияние химии на жизнь современного общества сделало ее одной из наук, наиболее возбуждающих интерес публики. Это влияние, однако, может быть вполне благотворным только тогда, когда наука изучается основательно, когда в обществе есть достаточное число людей, обладающих значительной массой положительных химических знаний, а не довольствующихся, более или менее, смутными, полуверными понятиями о предмете. Полагая, что в нашем обществе есть уже много людей, настолько развитых, чтобы сознательно принять на себя всегда нелегкий труд основательного изучения химии, надо желать, чтобы существовали необходимые для этого средства. Эти средства главным образом состоят:

- 1) в учебниках, излагающих науку в настоящем ее состоянии;
- 2) в публичной лаборатории, потому что только с помощью практических занятий совершенно ясно усваивается узнанное из книг, а главное — узнается многое необходимое, до чего другим путем никогда нельзя дойти, и приобретается возможность рационального применения добытых знаний; наконец,
- 3) в специальном химическом журнале, который, беспрестанно сообщая все новейшие открытия в науке, постоянно поддерживал бы на высоте современности тех членов общества, которые специально занимаются химиею»<sup>24</sup>.



Александр Николаевич  
Энгельгардт

<sup>23</sup> Тимирязев К. А. Указ. соч., с. 150.

<sup>24</sup> [Соколов Н. Н., Энгельгардт А. Н.] От редакции. — Хим. журн. Н. Соколова и А. Энгельгардта, 1859, т. 1, кн. 1, с. I—VI.



В «Химическом журнале» публиковались оригинальные исследования русских химиков, переводы наиболее выдающихся зарубежных работ, рефераты, критика иностранных и русских сочинений, информация о важнейших событиях химии.

В двух выпусках первого тома «Химического журнала» была опубликована докторская диссертация Н. Н. Соколова «О водороде в органических соединениях»<sup>25</sup>, в которой описывалось открытие глицериновой кислоты, относящейся к тому же классу оксикислот, что и открытая ранее Соколовым гликолевая кислота. В диссертации была развита важная мысль о существовании в молекулах органических веществ водородных атомов с различными функциональными особенностями, что внесло ясность в представление об атомности и основности кислот, разграничив спиртовой (гидроксильный), кислотный (карбоксильный) водороды и водород в углеводах. Там же была опубликована большая статья Соколова «О современном направлении химии», в которой рассматривались злободневные проблемы органической химии<sup>26</sup>.

Первые свои оригинальные физико-химические исследования в «Химическом журнале» опубликовали Н. Н. Бекетов<sup>27</sup> и Д. И. Менделеев<sup>28</sup>. Понятие «температуры абсолютного кипения» (критическая температура), по современной терминологии) Менделеев впервые сформулировал именно в статье «Частичное сцепление некоторых жидких органических соединений».

В 1859 г. во втором томе «Химического журнала» появился перевод большой статьи А. Сент-Клер Девилья и А. Дебре «О платине и сопровождающих ее металлах»<sup>29</sup>, в которой авторы описали получение всех платиновых металлов в свободном состоянии, свойства платиновых металлов и их соединений, систематический ход анализа и т. п.<sup>30</sup> (Заслуживает внимания тот факт, что переводчик этой статьи Н. Н. Соколов в многочисленных своих примечаниях ссылается на исследования К. К. Клауса.)

<sup>25</sup> Соколов Н. Н. О водороде в органических соединениях.— Там же, кн. 2, с. 118—142; кн. 4, с. 247—288.

<sup>26</sup> Соколов Н. Н. О современном направлении химии.— Там же, кн. 1, с. 1—26; кн. 2, с. 78—92; кн. 3, с. 167—192.

<sup>27</sup> Бекетов Н. Н. О действии водорода под различными давлениями на некоторые металлические растворы.— Там же, кн. 3, с. 213—217; Бекетов Н. Н. О некоторых явлениях восстановления.— Там же, т. 2, кн. 1, с. 24—28.

<sup>28</sup> Менделеев Д. И. Частичное сцепление некоторых жидких органических соединений.— Там же, 1860, т. 3, с. 81—95, 145—170.

<sup>29</sup> Сент-Клер Девилья, Дебре. О платине и сопровождающих ее металлах. Там же, 1859, т. 2, с. 321—365.

<sup>30</sup> А. Сент-Клер Девилья и А. Дебре в статье «Металлургическая обработка платины и металлов, ее сопровождающих» сделали примечание относительно рутения: «История этого металла должна рассматриваться совершенно окончательно вследствие удивительных работ г. Клауса, которому, по нашему мнению, кроме чрезвычайно трудных открытий, обязаны прекраснейшей монографией, которая была опубликована об этом металле» (Горн. журн., 1861, № 5, с. 247).

За два года было выпущено 24 книжки (четыре тома, по шесть выпусков в каждом томе), общим объемом свыше 1700 страниц.

Н. Н. Соколову и А. Н. Энгельгардту принадлежит также инициатива в создании в 1858 г. своей химической лаборатории<sup>31</sup>. В этой лаборатории, в частности, была выполнена магистерская диссертация ученика А. А. Воскресенского И. А. Тютчева «О гликозах вообще и о вновь полученном соединении бензойнокислом гликоме». Известный русский химик П. П. Алексеев писал: «Я не могу вспомнить без чувства особенного удовольствия лекций и вечерних бесед в лаборатории г.г. Энгельгардта и Соколова, которые я посещал, будучи студентом. Они так заинтересовали меня, что я не пропустил ни одной из них, несмотря на то, что не принадлежал к числу практикантов»<sup>32</sup>.

Интересные воспоминания о существовании в Петербурге частных химических лабораторий оставил академик Н. Н. Бекетов. «В начале пятидесятых годов (с 1852—1856) профессор технической химии при С.-Петербургском университете Павел Антонович Ильенков основал свою собственную лабораторию, хорошо приспособленную для научно-химических исследований; в ней, кроме самого Ильенкова, работал и Николай Николаевич Соколов (впоследствии профессор С.-Петербургского, а затем Одесского университета), при этой лаборатории в квартире Ильенкова в 1854—55 г. собирався кружок химиков<sup>33</sup> для сообщения о своих работах; это был, пожалуй, зачаток, или, лучше сказать, предвестник Русского химического общества...»<sup>34</sup>.

## СОЗДАНИЕ РУССКОГО ХИМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

28 декабря 1867 г. в Петербурге открылся Первый съезд русских естествоиспытателей. На этом съезде члены химической секции съезда 3 января 1868 г., по инициативе Н. А. Меншуткина, Н. Н. Зинина и Д. И. Менделеева, решили создать химическое об-

<sup>31</sup> Частная лаборатория не могла долго существовать без финансовой поддержки. Через три года лаборатория закрылась, а все ее оборудование было пожертвовано Петербургскому университету, куда перешел работать Н. Н. Соколов.

<sup>32</sup> Цит. по кн.: Киприанов А. И., Бабичев Ф. С., Мушкало Л. К. *Очерки по истории органической химии в Киевском университете*. Киев: Изд-во Киевского ун-та, 1954, с. 17.

<sup>33</sup> В этом кружке принимали участие П. А. Ильенков, Н. Н. Соколов, Ю. Ф. Фрицше, Н. Н. Зинин, Л. Н. Шишков, Н. Н. Бекетов, А. Н. Энгельгардт, Н. А. Иванов. Кружок Ильенкова просуществовал около двух лет. Больные речи профессоров, обсуждение злободневных вопросов общественного устройства и политики царского правительства (неудачи в Крымской войне), видимо, просочились за стены частной лаборатории и стали известными жандармскому отделению. Кружок перестал существовать. — Ю. С.

<sup>34</sup> Бекетов Н. Н. *История химической лаборатории при Академии наук*. — В кн.: Ломоносовский сборник: Материалы для истории развития химии в России. М., 1901, с. 5 (отд. pag.).



Члены химической секции Первого съезда русских естествоиспытателей  
Стоят (слева направо): Ф. Р. Вреден, П. А. Лачинов, Г. А. Шмидт,  
А. Р. Шуляченко, А. П. Бородин, Н. А. Меншуткин, Н. А. Соковнин,  
Ф. Ф. Бейльштейн, К. И. Лисенко, Д. И. Менделеев, Ф. Н. Савченков.  
Сидят (слева направо): В. Ю. Рихтер, С. И. Ковалевский, Н. П. Нечаев,  
В. В. Марковников, А. А. Воскресенский, П. А. Ильенков, П. П. Алексеев,  
А. Н. Энгельгардт

щество, которое должно было объединить не только петербургских, но и вообще всех русских химиков. На последнем общем собрании этого съезда, 4 января 1868 г., по предложению химической секции, было вынесено следующее постановление:

«Химическая секция заявила единодушное желание образовать в Петербурге Химическое общество для общения сложившихся у сил русских химиков. Секция полагает, что это общество будет иметь членов во всех городах России и что его издание будет включать труды всех русских химиков, печатаемые на русском языке. Секция просит Съезд ходатайствовать об утверждении общества»<sup>35</sup>. Члены Съезда единодушно одобрили эту просьбу. После работы окончательного проекта устава учредительными собраниями от 15 февраля и 19 сентября 1868 г. он был представлен на утверждение министра народного просвещения.

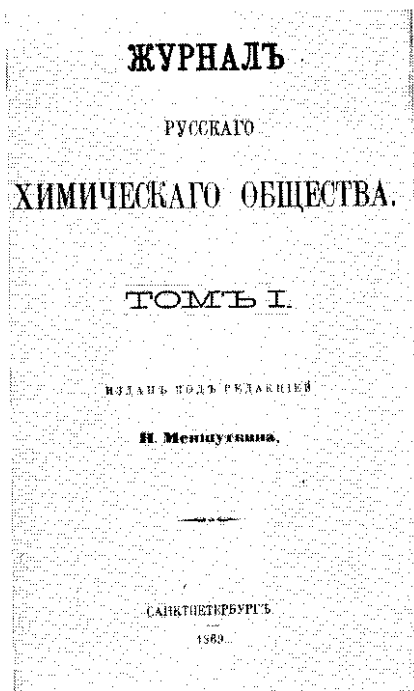
6 ноября 1868 г. состоялось первое заседание Русского химического общества под председательством Д. И. Менделеева. Первым президентом был избран Н. Н. Зинин. В числе остальных членом

<sup>35</sup> Протокол Третьего общего заседания Съезда русских естествоиспытателей (4 января 1868 года). СПб., 1868, с. 4—5.

его состава назовем П. П. Алек-  
сандров, Ф. Ф. Бейльштейна, Н. Н. Бе-  
лоселова, А. П. Бородин, Н. А. Бун-  
дза, Ф. Р. Вредена, Г. Г. Густавсо-  
ва, П. А. Ильенкова, К. И. Лисен-  
ко, И. А. Меншуткина, В. Ю. Рих-  
тер, Ю. К. Траппа, Ю. Ф. Фриц-  
берг, А. И. Ходнева, Л. Н. Шишко-  
ва, Р. Шуляченко, А. П. Энгель-  
с и др. Из иногородних хими-  
ков их числу в следующем же  
присоединились В. В. Мар-  
шак, А. М. Зайцев, А. Н. По-

возникнув в эпоху живой  
русской мысли,— писал Л. А.  
Бундза,— когда, наряду с провоз-  
водниками и сторонниками новых  
идей в науке, было немало  
людей, придерживавшихся пре-  
жних взглядов. Химическое обще-  
ство замедлило сделаться ар-  
еной самого оживленного обмена  
идей, горячих споров, придавав-  
ших особый интерес заседаниям,  
более, что в них участвовали  
и сами творцы тех открытий, тех  
направлений, которые со-  
ставляли предмет спора»<sup>36</sup>.

Русское химическое общество поставило своей целью содейство-  
вать развитию химии и распространять химические знания в нашей  
стране<sup>36а</sup>. Общество стало издавать свой журнал — «Журнал Рус-  
ского химического общества». Уже в первом томе журнала, вышед-  
шем в 1869 г., была опубликована работа Д. И. Менделеева по пе-  
риодическому закону, которая принесла славу и ее автору, и жур-  
налу<sup>37</sup>.



*Титульный лист первого тома  
«Журнала Русского  
химического общества»*

<sup>36</sup> Чугаев Л. Русское физико-химическое общество.— Наука и ее работники. 1922, № 1, с. 15—16.

<sup>36а</sup> Только за 1869—1899 гг. на заседаниях Русского физико-химического общества было сделано 2510 научных сообщений и опубликовано в журнале общества 1692 работы русских химиков (см.: Энцикл. словарь/Брокгауз и Ефрон. СПб., 1899, т. 55 (XXVIII), с. 758).

<sup>37</sup> 18 февраля 1871 г. Н. Н. Зинин писал Д. И. Менделееву: «С особым вниманием прочитал статью Вашу (во 2-м выпуске, часть III Журн. Хим. общ.) „Естественная система элементов...“ и проч. Очень, очень хорошо,—премного отличных сближений,—даже весело читать. Дай бог Вам удачу в опытным подтверждении главных выводов» (Менделеев Д. И. Научный архив ЛГУ, д. 1-13-39-133, л. 1—2).

Первым редактором журнала (до 1900 г.) был профессор Петербургского университета Н. А. Меншуткин, которому Общество очень обязано за тот высокий уровень, которого быстро достигло это издание.

С течением времени объем журнала и число статей увеличивались. Ни одна сколько-нибудь значительная работа русского химика не проходила без того, чтобы не найти отражения на страницах журнала. За 62 года существования «Журнала Русского физико-химического общества» в нем было опубликовано более 3600 оригинальных исследований русских ученых.

В 1873 г. Д. И. Менделеев предложил печатать в «Журнале Русского химического общества» протоколы заседаний и труды Физического общества. После принятия этого предложения было изменено и название печатного органа: он стал именоваться «Журнал Русского химического общества и Физического общества при С.-Петербургском университете». Первоначально статьи и химиков, и физиков печатались вместе, именно так и был составлен пятый том. Но в конце 1873 г., по просьбе физиков, было решено со следующего тома объединить физические статьи в самостоятельный отдел.

Наметившееся сближение двух обществ побудило Д. И. Менделеева внести предложение (8 января 1876 г.) об их объединении. При этом он предполагал, что в результате должно быть образовано единое Русское физико-химическое общество «с двумя отделениями и с общими публичными заседаниями». Предложение Менделеева было одобрено комиссией, специально созданной по этому поводу. Официальное же утверждение устава Русского физико-химического общества министром народного просвещения состоялось в январе 1878 г. Соответственно было изменено начиная с 11-го тома название журнала, который стал именоваться «Журнал Русского физико-химического общества».

Желая увековечить память великих русских химиков, почитатели их деятельности пожертвовали часть своих капиталов, проценты с которых в течение ряда лет выдавались в качестве премий за лучшие работы по химии, выполненные в России. Таковы две Бутлеровские премии и две Менделеевские — Большая и Малая, премии имени Л. Н. Шникова. Эти премии сыграли, бесспорно, важную роль в истории русской химии, поскольку тем самым оказывалось моральное и отчасти материальное поощрение выдающимся ученым.

В знак уважения и огромной роли Н. Н. Зинина и А. А. Воскресенского в развитии химии в России в 1880 г. Русское физико-химическое общество учредило премию имени Н. Н. Зинина и А. А. Воскресенского для поощрения дальнейшего развития химии в России. Премия присуждалась за лучшие самостоятельные исследования, выполненные в России и опубликованные на русском языке.

Из пожертвований В. Ф. Лугинина в 1880 г. была учреждена премия имени Н. Н. Соколова, которая присуждалась до 1888 г. Первую премию получил Н. А. Меншуткин в 1882 г. за исследование по химической кинетике: «Влияние изомеризации спиртов и кислот на образование сложных эфиров».

В 1885 г. Русское физико-химическое общество присудило премию имени Н. Н. Соколова в размере 500 рублей. М. Г. Кучерову за открытие и исследование реакций между соединениями ртути и тиосоединениями ацетиленового ряда».

В ноябре 1893 г. состоялся праздник отечественной химии — отмечалось 25-летие со дня основания Русского химического общества. Русские химики собрались 6 ноября на экстренное общее собрание общества, чтобы торжественно отметить эту знаменательную дату.

В своей речи один из учредителей Общества, Л. Н. Шипков, сказал: «Оглядываясь назад, на протекшее время, нельзя не порадоваться тем поистине громадным успехам, которые сделала химия в нашем отечестве. Мы с удовлетворенным патриотическим чувством можем теперь взирать на труды наших прочих европейских собратьев, и этому мы обязаны нашим передовым ученым, умевшим собрать около себя и вдохновить к труду столько молодых сил»<sup>38</sup>.

В 1894 г. отдельным изданием были опубликованы речи на юбилейном собрании, в которых был дан обстоятельный обзор работ русских химиков в области физической и органической химии<sup>39</sup>.

## СЪЕЗДЫ РУССКИХ ЕСТЕСТВОИСПЫТАТЕЛЕЙ И ВРАЧЕЙ

Большое научное значение в развитии отечественного естествознания, в объединении научных сил русских ученых, а также в организации научно-исследовательских работ в России для совместного решения важнейших научных проблем, для изучения естественных богатств России играли съезды русских естествоиспытателей и врачей<sup>40</sup>. На этих съездах докладывались результаты многолетних трудов, наблюдений и интересных опытов русских ученых. Здесь часто намечались новые задачи, закладывались основы новых направлений в науке. Уже в самом начале организации съездов

Речь Л. Н. Шипкова. — В кн.: Русское химическое общество. XXV (1868—1893). Отделение химии Русского физико-химического общества: Отчет об экстренном общем собрании Русского физико-химического общества 6 ноября 1893 г. СПб., 1894, с. 70.

См.: Речь: Бекетов Н. Н. Физическая химия и Русское химическое общество. — Там же, с. 16—26; Меншуткин Н. А. Участие Физико-химического общества в общем ходе развития органической химии. — Там же, с. 27—39; Вейльштейн Ф. Ф. О работах членов Русского физико-химического общества по ароматическому ряду. — Там же, с. 39—56.

См.: Погосев А. В. Двадцатипятилетие (1861—1886) естественных наук в России: Исторический обзор деятельности съездов естествоиспытателей и врачей в России и Западной Европе. М., 1887, 408 с.

русских естествоиспытателей и врачей перед ними была поставлена основная задача «споспешествовать ученой и учебной деятельности (русских ученых.— Ю. С.) на поприще естественных наук, направлять эту деятельность главным образом на ближайшее исследование России и на пользу России и доставлять русским естествоиспытателям случай лично знакомиться между собою»<sup>41</sup>. В своих докладах русские ученые выдвигали задачу всестороннего изучения природных богатств России. Так, Д. И. Менделеев в своем докладе на VI съезде (1880) предложил русским ученым изучать отдаленные от центра районы России (Сибирь, Дальний Восток и др.), мало обследованные в естественнонаучном и экономическом отношении. «Пусть знают в России, что естествоиспытатели не схоластики и отдадут свой долг родине на том самом поприще, где они действуют»<sup>42</sup>,— говорил он.

На этих съездах русские ученые имели возможность близко знакомиться друг с другом, узнавать о том, какие исследования проводятся в смежных дисциплинах, получить совет и помощь, услышать авторитетные суждения о своих работах. Особенно это было важно для ученых, работавших на периферии<sup>43</sup>. Оживленные научные дискуссии на съездах оказывали плодотворное влияние на развитие науки.

Для историка науки съезды русских естествоиспытателей и врачей представляют большой интерес, ибо они отражают поступательный ход развития естествознания в нашей стране, качественный и количественный рост науки в России<sup>44</sup>.

Доклады русских химиков, представленные на Первом съезде, свидетельствовали о том, что в России в эти годы начался расцвет химической науки, для решения важных проблем теоретической и практической химии были привлечены новые научные силы. Участие в работе Первого съезда многих молодых ученых говорило о том, что развитие естествознания вообще, и химии в частности, имеет хорошую перспективу.

<sup>41</sup> Бекетов А. Историческая записка об учреждении и ходе Первого съезда русских естествоиспытателей.— В кн.: Труды Первого съезда русских естествоиспытателей в С.-Петербурге, происходившего с 28 декабря 1867 г. по 4 января 1868 г. СПб., 1868, с. V.

<sup>42</sup> Речи и протоколы VI съезда русских естествоиспытателей и врачей в С.-Петербурге с 20 по 30 декабря 1879 г. СПб., 1880, с. 75.

<sup>43</sup> 18—27 августа 1883 г. в Одессе проходил VII съезд русских естествоиспытателей и врачей, в работе которого принял участие А. М. Бутлеров. Доклады Бутлерова на съезде произвели сильное впечатление на одесских химиков. Н. Д. Зелинский, например, писал впоследствии: «Не имея счастья быть непосредственным учеником Бутлерова, считаю себя в химическом образовании моим духовно с ним связанным. Вспоминаю то мое настроение и внимание, с которым я слушал, будучи студентом третьего курса, доклады Александра Михайловича на Съезде естествоиспытателей в Одессе в 1883 г.» (цит. по ст.: Богатский А. В. А. М. Бутлеров на VII съезде русских естествоиспытателей и врачей.— *Вопр. истории естествознания и техники*, 1962, вып. 12, с. 170).

<sup>44</sup> С 1868 по 1913 г. было организовано тринадцать съездов.

Это убедительно показал Второй съезд русских естествоиспытателей и врачей, который проходил в Москве с 20 по 30 августа 1869 г. На съезде было представлено гораздо больше докладов по химии, чем на Первом съезде. Значительное место в работе химической секции Второго съезда заняли исследования русских ученых в области органической химии. Так, ряд докладов был посвящен изучению явлений изомерии в органической химии. В качестве примера можно указать доклады Ф. Ф. Бейльштейна и А. П. Кульберга «Об изомерных нитротолуолах и толудидах», А. Н. Энгельгардта и П. А. Лачинова «Об изомерных крезолах и их производных». В. В. Марковников сообщил о начатых им исследованиях по вопросу о взаимном влиянии атомов. М. М. и А. М. Зайцевы сделали важное сообщение о применении цинк-натрия в синтезах органических соединений. А. П. Бородин доложил об открытой им изокaproиновой кислоте  $C_{10}H_{20}O_2$ , ее альдегиде  $C_{10}H_{20}O$ . Исследования Бородина в этом направлении привели его впоследствии к открытию альдольной конденсации. А. Я. Данилевский сделал интересный доклад о результатах своих исследований над белковыми веществами, в котором сообщил о составе и свойствах белкового вещества альбумина. Ученик А. М. Бутлерова А. Н. Попов рассказал об итогах исследований, подтверждающих найденное им правило окисления кетонов. Бутлеров сообщил важные результаты исследования триметилкарбинола и третичных спиртов вообще.

В работе Третьего съезда естествоиспытателей, который состоялся с 20 по 30 августа 1871 г. в Киеве, принимали активное участие Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров, Н. Н. Бекетов, П. П. Алексеев, В. В. Марковников, В. М. Петриев (Петрипавили), А. Ф. Волкова, первая русская женщина-химик, и др. Интересное сообщение было сделано В. В. Марковниковым о молекулярных соединениях. В этом сообщении он отметил, что совершенно нет оснований выделять в особую группу так называемые молекулярные соединения. Перейдя затем к вопросу об атомности элементов, Марковников указал на то, что «атомность элементов не есть величина определенная, но может изменяться, смотря по условиям, в очень широких границах»<sup>45</sup>. Сообщение Марковникова вызвало продолжительную дискуссию, в которой приняли участие Д. И. Менделеев, Н. Н. Бекетов, А. М. Бутлеров, А. А. Вериги и др.

Четвертый съезд русских естествоиспытателей и врачей состоялся с 22 по 27 августа 1873 г. в Казани. На первом заседании химической секции А. М. Зайцев отметил значение казанской химической лаборатории в развитии химии в России. Многочисленные доклады, прочитанные на этом съезде русскими химиками, были главным образом посвящены органической химии. Ряд докладов сделал от своего имени и от имени своих учеников А. П. Бородин.

<sup>45</sup> Труды Третьего съезда русских естествоиспытателей в Киеве, происходившего с 20 по 30 августа 1871 года. Киев, 1873, с. 3 (отд. pag.).



А. М. Бутлеров сообщил о пинаколине. А. Н. Попов доложил новые данные об окислении кетонов, третичных алкогелей. Большое число важных фактов сообщили в своих докладах А. М. Зайцев, Г. Г. Густавсон, Ф. М. Флавицкий, А. П. Эльтеков. Многие из этих исследований были посвящены дальнейшему развитию отдельных вопросов теории химического строения Бутлерова.

С 1 по 8 сентября 1876 г. состоялся V съезд русских естествоиспытателей и врачей в Варшаве, на котором химия вновь была представлена большим количеством докладов. Содержательный доклад, посвященный изучению изобутилена, сделал А. М. Бутлеров; эта работа явилась наиболее крупным исследованием Бутлерова в области полимеризации углеводов.

Из работ, доложенных русскими химиками на VI съезде, состоявшемся в Петербурге с 20 по 30 декабря 1879 г., следует особо отметить сообщение Г. Г. Густавсона «Теория реакций, совершающихся при участии хлористого и бромистого алюминия», в котором была показана роль галогидных солей алюминия в синтезе алкилпроизводных бензола и арилпроизводных метана. А. Л. Потылицын сообщил, что результаты его экспериментальных работ по термохимии противоречат принципу максимальной работы М. Бергго. Доклад Потылицына вызвал оживленные прения, в которых участвовали Д. И. Менделеев, Н. А. Меншуткин, Н. Н. Бекетов, Г. Г. Густавсон и др.

Н. Н. Бекетов сделал доклад «О разложении окиси натрия водородом и соединении ее с углекислотой». Он показал, что водород может восстанавливать безводную окись натрия с образованием гидроокиси натрия и металла в свободном состоянии. Ученик А. М. Бутлерова А. Н. Вышнеградский доложил о своих исследованиях над восстановлением хинолина и этилпиридина, в которых он применил впервые для этого натрий в этиловом спирте. (А. Ладенбург только в 1884 г. использовал этот метод для восстановления пиридина.)

Следует также остановиться на докладе Н. Н. Каяндера «О скорости растворения магния в различных кислотах», в котором автор сообщил, что изучение процессов химических реакций и механизма взаимодействия веществ в растворах позволило ему прийти к заключению, что по мере разбавления в растворах появляются разомкнутые, т. е. свободные, частицы, что эти частицы активны, способны к реакциям, что распад замкнутых частиц (молекул), размыкание их происходит под влиянием растворителя. В свете последующего развития учения о растворах (создание С. Аррениусом теории электролитической диссоциации, 1884—1887) выводы Каяндера надо признать весьма оригинальными.

Начиная с VIII съезда, который состоялся в Петербурге с 28 декабря 1889 г. по 7 января 1890 г., все больше и больше появляются работ русских химиков в области физической химии. Одно за одним следуют сообщения, посвященные изучению природы раство-

ров, кинетике и катализу. Сообщались исследования, в которых применялись физические методы для изучения химических превращений. Из работ по физической химии следует отметить термохимические исследования В. Ф. Лутинина и его учеников (А. Н. Щукарева, П. В. Зубова и др.) (X съезд), исследования Н. А. Меншуткина по кинетике химических реакций (IX съезд), работы Н. И. Канонникова «О соотношениях между вращательной и светопреломляющей способностью химических соединений» (VIII съезд), работы Н. А. Шилова о влиянии среды на скорость химических процессов, М. С. Цвета о теории адсорбции (XII съезд) и др. Большое место среди докладов химической секции этих съездов занимали исследования по растворам, посвященные, с одной стороны, разработке химической теории растворов Менделеева, а с другой — обсуждению теории электролитической диссоциации Аррениуса (В. А. Кистиковский, XI съезд). С каждым съездом значительно увеличивалось и число участников-химиков, и число научных докладов по химии. Постоянно возрастал общий интерес к съездам. Все это говорило о той выдающейся роли, которую сыграли съезды русских естествоиспытателей и врачей как в общей истории культурного развития России, так и в прогрессе отечественной химии.

Съезды русских естествоиспытателей и врачей послужили прообразом Менделеевских съездов.

В 1907 г. при подготовке Русским физико-химическим обществом торжественного чествования памяти Д. И. Менделеева возникла мысль об организации Первого Менделеевского съезда по общей и прикладной химии, который состоялся в Петербурге с 20 по 30 декабря 1907 г.

Какие задачи выдвигались перед Менделеевскими съездами? В Положениях о «Менделеевском съезде по общей и прикладной химии», утвержденном на Первом съезде, было записано: «Менделеевский съезд по общей и прикладной химии имеет целью способствовать успехам химии и ее приложений в России и вместе с тем объединению лиц, занимающихся химиею и ее приложениями»<sup>46</sup>.

21—28 декабря 1911 г. состоялся Второй Менделеевский съезд по общей и прикладной химии и физике, на котором академик Н. И. Вальден выступил с докладом «О развитии химии в России».

Менделеевские съезды, где заслушивались и обсуждались многие оригинальные исследования русских химиков, вызывали большой интерес в научном мире<sup>47</sup>. Они демонстрировали возрастающую роль химии в экономической и культурной жизни страны.

<sup>46</sup> Труды Первого Менделеевского съезда по общей и прикладной химии, состоявшегося в С.-Петербурге с 20 по 30 декабря 1907 г. СПб., 1909, с. II; см. также: [Баумгарт К.] Первый Менделеевский съезд. С.-Петербург, 20—30 декабря 1907 г.—ЖРФХО. Ч. физ., 1908, т. 40, вып. 2, с. 60—70.

<sup>47</sup> Более подробно см.: Козлов В. В. Очерки истории химических обществ СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 610 с.

## КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Научные исследования, выполненные Н. Н. Зининым и К. К. Клаусом в Казани, создали высокий научный авторитет Казанскому университету, в химической лаборатории которого были сделаны открытия выдающегося значения. В конце 1850-х — начале 1860-х годов благодаря научной и педагогической деятельности ученика Н. Н. Зинина А. М. Бутлерова Казанский университет еще больше прославился — в его стенах была создана теория химического строения.

### Глава 8

## ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ А. М. БУТЛЕРОВА

**С**ороковые—пятидесятые годы XIX в. были характерны для химии жаркими спорами, которые велись сторонниками различных теорий. Вместе с развитием атомно-молекулярного учения шло становление органической химии как науки. Одни взгляды быстро сменялись другими. Вновь полученные факты могли либо полностью отвергнуть, казалось бы, твердо установившиеся взгляды, либо разрушить отдельные положения, претендовавшие на роль истинных теорий в органической химии. И поэтому трудно было предугадать, что мог принести с собой следующий день — или утверждение, или опровержение каких-то принятых гипотез<sup>1</sup>.

Создание унитарной системы и теории типов Жерара привело к возникновению учения о валентности (1857—1858). Однако попытки развить и закрепить «типический» взгляд на строение органического соединения путем усложнения типов и применения смешанных типов нарушили первоначальную простоту и ясность типических формул. Усложнение теории типов привело к ее крушению.

Такова была ситуация в органической химии, когда в конце 1850-х годов к исследованиям в этой области приступил А. М. Бутлеров.

Впервые как химик-теоретик А. М. Бутлеров заявил о себе в 1859 г., когда в немецком журнале «Annalen der Chemie und Phar-

<sup>1</sup> См.: Челинцев В. Состояние органической химии к началу 1860-х годов. — Архив истории науки и техники, 1935, № 5, с. 101—159; Быков Г. В. До-структурные теории органической химии в России. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1958, т. 18, с. 165—212.

наше» — он опубликовал «Замечания по поводу новой химической теории А. С. Купера». Текст этой статьи убедительно говорит о том, что Бутлеров уже в 1858—1859 гг. глубоко интересовался теоретическими проблемами органической химии. И быстрый отклик на статью английского химика Купера, опубликованный в 1858 г.<sup>2</sup>, подтверждает, что Бутлеров — пока еще сторонник и защитник теории типов Жерара, но он уже признает, что «последняя не вполне соответствует современному состоянию науки». «Новые открытия позволяют нам пойти в наших теоретических воззрениях гораздо дальше, чем раньше»<sup>3</sup>.

По словам В. В. Марковникова, «Первые неопределенные попытки (Купера и Кекуле.— Ю. С.) высвободиться из оков схематической теории типов не привели ни к каким результатам <...>

В это время молодой казанский химик... продолжает все глубже и глубже вдумываться в догматы своей химической веры, сравнивает ее с прежними учениями и их видоизмененными современными остатками, осматривается в массе ежедневно появляющихся новых открытий и все более и более убеждается, что пророки, которых он слушал, смотрят на сущность химических явлений односторонне, и вот результатом его размышлений является новая теория»<sup>4</sup>.

В чем же заключалась новизна этих идей и какие положения составили основу теории химического строения?<sup>5</sup>

19 сентября 1861 г. на 36-м съезде немецких врачей и естествоиспытателей в г. Шпейер А. М. Бутлеров выступил с докладом «О химическом строении веществ», в котором высказал основное положение теории химического строения: «...химическая натура каждой частицы определяется натурой элементарных составных частей, количеством их и химическим строением... каждый химический атом, входящий в состав тела, принимает участие в образовании этого последнего и действует здесь определенным количеством принадлежащей ему химической силы (сродства)»...<sup>6</sup>.

Какую новую программу исследований открывала перед химиками теория химического строения? В чем заключались новые по-

<sup>2</sup> Имеется в виду статья А. С. Купера «О новой химической теории» (Phil. Mag. Ser. 4, 1858, vol. 16, p. 104—116). Перепеч. в кн.: Столетие теории химического строения: Сб. ст. А. М. Бутлерова, А. Кекуле, А. С. Купера, В. В. Марковникова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 31—45.

<sup>3</sup> Бутлеров А. М. Замечания по поводу новой химической теории А. С. Купера.— Соч.: В 3-х т. Изд-во АН СССР, 1953, т. 1, с. 37, 38.

<sup>4</sup> Марковников В. В. Московская речь о Бутлерове/Под ред. и с примеч. Ю. С. Мусабекова.— Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 158.

<sup>5</sup> История создания и утверждения теории химического строения подробно освещена в монографии Г. В. Быкова «История классической теории химического строения» (М.: Изд-во АН СССР, 1960. 311 с.).

<sup>6</sup> Бутлеров А. М. О химическом строении веществ.— Уч. зап. Казанского ун-та. Отд. физ.-мат. и мед. наук, 1862, вып. 1, отд. 1, с. 1—11; цит. по кн.: Бутлеров А. М. Соч., т. 1, с. 70.

ложения теории Бутлерова, отличающие ее от предшествующих теорий?

А. М. Бутлеров выдвинул принципиально новое положение о «распределении действий» (курсив нап. — Ю. С.) химической силы (сродства), «вследствие которого химические атомы, посредственно или непосредственно влияя друг на друга, соединяются в химическую частицу»<sup>7</sup> и образуют неравноценные межатомные связи. Энергия этой связи «изменяется смотря по натуре действующих веществ и по условиям, при которых действие происходит»<sup>7а</sup>.

Предшествующие, добутлеровские, теории основывались на тождественности всех межатомных связей в молекуле. Но если бы это было так, то химическая активность всех соединений в одних и тех же условиях была бы одинаковой. Многочисленные экспериментальные данные, полученные в органической химии к началу 60-х годов XIX в., однако, опровергали это положение. Органические соединения, вступая в реакцию, проявляют различную химическую активность, которую Бутлеров объяснил различием их химического строения, понимая под этим различием, во-первых, бесчисленные возможности изменения свойств одного и того же элемента при переходе его из одного соединения в другое, и, во-вторых, изменением «напряжения» химической связи, обусловленного взаимным влиянием атомов в молекуле.

«Теория химического строения Бутлерова потому именно и стала действенным орудием органического синтеза, что она ввела в понятие структуры самое важное для практического преобразования вещества: представления о „порядке связей“ в молекулах, т. е. в сущности об их „энергетической характеристике“»<sup>8</sup>.

Выявить «порядок химического взаимодействия различных атомов в молекуле», как показал А. М. Бутлеров, можно на основании тех реакций синтеза, разложения и замещения, которые проходят с наименьшим изменением химического строения соединения, т. е. когда затрачивается минимальное число связей.

«Заклучения о химическом строении веществ, — отмечал А. М. Бутлеров, — по всей вероятности, можно всего лучше будет основывать на изучении способов их синтетического образования — и преимущественно — на таких синтезах, которые совершаются при температуре мало возвышенной, и — вообще — при условиях, где можно следить за ходом постепенного усложнения химической частицы»<sup>9</sup>.

В 1862/63 учебном году студенты Казанского университета впервые услышали от А. М. Бутлерова, что «...в смысле химического

<sup>7</sup> Бутлеров А. М. Соч., т. 1, с. 70.

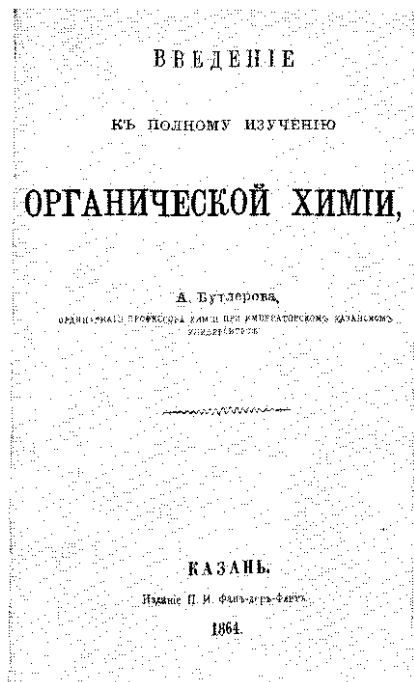
<sup>7а</sup> Там же, с. 72.

<sup>8</sup> Кузнецов В. И. Теория химического строения Бутлерова — первая теория реакционной способности органических веществ. — Журн. орган. химии, 1978, т. 14, вып. 9, с. 1793—1801.

<sup>9</sup> Бутлеров А. М. Соч., т. 1, с. 71.



АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ  
БУТЛЕРОВ



Титульный лист  
книги А. М. Бутлерова  
«Введение к полному изучению  
органической химии»

пени, критически к различным воззрениям,— писал Бутлеров,— я излагаю в кратком историческом очерке главнейшие фазы развития теоретической химии»<sup>10</sup>.

Впервые в мировой химической литературе появилось руководство, в котором фактический материал органической химии рассматривался на основе теории химического строения. Эта книга, по словам В. В. Марковникова, «составила тогда эпоху в развитии теоретических представлений, положенных в основу современной химии, и открывала обширный горизонт для совершенно новых исследований»<sup>12</sup>. Содержание «Введения...» произвело сильное впечатление на ученых.

строения может для каждого тела существовать одна только рациональная формула, выражающая это строение. От химического строения зависят реакции; следовательно, зная эту зависимость и выражая формулой строение, мы выражаем все те превращения, которым вещество может подвергнуться»<sup>10</sup>. Материал этих лекций лег в основу первого выпуска классического труда «Введение к полному изучению органической химии», опубликованного в Казани в 1864 г. (второй и третий выпуски вышли в 1865—1866 гг.).

В предисловии к этой книге (датированном 14-м января 1864 г., Казань) А. М. Бутлеров высказал ряд общих мыслей, которые заслуживают того, чтобы их здесь привести. Он считает, что именно теории «кладут прочную основу действительному знанию». В то же время он предостерегает читателя «от излишнего доверия к ним. Чтобы рельефнее выставить это значение и дать возможность учащемуся отнестись, до некоторой сте-

<sup>10</sup> Бутлеров А. М. Вступительные лекции из курса органической химии, прочитанные студентам Казанского университета в 1862/63 учебном году.— Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1954, т. 2, с. 132.

<sup>11</sup> Бутлеров А. М. Соч., 1953, т. 2, с. 11.

<sup>12</sup> Марковников В. В. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 683 (Классики науки).

В 1865 г. Ф. Ф. Бейльштейн писал А. М. Бутлерову: «Чтение Вашей книги было для меня особенно ценно в одном отношении. Новые структурные формулы вызывали во мне раньше всегда только страх. Теперь же я счастлив, что как следует понял их смысл... для химиков... открывается новый мир, о котором сторонники теории типов не подозревали...»<sup>13</sup>.

Н. П. Бекетов писал 6 марта 1867 г. из Харькова А. М. Бутлерову: «...В настоящее — переходное для нашей науки — время Ваше сочинение появилось как нельзя более кстати; все интересующиеся здесь химиею оценили по возможности Ваш труд и, можно сказать, с радостью бросились на него, и тем более, что имя Ваше, так блистательно связанное с последними успехами и с новым направлением науки, придает ему особенный авторитет»<sup>14</sup>.

В 1867—1868 гг. в Лейпциге был опубликован немецкий перевод «Введения...».

В 1868 г. вышли в свет «Лекции органической химии» профессора Киевского университета П. П. Алексеева, первый учебник органической химии, в основу которого легла теория химического строения.

«...от П. П. [Алексеева] впервые услышала химическая лаборатория Киевского университета изложение этой господствующей теории...»<sup>15</sup>.

В 1870 г. в Петербурге В. Ю. Рихтер<sup>16</sup> опубликовал в двух вышедших «Учебник органической химии, основанный на теории химического строения»<sup>17</sup>, в котором теория химического строения, по словам самого автора, «не только получила полные права гражданства в науке, но и без нее едва ли может обойтись и первоначально преподавание органической химии... ею группируются естественным образом все тела, предугадываются многочисленные случаи в теории и объясняются до некоторой степени их свойства»<sup>18</sup>.

<sup>13</sup> Цит. по кн.: Научное наследство. М.: Изд-во АН СССР, 1964, т. 4. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову, с. 41 (Естественнонаучная серия).

<sup>14</sup> Цит. по ст.: Быков Г. В. Материалы к истории трех первых изданий «Введения к полному изучению органической химии» А. М. Бутлерова. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1955, т. 6, с. 252.

<sup>15</sup> Н. П. Алексеев (Некролог, 6 февр. 1891 г.). — ЖРФХО, 1892, т. 24, вып. 3, с. 324.

<sup>16</sup> Виктор Юльевич Рихтер (1841—1891), окончил Дерптский университет. В 1862—1870 гг. работал в Петербургском технологическом институте, где выполнял ряд исследований по изучению строения бензола и его производных. В 1872 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Исследование о химическом строении бензоиловых производных». В 1871—1874 гг. заведовал кафедрой химии в Новоалександрійском институте сельского хозяйства и лесоводства в Пулавах (Польша). С 1874 г. — профессор химии в Ростове.

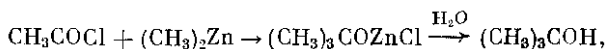
<sup>17</sup> В одной из своих статей В. В. Марковников, ближайший ученик А. М. Бутлерова, назвал учебник В. Ю. Рихтера превосходным руководством (см.: Марковников В. В. Избр. тр., с. 487).

<sup>18</sup> Рихтер В. Ю. Учебник органической химии, основанный на теории химического строения. СПб., 1870, с. 1—11. (Несколько изданий этой книги вышло в Германии.)



В теории Бутлерова содержалась конкретная программа исследований, которые должны были подтвердить основные положения теории химического строения. В 1865 г. А. М. Бутлеров отмечал: «Принцип химического строения принят уже, под тем или другим названием, большинством химиков-теоретиков, и прежде всего нужно строгое и полное проведение его»<sup>19</sup>.

В 1861—1871 гг., в первое десятилетие существования теории химического строения, основное свое усилие А. М. Бутлеров направил на утверждение основных положений новой теории, на установление строения различных органических соединений. В обширной серии синтетических работ, на основе фосгена и динкормановых соединений, Бутлерову удалось получить большое число различных спиртов, кислот и других кислородных соединений. Например, он впервые осуществил синтез триметилкарбинола (1864):



исходного вещества для новых синтезов.

Следующий этап развития теории химического строения был связан с всесторонним изучением зависимости свойств соединений от их строения. В работах А. М. Бутлерова и его учеников реализуется исследовательская программа, сформулированная ученым в 1861 г. в его основополагающем труде по теории химического строения («О химическом строении веществ»).

Надежность и «рабочие» качества теории химического строения проявились уже вскоре после ее создания, когда теория успешно была применена для решения таких проблем, как изомерия, таутомерия, полимеризация, строение неопределенных соединений.

Редко какое-либо другое открытое явление по своему внутреннему богатству содержало в себе столько потенциальных возможностей для дальнейшего развития химии, как явление изомерии. Это открытие поставило на повестку дня вопрос о строении органических соединений. Оно прямо указывало, что физико-химические свойства соединений зависят не только от природы и числа атомов, но и от их расположения в молекуле. Однако проблема изомерии долгое время оставалась сложной загадкой.

Правильное объяснение явления изомерии в свете теории химического строения дал только А. М. Бутлеров. Он предсказал ряд новых случаев изомерии (для углеводов и спиртов), экспериментально подтвердив правомерность своих взглядов.

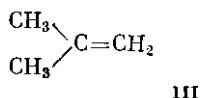
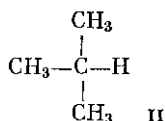
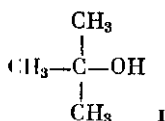
Если вещества при одинаковом составе имеют различные свойства, то они должны также различаться и своим строением. Этот вывод А. М. Бутлеров обосновал и развил в статье «О различных объяснениях некоторых случаев изомерии»<sup>20</sup>, опубликованной в

<sup>19</sup> Бутлеров А. М. Соч., т. 1, с. 170.

<sup>20</sup> Там же, с. 101—124.

1863 г. на немецком языке, а в 1864 г. — на французском. В этой обширной статье Бутлеров подкрепил доказательствами основные положения теории химического строения, высказанные им в 1861 г. С 1864 г. синтез теоретически предсказанных изомеров явился лучшим доказательством справедливости теории химического строения.

В 1864 г. Бутлеров получил третичный бутиловый спирт (I), который послужил исходным веществом в его исследованиях и исследованиях его учеников, посвященных обоснованию и развитию теории химического строения. В 1867 г. из третичного бутилового спирта Бутлеров получил смесь изобутана (II) и изобутилена (III), возможность существования которого была им предсказана.



Получение изобутилена из бутилового спирта брожения и превращение этого доступного спирта в триметилкарбинол послужило началом новой серии исследований А. М. Бутлерова — синтеза триэтилуксусной кислоты, пентаметилэтанола, выяснение строения пинаколина и открытие пинаколиновой перегруппировки — первого должного изомеризационного процесса в органической химии.

В 1867 г. А. М. Бутлеров мог уже уверенно утверждать: «Принцип химического строения, оправданный вполне ... фактами, может служить в настоящее время лучшим руководителем при исследовании вопросов, относящихся к изомерии. Основываясь на нем, можно предвидеть такие явления, которые не могли быть ни объяснены, ни предсказаны при помощи прежних воззрений»<sup>21</sup>.

Становление и утверждение теории химического строения произошло не без борьбы и не без претензий на приоритет в ее создании. А. М. Бутлерову приходилось неоднократно восстанавливать активность в этом вопросе. Заслуживает внимания его «Ответ» доктору Мейеру, опубликованный в 1868 г. в «Annalen der Chemie und Pharmacie» (т. 146, с. 260—264). В свойственной Бутлерову активной форме было сказано, что «...Кекуле, как и другим теоретикам, после осознания новых положений предстоял еще дальнейший шаг: оставив типические воззрения, надо было принять новый принцип в качестве единственного руководителя... я беру на себя смелость теперь, так же как и раньше, сохранить в силе свои требования на признание моего немалого участия... в последовательном проведении и широком применении нового принципа...»<sup>22</sup>.

В 1868 г. А. М. Бутлеров получил Ломоносовскую премию, учрежденную в 1865 г. и присуждаемую Академией наук за «труды существенно обогащающие науку или приводящие к особенно полезным, важным и новым практическим применениям»<sup>23</sup>.

Труды А. М. Бутлерова на соискание Ломоносовской премии выдвинул его учитель академик Н. Н. Зинин. В своем отзыве описал: «В последние восемь лет Бутлеров напечатал в химических журналах много замечательных статей, клонящихся к решению вопросов о химическом строении органических тел; его «Введение к полному изучению органической химии» есть, кажется, первый пример полного и последовательного приложения начал химического строения к изложению науки. Заслуги проф. Бутлерова по установлению самых начал химического строения ценятся высоко всеми химиками. Его самостоятельные, теоретические воззрения имели неоспоримо значительное влияние на решение немаловажных задач химии вообще и особенно в области учения об изомерии»<sup>24</sup>.

Немецкий химик В. Мейер, преклоняясь перед гением А. М. Бутлерова, писал о своем знаменитом современнике: «В течение полувека теория строения является путеводной звездой для громадного большинства исследований в области органической химии; она дала столь могущественный и длительный импульс исследованию, какой лишь редко исходил из какой-либо теории»<sup>25</sup>.

## Глава 9

# РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ КАЗАНСКОЙ ШКОЛЫ ХИМИКОВ

С момента создания А. М. Бутлеровым теории химического строения начинается новый этап в развитии органической химии. На смену эмпиризму, слабому знанию сущности химических реакций, пришло сознательное, активное отношение к синтезу нового соеди-

<sup>23</sup> А. М. Бутлеров был первым, кто получил Ломоносовскую премию по Физико-математическому отделению Петербургской Академии наук.

<sup>24</sup> Цит. по ст.: Волкова Т. В. Материалы к деятельности А. М. Бутлерова в Петербурге (1869—1886). — В кн.: Материалы по истории отечественной химии: Доклады, заслушанные на заседаниях Ленинградского филиала Комиссии по истории химии АН СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954, с. 12.

<sup>25</sup> Цит. по ст.: Зелинский Н. Д. Роль Академии наук в историческом развитии органической химии. — В кн.: Зелинский Н. Д. Собрание трудов. М.: Изд-во АН СССР, 1960, т. 4, с. 497.

нения согласно плану, разработанному на основе теории<sup>1</sup>. Вместо блуждающих поисков приходит научный прогноз, основанный на знании механизма превращений исходных веществ в конечные продукты. Ни одно последующее открытие не опровергло основных положений теории Бутлерова, а лишь дополняло ее и углубляло. Теория химического строения вышла далеко за рамки «чистой» органической химии и оказала большое влияние на многие разделы химии. «Принципы ее настолько широки, — писал В. В. Марковников, — что долго еще будут служить руководящей нитью в работах химиков»<sup>2</sup>.

Разработка теории химического строения, после того как она получила признание, шла в основном по двум направлениям. Первое направление — распространение общих принципов на все классы органических соединений: непредельные, ароматические и циклические; второе направление — выяснение закономерностей, связывающих реакционную способность органических веществ и их строение, что привело к открытию целого ряда правил, позволяющих управлять органическими реакциями (правила Марковникова, Зайцева, Фаворского, Попова). Решением этих вопросов занимались многочисленные ученики А. М. Бутлерова по Казанскому университету, где сформировалась крупная школа химиков-органиков<sup>3</sup>. «...На разработку идей А. М. Бутлерова отдали свои силы самые талантливые и тогдашней химической молодежи. Эти ученики, проникнутые идеями своего великого учителя, становятся впоследствии во главе химических университетских кафедр и сами делаются центрами, вокруг которых группируются научные силы»<sup>4</sup>.

Исследования учеников А. М. Бутлерова по Казанскому университету: В. В. Марковникова, А. Н. Попова, А. М. Зайцева — были направлены на развитие основных положений теории химического строения.

В 1860 г. Казанский университет окончил В. В. Марковников<sup>5</sup>, и по предложению А. М. Бутлерова он был оставлен при Универ-

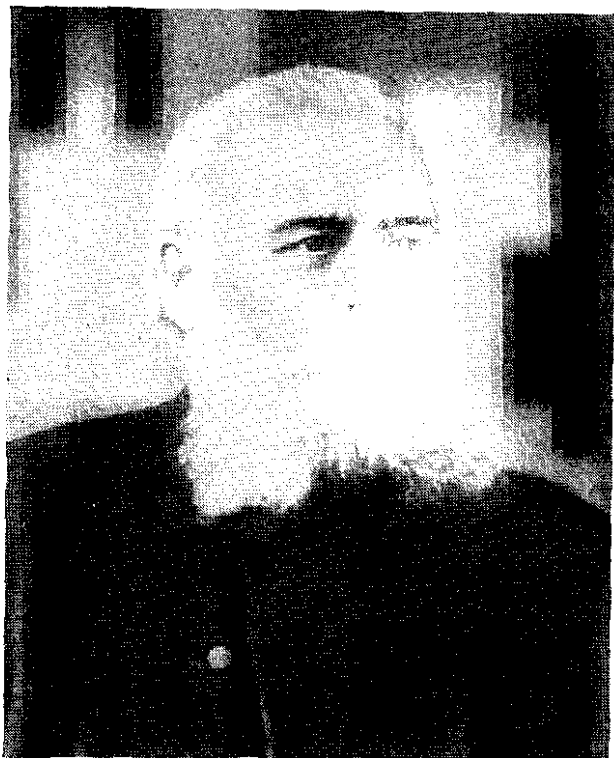
<sup>1</sup> Более подробно см.: Никулина Е. П. Основные этапы и главные направления развития органического синтеза во второй половине XIX в. — В кн.: Исследования по истории органической химии. М.: Наука, 1980, с. 86—150.

<sup>2</sup> Марковников В. В. Московская речь о Бутлере/Под ред. и с примеч. Ю. С. Мусабекова. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 164.

<sup>3</sup> См.: Арбузов А. Е. Казанская школа химиков. — В кн.: Арбузов А. Е. Избранные работы по истории химии. М.: Наука, 1975, с. 109—131; см. также: Быков Г. В. Казанская школа химиков-органиков. — В кн.: Исследования по истории органической химии, с. 194—271.

<sup>4</sup> Курдюков В. В. Памяти Александра Михайловича Зайцева. — В кн.: Памяти Александра Михайловича Зайцева. Варшава, 1911, с. 3; см. также: Львов М. Бутлеров Александр Михайлович. — В кн.: Энцикл. словарь/Брокгауз и Ефрон. СПб., 1891, т. 9(V), с. 81—82.

<sup>5</sup> Владимир Васильевич Марковников (1837—1904) принадлежит к выдающимся ученикам А. М. Бутлерова. В Казанском университете он занял кафедру химии после перевода Бутлерова в январе 1869 г. в Петербург. В конце 1871 г., в знак протеста против увольнения профессора П. Ф. Лесковича, Марковников подал в отставку, и 18 декабря был уволен из Универ-



*Владимир Васильевич Марковников*

ситете в должности лаборанта химической лаборатории. В 1865 г. Марковников защитил магистерскую диссертацию «Об изомерии органических соединений», в которой он доказал изомерию масляных кислот, предсказанную теорией химического строения.

«Пользуясь принципом химического строения...», — писал В. В. Марковников, — я считаю возможным дать для изомерии и метамерии следующие определения, с которыми согласен и Бутлеров: *изомерными* являются те эмпирически одинаково составленные молекулы, *углеродное ядро или отдельные углеродные ядра которых содержат одинаковое число атомов углерода и соединены с одним и тем же числом одинаковых эквивалентов (единиц родства) других элемен-*

ситета. В течение некоторого времени — профессор Новороссийского университета (Одесса); с 1873 г. — профессор Московского университета, где создал свою школу химиков. О деятельности Марковникова в Московском университете мы скажем ниже.

О жизни и деятельности В. В. Марковникова см.: *Платэ А. Ф., Быхов Г. В., Эвентова М. С.* Владимир Васильевич Марковников: Очерк жизни и деятельности. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 152 с. (Серия НБЛ).

...но эти последние различно распределены по отношению к отдельным атомам углерода каждого углеродного ядра...»<sup>6</sup>.

В последующих своих исследованиях В. В. Марковников развил учение о взаимном влиянии атомов — главной составной части теории химического строения. Это учение и вытекающие из него представления о различной реакционной способности химических связей нашли наиболее полное выражение в докторской диссертации ученого «Материалы по вопросу о взаимном влиянии атомов в химических соединениях» (апрель, 1869 г.). Исследования, проведенные Марковниковым, показали, что «химическое поведение» атомов во время реакций, например подвижность атомов водорода, зависит от природы элемента, с которым данный атом соединен единой связью. Этим обусловлено взаимное влияние атомов, связанных друг с другом непосредственно. Однако характер единиц сродства зависит также от того, с какими элементами соединены атомы, образующие данную связь, и от химического строения молекулы в целом. В этом проявляется взаимное влияние атомов, непосредственно друг с другом не связанных. Взаимное влияние атомов «есть не что иное, как один из видов проявления силы химического сродства», однако это «не то сродство, которое мы можем наблюдать при взаимодействии свободных элементов»<sup>7</sup>. Это как бы добавочные, неполновалентные, взаимодействия, которые либо ослабляют, либо усиливают основные, парные, межатомные связи.

А. М. Бутлеров так характеризовал общее значение работ В. В. Марковникова: «Исследования г. Марковникова касаются преимущественно явлений изомерии органических веществ и вопроса о взаимном влиянии атомов в химических соединениях. К числу трудов первого рода принадлежат работы: над бромидом аллильного алкоголя; над изомасляной кислотой, которую Марковников получил впервые, независимо от Эрлепмейера; над тождеством ацетоновой кислоты с одной из оксимасляных и, позже, над изомерами пропионовой кислоты. Все эти работы имели существенное значение для выяснения химического строения исследованных изомеров и для самой структурной теории»<sup>8</sup>.

Рассмотрев большой фактический материал, главным образом в области реакций окислительного расщепления и замещения, А. М. Бутлеров и В. В. Марковников смогли конкретно показать, что результатом взаимного влияния атомов являются своеобразные перемены сил сродства со связи на связь, т. е. изменения энергии химических связей. Бутлеров отмечал, что атом кислорода, связан-

<sup>6</sup> Цит. по кн.: Столетие теории химического строения; Сб. ст. А. М. Бутлерова, А. Кекуле, А. С. Купера, В. В. Марковникова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 104.

<sup>7</sup> Марковников В. В. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 202 (Классики науки).

<sup>8</sup> А. М. Бутлеров: Научная и педагогическая деятельность. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 267.

ный с атомом углерода двойной связью  $\begin{matrix} R \\ R_1 \end{matrix} \rangle C=O$ , вызывает разрывление связей C—R и C—R<sub>1</sub>.

Одним из ближайших учеников А. М. Бутлерова был А. Н. Попов<sup>9</sup>. Уже его первая работа «По поводу сродства углеродного пая» (1865) имела важное значение для утверждения теории химического строения. Ознакомившись с работой Попова «Об изомерии кетонов»<sup>10</sup>, написанной на основе теории химического строения, известный немецкий химик Г. Кольбе отказался от своих взглядов на изомерию кетонов.

Последующие исследования А. Н. Попова, направленные на изучение окисления кетонов, легли в основу его магистерской диссертации «Об окислении кетонов одноатомных» (6 апреля 1869 г.). Этой же теме посвящена и докторская диссертация Попова «О законности окисления кетонов и о применении ее к определению строения алкоholes и кислот». На ее защите, которая состоялась в Петербургском университете 17 декабря 1872 г., оппонентами выступили А. М. Бутлеров и Н. А. Меншуткин.

Закономерности, открытые А. Н. Поповым при изучении окисления кетонов, кислот, спиртов, а также непредельных и ароматических углеводородов, были применены при обосновании теории взаимного влияния атомов. Для окисления Попов использовал хромовую смесь, которая, после работ Е. Е. Вагнера, была замещена другими окислителями (окисление марганцовокислым калием, азотной кислотой). Но это не умаляет заслуг Попова, в работах которого «синтез и анализ, впервые в истории органической химии, пошли рука об руку».

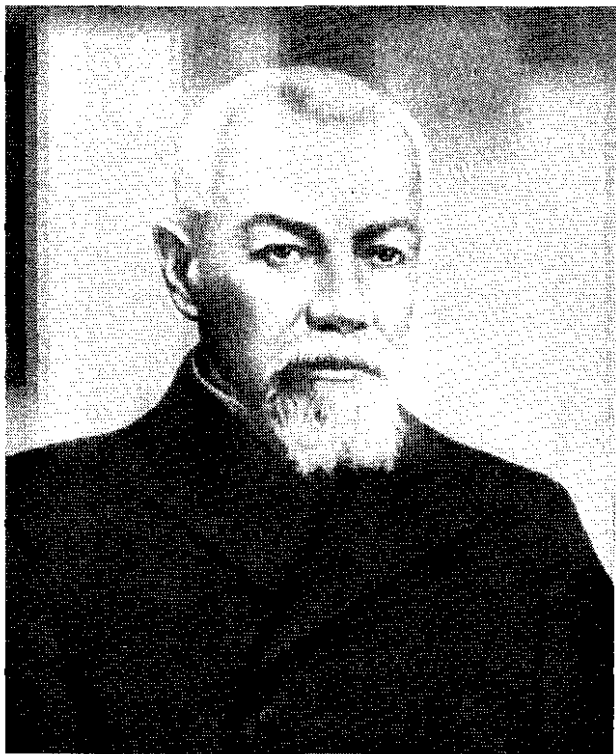
В феврале 1869 г. в Казанском университете создается вторая кафедра по химии, руководителем которой стал А. М. Зайцев<sup>11</sup>.

<sup>9</sup> Александр Никифорович Попов (1840—1881), окончил камеральный ряд юридического факультета Казанского университета (1865). С 1869 г. экстраординарный профессор Варшавского университета. Здесь он выполнил серию исследований, опубликованных в «Сборнике работ химической лаборатории Варшавского университета» (Варшава, 1876).

См.: Быков Г. В. Очерк жизни и деятельности Александра Никифорова Попова. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 200—245.

<sup>10</sup> Под таким названием напечатана на немецком языке диссертация А. Н. Попова «По поводу сродства углеродного пая» (см.: *Popov A. Ueber die Isomerie der Ketone.* — *Ztschr. Chem.*, 1865 [2], Bd. 1, S. 577—580).

<sup>11</sup> Александр Михайлович Зайцев (1841—1910), окончил камеральное отделение Казанского университета. Будучи студентом, стал заниматься химией под руководством А. М. Бутлерова. В 1862—1864 гг. работал в лаборатории Г. Кольбе в Марбурге, где подготовил диссертацию «Диаминосалициловая кислота и некоторые ее соединения с кислотами», за которую Казанский университет присудил ему в октябре 1864 г. степень кандидата наук. С 1866 г. начал работать в лаборатории Бутлерова. 21 октября 1868 г. совет Казанского университета утвердил Зайцева в звании магистра химии. 27 сентября 1870 г. Зайцев успешно защитил докторскую диссертацию «Новый способ превращения жирных кислот в соответствующие им алкоholes».



*Александр Михайлович Зайцев*

«От души желаю,— писал А. М. Бутлеров,— чтобы ф(акульте)т приобрел в Зайцеве полезного преподавателя и ученого, искренно преданного своему делу. Что касается меня, то я не имею повода сомневаться ни в том, ни в другом»<sup>12</sup>.

С декабря 1871 г., став руководителем кафедры химии Казанского университета, А. М. Зайцев в течение 40 лет вел и преподавательскую работу, и научные исследования, направленные на разработку новых методов получения различных классов органических соединений<sup>13</sup>. Особую известность приобрели циклоорганические

и с декабря 1871 г. стал ординарным профессором. С 1885 г. — член-корреспондент Петербургской Академии наук.

О жизни и деятельности А. М. Зайцева см.: *Реформатский С. Н., Альбицкий А. А. Ученая деятельность проф. А. М. Зайцева.* — ЖРФХО. Ч. хим., 1911, т. 43, вып. 6, с. 876—942; *Ключевич А. С., Быков Г. В.* Александр Михайлович Зайцев. М.: Наука, 1980. 174 с. (Серия НБЛ).

<sup>12</sup> А. М. Бутлеров: Научная и педагогическая деятельность, с. 44.

<sup>13</sup> Подробный анализ исследований А. М. Зайцева дан в его научной биографии (см.: *Ключевич А. С., Быков Г. В.* Указ. соч., с. 64—141).



синтезы, с помощью которых был получен ряд предельных и непредельных спиртов и кислот<sup>14</sup>.

«Изобретая новые методы и приготовляя при их помощи группы новых тел,— писал А. М. Бутлеров в 1883 г.,— Зайцев постоянно имел в виду основные вопросы—разъяснение строения соединений и общих их отношений <...>

Общее число опубликованных работ, выпшедших в свет из Казанской лаборатории со времени начала в ней учено-педагогической деятельности Зайцева, достигает ныне цифры 60»<sup>15</sup>.

Синтез диаллилкарбинола, осуществленный А. М. Зайцевым в 1876 г., послужил началом длинной серии синтезов вторичных и третичных непредельных спиртов (сейчас они известны в литературе как «зайцевские»).

Многочисленные исследования А. М. Зайцева, посвященные разработке методов получения спиртов различных классов, подтвердили выводы, вытекающие из теории химического строения.

В течение большой научной и педагогической деятельности А. М. Зайцев создал научную школу химиков—преемницу бутлеровской школы. «В этом отношении Александр Михайлович Зайцев занимает в истории русской химии одно из первых мест»<sup>16</sup>. Учениками Зайцева являются такие известные химики, как С. Н. Реформатский, А. Н. Реформатский, Е. Е. Вагнер, А. А. Альбицкий, А. Е. Арбузов и многие другие<sup>17</sup>.

С. Н. Реформатскому<sup>18</sup> принадлежат важные исследования «бутлеровского-зайцевского направления», которые в значительной мере

<sup>14</sup> Более подробно см.: *Есафов В. И.* Роль русских химиков в развитии методов синтеза с помощью циклоорганических соединений.— Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1955, т. 6, с. 318—337.

<sup>15</sup> Цит. по ст.: *Волкова Т. В.* Письма А. М. Зайцева к А. М. Бутлерову.— В кн.: Материалы по истории отечественной химии: Доклады, заслушанные на заседаниях Ленинградского филиала Комиссии по истории химии АН СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954, с. 25.

<sup>16</sup> В «Журнале Русского физико-химического общества» напечатаны работы 72 учеников А. М. Зайцева. Более подробно см.: *Шперль Л. С.* Александр Михайлович Зайцев и его химическая школа.— В кн.: Памяти Александра Михайловича Зайцева (1841—1910). Варшава, 1911, с. 19—48.

<sup>17</sup> См.: *Арбузов А. Е.* Казанская школа химиков. Казань, 1971, с. 133; *Арбузов А. Е.* Избранные работы по истории химии, с. 109—131.

<sup>18</sup> Сергей Николаевич Реформатский (1860—1934), окончил естественно-математического факультета Казанского университета (1882). Будучи студентом, начал работать в химической лаборатории по руководству А. М. Зайцева. В 1889 г. защитил магистерскую диссертацию «Предельные многоатомные спирты», а через год— докторскую «Действие смеси цинка и монохлоруксусного эфира на кетоны и альдегиды». В 1891 г. Реформатский перешел в Киевский университет, где занял кафедру органической химии. Здесь он создал в 1892 г. отделение органической химии химической лаборатории Университета, в котором совместно с многочисленными учениками выполнил интересную серию исследований. С 1929 г. — член-корреспондент Академии наук СССР.

О жизни и деятельности С. Н. Реформатского см.: Сборник работ лаборатории органической химии Университета св. Владимира: К 25-летию

действовали развитию органического синтеза. Это — синтез большого числа различных представителей класса оксикислот и их производных. Исследования Реформатского продемонстрировали широкие возможности цинкорганического синтеза в случае получения кислородсодержащих соединений. Сущность «реакции Реформатского» заключается в получении  $\beta$ -оксикислот действием на смесь кетон и альдегидов с эфирами пероксидокислот<sup>19</sup>.

Ученик А. М. Зайцева, брат С. Н. Реформатского, Александр Николаевич Реформатский (1864—1937)<sup>20</sup> в 1908 г. опубликовал монографию «Одноатомные непредельные спирты жирного ряда. Синтез спиртов ряда  $C_nH_{2n-5}OH$ », в которой подробно изложил работы русских химиков в этой области. А. Н. Реформатский был выдающимся педагогом, талантливым доктором, автором известных учебников: «Неорганическая химия» (1903) и «Органическая химия» (1904), выдержавших много изданий.

«Глубокие борозды во многих девственных областях органической химии» проложил ученик А. М. Зайцева Е. Е. Вагнер<sup>21</sup>. Про-



Сергей Николаевич  
Реформатский

учебно-педагогической деятельности профессора Сергея Николаевича Реформатского. Киев, 1907; Семенов А. П. Сергей Николаевич Реформатский (1860—1934). — Журн. общ. химии, 1935, т. 5, с. 583—601; [Починков В. Я., Мушкало Л. К.] С. Н. Реформатский. — В кн.: Киприанов А. И., Бабичев Ф. С., Мушкало Л. К. и др. Очерки по истории органической химии в Киевском университете. Киев: Изд-во Киевского ун-та, 1954, с. 64—95.

<sup>19</sup> См.: Реформатский С. Н. Действие смеси цинка и монохлоруксусного эфира на кетоны и альдегиды. Синтез третичных  $\beta$ -оксикислот. Варшава, 1890. 74 с.

<sup>20</sup> См.: [Морозова О. Н.] Некролог: Александр Николаевич Реформатский. — Успехи химии, 1938, т. 7, вып. 2, с. 323—326.

<sup>21</sup> Егор Егорович Вагнер (1849—1903), окончил естественное отделение физико-математического факультета Казанского университета (1874). Здесь под влиянием лекций А. М. Зайцева Вагнер заинтересовался органической химией, которую выбрал своей специальностью. Осенью 1875 г. был направлен в Петербургский университет, в лабораторию А. М. Бутлерова, где работал в течение шести лет. С 1881 г. — доцент Новоалександрийского института сельского хозяйства и лесоводства в Пулавах (Польша). Весной 1886 г. Вагнер переехал в Варшаву, где в Варшавском университете возглавил кафедру общей химии. Здесь он развернул большую научную и педагогическую деятельность.

О жизни и деятельности Е. Е. Вагнера см.: Старосельский П. И., Никулина Е. П. Егор Егорович Вагнер. М.: Наука, 1977. 232 с. (Серия НБЛ).



*Егор Егорович Вагнер*

должая бутлеровское направление, Вагнер своим могучим талантом еще шире раскрыл возможности органического синтеза. В 1874 г. в «Журнале Русского химического общества и Физического общества» была опубликована большая статья Е. Вагнера и А. Зайцева «Синтез диэтилкарбинола, нового изомера амильного алкоголя». Последующие исследования Вагнера были посвящены разработке общего способа синтеза вторичных спиртов, в основе которого лежало взаимодействие цинкалкилов и альдегидов. Способ этот вошел в учебники органической химии. Развитию синтезов Бутлерова и Зайцева была посвящена магистерская диссертация Вагнера «Синтез вторичных спиртов и их окисление», которую он с большим успехом защитил в 1885 г. в Петербургском университете.

Разработанный Е. Е. Вагнером метод окисления непредельных соединений сильпоразбавленным раствором марганцовокалиевой соли («окисление по Вагнеру»<sup>22</sup>) сыграл важную роль в развитии

<sup>22</sup> См.: Вагнер Е. Е. К реакции окисления непредельных углеродистых соединений. Варшава, 1888. VIII+142 с.; Вагнер Е. К истории реакции окисления непредельных соединений. — ЖРФХО, 1895, т. 27, вып. 4, с. 219—236.

органической химии. Он позволяет устанавливать строение кетонов и вторичных спиртов, а главное — многих терпенов.

Исследования ученика А. М. Зайцева И. И. Канонникова<sup>23</sup>, посвященные исследованиям светопреломляющей способности химических соединений, по словам Л. А. Чугаева, «с полным правом могут быть поставлены наряду с работами Гладстона, Ландольта и Брюля, а может быть даже отчасти и впереди их»<sup>24</sup>.

В направлении работы лаборатории А. М. Зайцева в 1880—1890-х годах были выполнены исследования А. А. Альбицкого<sup>25</sup>. Его магистерская диссертация «О некоторых превращениях олеиновой и других близких к ней кислот» (1898) и докторская «К вопросу о стереоизомерии в ряду непредельных одноосновных кислот» (1902) так были оценены А. Е. Арбузовым: «Обе диссертации представляют собой блестяще выполненные экспериментальные исследования. Они внесли много нового в вопрос о механизме перехода одних геометрических изомеров в другие, особенно в обратимые превращения олеиновой и элаидиновой кислот»<sup>26</sup>.

18 сентября 1905 г. в Казанском университете ученик А. М. Зайцева А. Е. Арбузов<sup>27</sup> защитил магистерскую диссертацию «О строении фосфористой кислоты и ее производных»<sup>28</sup>, в которой описал впервые полученные им эфиры фосфористой кислоты и их каталитическую изомеризацию в эфиры алкилфосфиновых кислот.

«Явление „арбузовской изомеризации“, — по словам А. Н. Несмечина, — приобрело фундаментальное значение в химии фосфорорганических соединений, открыв новые синтетические возможности, широко использованные самим А. Е. Арбузовым, его учениками и последователями и не исчерпанные и по сию пору»<sup>29</sup>.

<sup>23</sup> См.: *Сорокин В.* Памяти Иннокентия Ивановича Канонникова. — ЖРФХО, 1902, т. 34, вып. 4, с. 450—457.

<sup>24</sup> *Чугаев Л. А.* Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1962, т. 3, с. 420.

<sup>25</sup> Алексей Андреевич Альбицкий (1860—1920), окончил Петербургский университет (1882), переехал в Казань, где работал в лаборатории А. М. Зайцева. С 1903 г. возглавлял кафедру органической химии Харьковского университета.

<sup>26</sup> *Арбузов А. Е.* Избранные работы по истории химии, с. 178.

<sup>27</sup> Александр Ерминингельдович Арбузов (1877—1968), окончил естественное отделение физико-математического факультета Казанского университета (1900). В 1900—1910 гг. — ассистент и адъюнкт-профессор кафедры органической химии Новоалександровского института в Пулавах (Польша), с августа 1911 г. — заведующий кафедрой органической химии Казанского университета, которую он возглавлял до конца своей жизни. С 1942 г. — действительный член Академии наук СССР.

О жизни и деятельности А. Е. Арбузова см.: *Гречкин Н. П., Кузнецов В. И.* Александр Ерминингельдович Арбузов. М.: Наука, 1977. 232 с. (Серия НБЛ).

<sup>28</sup> *Арбузов А. Е.* О строении фосфористой кислоты и ее производных. — В кн.: *Арбузов А. Е.* Избранные труды по химии фосфорорганических соединений. М.: Наука, 1976, с. 43—134.

<sup>29</sup> Цит. по кн.: *Арбузов А. Е.* Избранные работы по истории химии, с. 128.



*Александр Ерминингельдович Арбузов*

17 мая 1915 г. А. Е. Арбузов защитил в Казанском университете докторскую диссертацию «О явлениях катализа в области превращений некоторых соединений фосфора. Экспериментальное исследование».

Магистерская и докторская диссертации А. Е. Арбузова подготовили «фронтальное наступление» на новую область химии — химию фосфорорганических соединений. Разработанные им методы получения фосфорорганических соединений легли в основу этой области химии и дали возможность синтезировать многочисленные новые вещества.

А. Е. Арбузов с успехом продолжил традиции казанской школы химиков. По компетентному отзыву профессора Ф. М. Флавицкого, «при всех этих исследованиях А. Е. Арбузов проявил себя точным и искусным экспериментатором, так как все его работы отличаются остроумной постановкой вопросов и полнотой их исследования. Вопросы об изомеризации или перегруппировках при участии катализаторов представляются в настоящее время из наиболее очередных в области химии, и результаты А. Е. Арбузова в этом направ-

...и, свидетельствуя о его широкой инициативе, дают право считать от него руководителя научной школы. Этого именно и требуют традиции кафедры органической химии в нашем университете, установленные профессорами Бутлеровым, Марковниковым и, наконец, Зайцевым»<sup>30</sup>.

Ф. М. Флавицкому<sup>31</sup> принадлежат классические исследования в области химии терпенов<sup>32</sup>. Начало исследований Флавицкого в области терпенов, эфирных масел и растительных смол относится к 1878 г. 31 августа 1878 г. Флавицкий писал А. М. Бутлерову: «В этом году я все каникулы занимался в лаборатории и главным образом терпенами... Я думаю, что много поможет в разъяснении строения терпенов дальнейшее изучение углеводов с пятью атомами углерода, где я ожидаю еще новых перегруппировок»<sup>33</sup>. Так первые ученые высказали замечательную мысль, что терпены представляют собой изомерные непредельные углеводороды ( $C_{10}H_{16}$ ), образованные из звеньев  $C-C=C-C$ . Эта мысль лежит в основе

C

современных представлений о строении самых различных терпенов. В конце 1870 — начале 1880-х годов Флавицкий опубликовал в «Журнале Русского физико-химического общества» и в зарубежных изданиях серию статей, посвященных изучению терпенов. Результаты, полученные Флавицким, совершенно изменяли принятые тогда взгляды на терпены, высказанные М. Бертло. По этому поводу Бутлеров писал Флавицкому: «Я, правду сказать, давно сомневался в точности наблюдений Бертло. Ваши же наблюдения теперь позволяют упростить и разъяснить дело и связать терпены с другими углеводородами»<sup>34</sup>.

<sup>30</sup> Цит. по кн.: Гречкин Н. П., Кузнецов В. И. Александр Еремипингельдович Арбузов, с. 39. В этой книге дан анализ научных исследований ученого (см. стр. 100—166).

<sup>31</sup> Флавиан Михайлович Флавицкий (1848—1917), окончил Харьковский университет (1869). В 1870—1873 гг. работал в Петербургском университете, в химической лаборатории А. М. Бутлерова. В 1873 г. переехал в Казань, где начал читать в Казанском университете первый курс физической химии. Один из первых русских химиков, кто специально стал заниматься изучением физических свойств органических соединений для выяснения их строения. В 1875 г. получил степень магистра за диссертацию «Об изомере амилена, происходящего из амилового спирта брожения», в 1881 г. — степень доктора за исследование «О некоторых свойствах терпенов и их взаимных отношениях». С 1907 г. — член-корреспондент Петербургской Академии наук. Из учеников Ф. М. Флавицкого принадлежали такие известные профессора химии, как В. В. Курилов, А. Я. Богородский, П. И. Кузнецов, Д. К. Добролюбов, А. М. Васильев, А. Ф. Герасимов.

О жизни и деятельности Ф. М. Флавицкого см.: Ключевич А. С. Флавиан Михайлович Флавицкий. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1978. 127 с.  
<sup>32</sup> См.: Арбузов В. А. Работы казанской школы химиков в области терпенов. — Уч. зап. Казанского ун-та, 1948, т. 108, кн. 1, с. 51—67.

<sup>33</sup> Цит. по ст.: Мусабоев Ю. С. Ф. М. Флавицкий и его работы по химии углеводов. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 270.

<sup>34</sup> Там же, с. 273.



Флавиан Михайлович  
Флавицкий

В 1880 г. Ф. М. Флавицкий издал первую монографию по химии терпенов и эфирных масел, занимающую важное место в истории изучения химии терпенов<sup>35</sup>.

«В конце 70-х и в начале 80-х годов минувшего столетия химия терпенов,— по словам Л. А. Чугаева,— уподоблялась дрему чьему лесу, в который вело несколько тропинок, но большей части, однако, терявшихся в чаще. Были известны отдельные факты, были описаны отдельные химические превращения терпенов, но между ними не доставало связи; одни данные противоречили другим; нередко под различными именами описывались соединения, между собой тождественные; классификация терпенов, в то время уже намечавшаяся, главным образом благодаря работам Бертло и

др., совершенно еще не была разработана. Чувствовалась необходимость расчистить путь для дальнейших, более детальных и тонких, исследований. Разрешение этой задачи и выпало на долю... Ф. М. Флавицкого»<sup>36</sup>.

По словам крупного немецкого специалиста в области химии терпенов Ф. В. Земмлера, «Флавицкому гениально удалось осуществить переход пинена в оптически деятельный лимонен»<sup>37</sup>.

Исследования химиков казанской школы имели большое практическое значение. Приведем только один пример.

В заводской лаборатории Казанского стеариново-химического завода братьев Крестовниковых М. М. Зайцев (брат А. М. Зайцева) изучал непредельные жирные кислоты — отходы первичной обработки сырья. Его помощником был С. А. Фокин, автор оригинальных работ, посвященных изучению «роли водородистых металлов в реакциях восстановления» (1906—1908). Разработанный им способ (применение катализатора в диспергированном состоянии в растворах) позволял вести реакцию при различных температурах. В 1909—1910 гг. под руководством Фокина на заводе была построена первая в России установка гидрогенизации жидких растительных масел<sup>38</sup>.

<sup>35</sup> Флавицкий Ф. М. О некоторых свойствах терпенов и их взаимных отношениях. Казань, 1880. 178 с.

<sup>36</sup> Чугаев Л. А. Указ. соч., с. 436.

<sup>37</sup> Semmler F. W. Die ätherischen Öle. Leipzig, 1906, Bd. 2, S. 215.

<sup>38</sup> Более подробно о работах С. А. Фокина см.: Кузнецов В. И. Развитие каталитического органического синтеза. М.: Наука, 1964, с. 56—61.

\*

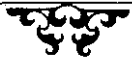
Исследования, выполненные казанской школой химиков, вошли в золотой фонд отечественной и мировой химии. Созданная А. М. Бутлеровым теория химического строения позволила расшифровать структуру органических соединений различных классов и наметить пути их синтеза. Тем самым был сделан принципиально новый шаг в развитии органической химии. Казанская школа обогатила химию новыми оригинальными синтезами органических соединений. Среди этих соединений были спирты различных классов, непредельные кислоты, оксикислоты, лактоны, фосфорорганические соединения.

Все эти исследования не только укрепляли и развивали теорию химического строения, но и усовершенствовали методы органической химии и подготовили основу для внедрения многих практически важных веществ в промышленность<sup>39</sup>.

<sup>39</sup> См.: Арбузов А. Е. Влияние работ казанской школы химиков на развитие мировой химической промышленности.— Успехи химии, 1945, т. 9, вып. 5, с. 413—426.



---




## ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Петербургская Академия наук, Петербургский университет, Горный институт, Медико-хирургическая академия, Михайловская артиллерийская академия, Технологический институт, Земледельческий (лесной) институт<sup>1</sup> образовали петербургский научный центр, оказавший огромное влияние на развитие не только отечественной, но и мировой науки. В каждом из названных учреждений сложилась своя школа химиков, характерная индивидуальностью и направленностью работ. В Петербурге сосредоточились научные силы, которые создали мощный научный потенциал страны. В последующих главах мы рассмотрим исследования петербургских химиков в области органической и физической химии, химии комплексных соединений и физико-химического анализа. Продолжая тему девятой главы, мы расскажем о развитии теории химического строения и органического синтеза в трудах петербургских химиков.

### *Глава 10*

## РАЗВИТИЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В ПЕТЕРБУРГСКОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ

### АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ БУТЛЕРОВ И ЕГО ШКОЛА ХИМИКОВ-ОРГАНИКОВ В ПЕТЕРБУРГСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

 1868 г., по представлению Д. И. Менделеева, А. М. Бутлеров был избран на кафедру органической химии Петербургский университет и занимал ее до 1885 г. «Александр Михайлович Бутлеров,— писал Д. И. Менделеев,— ... один из замечательнейших русских ученых. Он русский и по ученому образованию, и по оригинальности своих трудов. Ученик знаменитого нашего академика Зинина, он сделался химиком не в чужих краях, а в Казани <...>

Направление ученых трудов Александра Михайловича не составляет продолжения или развития идей его предшественников, а при-

---

<sup>1</sup> Институт основан в 1803 г. как Лесное училище, в 1811—1864 гг., 1877—1929 гг.— Лесной институт, в 1864—1877 гг.— Земледельческий институт, с 1929 г.— Ленинградская лесотехническая академия им. С. М. Кирова.

подлежит ему самому. В химии существует бутлеровская школа и бутлеровское направление (...)

У Бутлерова все открытия истекали и направлялись одной общей идеей... Это есть идея так называемого „химического строения“<sup>2</sup>.

23 января 1869 г. в Петербургском университете А. М. Бутлеров прочитал свою вступительную лекцию по курсу органической химии. Здесь в Университете и сформировалась его петербургская школа.

2 декабря 1869 г. на заседании Физико-математического отделения Академии наук академик Н. Н. Зинин сделал следующее заявление:

«В последнем собрании нашем, 18 ноября, ак. Фрицше и я имели честь представить на благоусмотрение Отделения крайнюю необходимость усилить при Академии персонал, занимающийся разными отраслями химии.

Причины, побудившие нас к такому заявлению, лежат преимущественно в обширности нашей науки: если принять во внимание многочисленность и разнообразие применений химии почти ко всем моментам жизни и человеческих обществ, и отдельного человека, зависимость ее к другим отдельным, совершенно самостоятельным, отраслям знаний,—услуги, оказанные ею и в особенностях вытекаемые от нее для этих знаний, разнородность приготавливаемых изучений, требуемых от работающих по различным отделам науки,—то, конечно, должно будет согласиться, что увеличение работающих по химии при Академии весьма желательно. При рассмотрении нашего предложения, кажется, нельзя упускать из вида значительной траты времени, требуемой для серьезных химических исследований, и того, что на членах Академии лежит обязанность только производить чисто научные исследования, но и отвечать на вопросы, предлагаемые различными правительственными местами. В таких вопросах по химии часто бывает немало, и решение каждого из них требует исследования, отнимающего много времени. Смеем обратить внимание Отделения на указанные обстоятельства и выразить наше убеждение, что для Академии наук, которая по выходящим из нее научным работам должна быть представлять собой нацию научного развития России, мало двух деятелей по химии такой обширной науки, пустившей корни и ветви свои в области различных разнородных знаний.

Для каждого из членов Академии будет, без сомнения, приятно и полезно из нашей Химической лаборатории выйдет больше работ, как по числу, и по важности результатов, как в области чистой науки, так и ее применений. Достижение последней цели требует увеличения персонала работающих,—денежных средств у Академии довольно, рук мало,—и мы вновь просим Отделение обра-

тить внимание на наше предложение и предоставить химии одно из вакантных при Академии мест адъюнкта»<sup>2а</sup>.

В связи с этим заявлением президент Академии наук предложил решить баллотированием вопрос о том, согласно ли Отделению предоставить для химии одну из имеющихся адъюнктских вакансий. После обсуждения Отделение приступило к баллотированию, которое дало следующий результат: за — 17, против — 5 голосов.

Таким образом, было решено, что одна из вакансий предназначена для химии. 16 декабря 1869 г. на заседании Физико-математического отделения Академии наук академики Н. Н. Зинин, Б. С. Якоби, Ю. Ф. Фрицше и Н. И. Кокшаров рекомендовали избрать в адъюнкты Академии профессора А. М. Бутлерова. В своем отзыве о научной деятельности Бутлерова они писали:

«Сравнив между собою с возможным тщанием научные работы русских химиков, мы должны, безусловно, отдать полное преимущество работам г. проф. Бутлерова; обсудив же затем не относительное только, но вообще научное значение этих работ, мы пришли, что нашему ученому химику по его заслугам принадлежит одно из передовых мест в числе деятелей науки и что он достойно мог бы занять кресло здесь, в ряду представителей различных отраслей естествознания, почему... имеем честь предложить его кандидатом в адъюнкты Академии <...> Последовательность в развитии и усовершенствовании нашего ученого как мыслителя и как исследователя, выразившаяся в его работах, кажется, может также служить ручательством в том, что Академия останется довольна и в будущем трудами его по избранной им науке. Начав с работ нелегких и очень важных, но частью подражательных, он пришел к исследованиям, совершенно самостоятельным и оригинальным, результаты которых поистине изумительны.

Заслуги г. Бутлерова как преподавателя давно обратили на него внимание химиков; из его лаборатории вышло много интересных химических работ, произведенных молодыми людьми под его руководством; уже несколько учеников его занимают профессорские кафедры по химии в наших университетах.

Отделению известно, что химия сделала в последние три десятилетия значительный успех в России; число работающих у нас сравнительно не мало, и по многим отраслям науки есть люди, замечательные своими работами. Имена Шипкова, Бекетова, Менделеева, Энгельгардта, Бородина, Бейльштейна заслужили почетную известность: как деятели на поприще решения современных вопросов науки, как писатели и как наставники ученые эти, конечно, приобрели право на всеобщую признание, и мы почли своей обязанностью заявить перед Отделением о сочувствии нашем к трудам этих отличных деятелей науки»<sup>3</sup>.

<sup>2а</sup> Архив АН СССР, ф. 1, оп. 1-а, д. 117.

<sup>3</sup> Там же.

19 января 1870 г. А. М. Бутлеров был избран адъюнктом Академии наук (за — 16 голосов, против — 3 голоса), 3 декабря 1871 г. он был избран экстраординарным, а 18 января 1874 г. — ординарным академиком.

В Академии наук А. М. Бутлеров вел смелую борьбу против влиятельной реакционной группы, чья антипатриотическая деятельность проявлялась в первую очередь в стремлении закрыть двери Академии перед выдающимися русскими учеными. Яркая статья А. М. Бутлерова «Русская или только императорская Академия наук в С.-Петербурге?»<sup>4</sup> произвела сильное впечатление на русских ученых.

Вернемся, однако, к тому времени, когда, вскоре после переезда из Казани в Петербург, А. М. Бутлеров опубликовал в «Журнале Русского химического общества» статью «О химическом строении некоторых непредельных углеводородов» (статья первая, 1870), которая послужила началом большой программы исследований петербургской школы Бутлерова. В статье говорилось: «Учение о химическом строении предельных углеродистых соединений установилось; факты и теоретические представления находятся здесь почти всегда в полном согласии. Между тем, понятия о химическом строении непредельных органических веществ и даже простейших из них, углеводородов, остаются шаткими»<sup>5</sup>.

Начиная с 1872 г. А. М. Бутлеров изучал процессы уплотнения этиленовых углеводородов, изобутилена и изоамилена. «Уплотнение [в полимеры] непредельных углеводородов, — писал А. М. Бутлеров, — ...представляет, бесспорно, одну из самых замечательных синтетических реакций, способных происходить [с поразительной легкостью] под сравнительно слабыми химическими влияниями <...>

При работах моих с третичными бутильными производными я не раз имел случай наблюдать, с какой замечательной легкостью происходит полимеризация изобутилена под влиянием серной кислоты»<sup>6</sup>.

К разработке различных вопросов органической химии, в том числе химии непредельных соединений, А. М. Бутлеров привлек своих учеников по Петербургскому университету. Г. Г. Густавсон, ассистент Бутлерова в 1869—1875 гг., писал о своем руководителе: «Он возбуждал к себе уважение, доверие и любовь, которые, в свою очередь, могущественно содействовали успеху того дела, которому служил Бутлеров... Это была настоящая школа, способная захватить всего человека, увлекательная не только по идеям, но и по той

<sup>4</sup> Статья была опубликована в 1882 г. в московской еженедельной газете «Русь» (издатель И. С. Аксаков) и прозвучала как обвинительный акт (см.: Бутлеров А. М. Русская или только императорская Академия наук в С.-Петербурге? — В кн.: Бутлеров А. М. Соч.: В 3-х т. М.: Изд-во АН СССР, 1958, т. 3, с. 118—144).

<sup>5</sup> Бутлеров А. М. Соч., 1953, т. 1, с. 244.

<sup>6</sup> Там же, с. 321—322.



Алексей Николаевич  
Вышнеградский

возможности успешно содействовать развитию этих идей, путем опытного исследования, которая предоставлялась каждому...»<sup>7</sup>.

Личное обаяние и высокий научный авторитет привлекали к А. М. Бутлерову молодежь, которая приезжала в Петербургский университет из отдаленных районов России<sup>8</sup>. Пренебрегая лишениями, условиями столичной жизни, неумолимой для бедных, студенты естественного разряда, увлеченные ярким талантом профессора, его блестящими лекциями, первоначально и не помышлявшие заниматься химией, увлекались этой наукой и избирали ее своей специальностью. В лаборатории Бутлерова они «научились у первоисточника не только работе лабораторной, со своеобразными приемами и методами исследова-

ния веществ... но и особым приемам трактования предмета исследования...»<sup>9</sup>.

В 1874—1880 гг. в бутлеровской лаборатории работал талантливый химик Алексей Николаевич Вышнеградский (1851—1880)<sup>10</sup>. Ему принадлежит удобный метод восстановления органических веществ действием на них металлического натрия в абсолютном спирте (1879)<sup>11</sup>. Этот метод оказался универсальным и с успехом стал применяться для гидрирования не только гетероциклов, но и нитрилов, аминов, амидов кислот, кетонов, сложных эфи-

<sup>7</sup> Густавсон Г. Александр Михайлович Бутлеров как представитель школы.— ЖРФХО, 1887, т. 19, вып. 1 (Памяти Александра Михайловича Бутлерова), с. 65.

<sup>8</sup> См.: Волкова Т. В. Материалы к деятельности А. М. Бутлерова в Петербурге (1860—1886).— В кн.: Материалы по истории отечественной химии: Доклады, заслушанные на заседаниях Ленинградского филиала Комиссии по истории химии АН СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954, с. 9—11.

<sup>9</sup> Львов М. Бутлеров Александр Михайлович.— Энцикл. словарь/Брокгауз и Ефрон. СПб., 1891, т. 9(V), с. 79; см. также: Фаворский А. Е. А. М. Бутлеров как глава школы русских химиков.— В кн.: А. М. Бутлеров: 1828—1928. Л.: Изд-во АН СССР, 1929, с. 73—92.

<sup>10</sup> См.: Павлов Д. А. Н. Вышнеградский и его последние работы.— ЖРФХО, 1881, т. 13, вып. 5, с. 370—380; Мусабегов Ю. С. Выдающийся представитель бутлеровской школы Алексей Николаевич Вышнеградский.— Журн. прикл. химии, 1952, т. 25, вып. 7, с. 681—686.

<sup>11</sup> В 1884 г. этот метод применил А. Ладенбург для получения пиперидина из пиридина.

ров, ароматических углеводов и соединений других классов. В течение этих лет Вышнеградский опубликовал двенадцать научных работ (две из них в соавторстве с А. М. Бутлеровым), обративших внимание видных химиков России и Западной Европы.

А. Н. Вышнеградский установил фундаментальный факт, что многие алкалоиды являются производными пиридина и хинолина.

За время работы А. М. Бутлерова в Петербургском университете в его лаборатории проводили исследования многочисленные практиканты, которые впоследствии стали видными учеными (В. Е. Тищенко, Ф. М. Флавицкий, Е. Е. Вагнер, Д. П. Коновалов, П. А. Каблуков, А. И. Горбов и др.<sup>12</sup>). Большую помощь А. М. Бутлерову в работе с практикантами оказывал его талантливый ассистент М. Д. Львов<sup>13</sup>.

### ИССЛЕДОВАНИЯ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В лаборатории А. М. Бутлерова под руководством М. Д. Львова были выполнены важные исследования, посвященные изучению непредельных соединений. Так, А. А. Кракау исследовал полимеризацию непредельных соединений под влиянием щелочных металлов<sup>14</sup>. И. Л. Кондаков<sup>15</sup> свои первые исследования (по изучению действия хлора на триметилэтилен) начал также под руководством М. Д. Львова. В 1880-х годах Кондаков работал в лаборатории медицинской химии в Варшаве, а в 1895 г. переехал в Дерпт<sup>16</sup>.

<sup>12</sup> См.: *Петров А. Д.* Петербургская школа А. М. Бутлерова.—Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1961, т. 35, с. 210.

<sup>13</sup> Михаил Дмитриевич Львов (1848—1899), окончил Петербургский университет. В 1876—1886 гг.—ассистент А. М. Бутлерова в химической лаборатории Петербургского университета. С 1896 г.—заведующий кафедрой Петербургского технологического института.

См.: *Лебедева А. И.* Михаил Дмитриевич Львов.—Вестн. ЛГУ, 1949, № 3, с. 114—121; *Разумовский В. В.* Исследования М. Д. Львова в области органической химии.—Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1960, т. 30, с. 175—183.

<sup>14</sup> См.: *Пиотровский К. Б.* Первая работа в области полимеризации щелочными металлами (А. А. Кракау).—Успехи химии, 1954, т. 23, вып. 1, с. 123—128.

<sup>15</sup> Иван Лаврентьевич Кондаков (1857—1931), окончил Петербургский университет (1884). Ученик А. М. Бутлерова, в лаборатории которого работал в 1885—1886 гг. В 1886—1895 гг.—лаборант кафедры физиологической химии Варшавского университета, в 1895—1918 гг.—заведующий кафедрой фармакологии Юрьевского (Тартуского) университета. В 1894 г. защитил магистерскую диссертацию на тему: «О синтезах под влиянием хлористого цинка в ряду жирных соединений», в которой описал открытую им каталитическую реакцию хлористого цинка с непредельными углеводородами алифатического ряда.

См.: *Илометс Т.* Иван Лаврентьевич Кондаков.—Учен. зап. Тартуского ун-та, 1969, вып. 235, с. 171—175 (Тр. по химии; Вып. 5).

<sup>16</sup> См.: *Максименко А. М., Мусабекоев Ю. С., Страхов Я. П.* Деятельность И. Л. Кондакова и И. И. Остроумовского в Прибалтике.—В кн.: Из истории естествознания и техники Прибалтики. Рига: Зинатне, 1971, т. 3, с. 109—119.

Свои исследования он продолжал в русле интересов бутлеровской школы. Им была открыта полимеризация диизопропенила (с образованием белоснежной рыхлой каучукоподобной массы). Тем самым был открыт путь к изучению полимеризации гомологов изопрена<sup>17</sup>. Близилось решение проблемы синтетического каучука.

Под руководством М. Д. Львова в 1889 г. Н. Н. Мариуца получил диизопропенил (диметилбутадиен) и впервые наблюдал его полимеризацию под действием разбавленных кислот<sup>18</sup>.

Диизопропенил  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$  принадлежит к важнейшим диеновым углеводородам-мономерам, дешевый и удобный способ получения которых в дальнейшем привел к практическому решению проблемы синтетического каучука. В этом направлении особое значение имели исследования А. Е. Фаворского<sup>19</sup> и его многочисленных учеников<sup>20</sup>. Фаворский — яркий представитель школы А. М. Бутлерова и М. Д. Львова. В 1884 г. Львов предложил Фаворскому синтезировать кротонилен (этилацетилен) и изучить его полимеризацию. Вместо ожидаемого этилацетилена ( $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH}$ ) получился изомерный ему диметилацетилен  $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$ . Этот результат послужил основой для разработки интересной темы: изомеризация однозамещенных ацетиленов в двузамещенные ацетиленовые углеводороды, — которая вылилась в магистерскую диссертацию А. Е. Фаворского под заглавием «По вопросу о механизме изомеризаций в рядах непредельных углеводородов» (СПб., 1891). Открытые Фаворским правила изомеризации имели большое значение для установления структуры ацетиленовых углеводородов. В последующих своих работах Фаворский глубоко развил химию этих соединений.

Открытая А. Е. Фаворским реакция присоединения спиртов по месту тройной связи в присутствии щелочи  $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{ROH} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHOR}$  (1888) относится к крупнейшим достижениям в области химии ацетилена. Значение этой реакции в полной мере вы-

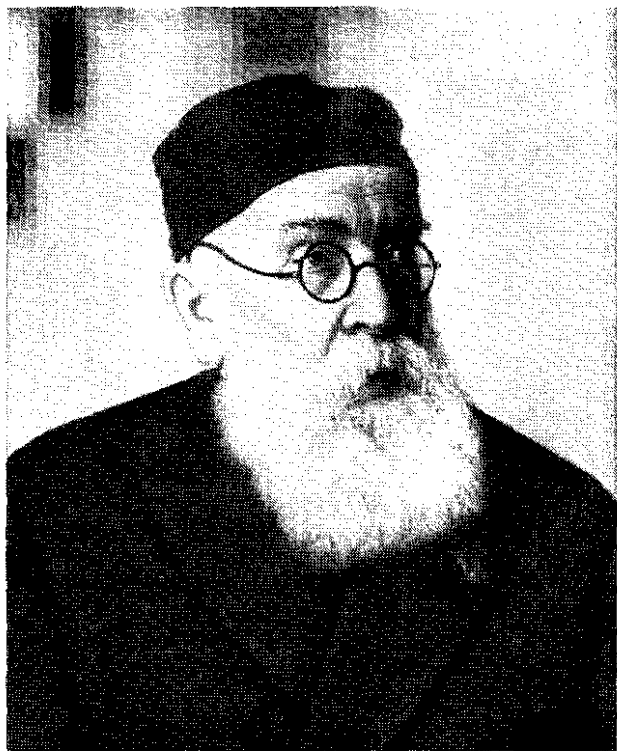
<sup>17</sup> См.: Кондаков И. Л. Замечательный случай полимеризации диизопропенила (диметил-2,3-бутадиена-1,3). — Уч. зап. Юрьевского ун-та, 1902, т. 2, с. 139—146.

<sup>18</sup> См.: Мариуца Н. О действии кислот на диметилизопропенилкарбинол и о новом углеводороде — диизопропениле. — ЖРФХО, 1889, т. 21, вып. 6, с. 434.

<sup>19</sup> Алексей Евграфович Фаворский (1860—1945), окончил естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета (1882), где с 1896 г. — профессор. В 1902 г., когда Н. А. Меншуткин оставил Университет, Фаворский возглавил кафедру органической химии. Здесь он воспитал большую школу химиков. С 1929 г. — действительный член Академии наук СССР.

О жизни и деятельности А. Е. Фаворского см.: Фаворская Т. А. Алексей Евграфович Фаворский М.: Наука, 1980. 256 с. (Серия ИБЛ).

<sup>20</sup> См.: Кузнецов В. И. Развитие представлений о полимеризации непредельных соединений. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 275 с.; см. также: Кузнецов В. И. О развитии исследований мономеров для синтеза каучука. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1960, т. 30, с. 195—220.



*Алексей Евграфович Фаворский*

«...вилось в последующих работах В. Реппе, М. Ф. Шостаковского, И. Н. Назарова и других ученых»<sup>21</sup>.

В 1895 г. А. Е. Фаворский защитил докторскую диссертацию «Исследование изомерных превращений в рядах карбонильных соединений, охлоренных спиртов и галоидозамещенных окисей», в предисловии к которой он отмечал: «Предлагаемое исследование представляет результат дальнейшего развития моих прежних работ в области углеводородов ряда  $C_nH_{2n-2}$ ».

Характеризуя научные исследования А. Е. Фаворского и его роль в развитии органической химии, академики Н. С. Курнаков и В. Н. Ипатьев писали: «Среди той школы русских химиков, которую создал А. М. Бутлеров и которой по праву может гордиться Россия,

<sup>21</sup> См.: Шостаковский М. Ф. Школа химиков-органиков А. Е. Фаворского.— В кн.: Материалы по истории отечественной химии: Сб. докл. на Втором Всесоюз. совещ. по истории отеч. химии. 21—26 апр. 1951 г. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 81—96.



А. Е. Фаворский представляет в настоящее время самую крупную фигуру. Он является непосредственным учеником Бутлерова и продолжателем его традиций. За свою более чем тридцатилетнюю научную деятельность он передал эти традиции нескольким поколениям русских химиков (...)

Область явлений изомеризации — основной мотив громадного большинства его работ (...)

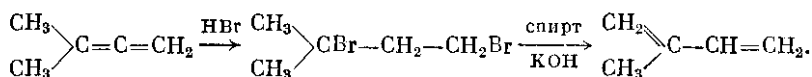
Изучение изомерных превращений привело к установлению ряда правильностей (...)

Весь обширный труд А. Е. Фаворского объединяется одной общей идеей, придающей ей цельность и значение.

Это — идея усовершенствования структурной теории путем изучения устойчивости частицы органических соединений (...)

В истории русской химии работы А. Е. Фаворского займут видное место и послужат великолепным примером выполнения экспериментальных научных исследований»<sup>22</sup>.

Темы, вытекающие из исследований по изомеризации непредельных углеводородов, А. Е. Фаворский предлагал своим ученикам. Одна из таких тем была предложена Владимиру Николаевичу Ипатьеву (1867—1952)<sup>23</sup>, окончившему в 1892 г. Михайловскую артиллерийскую академию, где Фаворский в то время преподавал органическую химию. В 1897 г. В. Н. Ипатьев и Н. М. Витторф опубликовали работу, в которой сообщили о синтезе изопрена<sup>24</sup>:



Работы В. Н. Ипатьева по изопрену были высоко оценены как отечественными, так и иностранными учеными. По словам известного немецкого химика Р. Вильштеттера, «юношеские работы В. Н. Ипатьева коренятся в великих традициях русских химиков. Они представляют собой прекрасный вклад в химию углеводородов, особенно в область реакций присоединения к ненасыщенным углеводородам. Уже здесь, именно при исследовании строения и синтеза изопрена в 1897 году, проявились самостоятельность и оригинальность в выборе и обработке крупных проблем, которые в последующем десятилетии играют роль в развитии органической химии»<sup>25</sup>.

<sup>22</sup> Курнаков Н. С., Ипатьев В. Н. Записка об ученых трудах профессора А. Е. Фаворского.— Изв. Рос. Академии наук. Сер. 6, 1922, т. 16, № 1/18, с. 38—41.

<sup>23</sup> См.: Наметкин С. Академик Владимир Николаевич Ипатьев: К 35-летию юбилею научной деятельности.— Нефт. хоз-во, 1927, т. 12, вып. 6, с. 779—781.

<sup>24</sup> Ипатьев В., Витторф Н. К строению изопрена.— ЖРФХО, 1897, т. 29, вып. 1, с. 132—135.

<sup>25</sup> Цит. по кн.: К 35-летию научной деятельности В. Н. Ипатьева. М.: Химтехиздат, 1929, с. 65.

В 1903 г. В. Н. Ипатьев открыл реакцию синтеза бутадиена из этилового спирта с применением в качестве катализатора окиси алюминия<sup>26</sup>.

Работу в этом направлении продолжил Иван Иванович Остроумов (1880—1939). Исследования в области синтетического каучука Остроумов начал в августе 1911 г. в химической лаборатории Московского технического училища, а затем продолжил в лаборатории резиновой фабрики общества «Богатырь» и закончил в ноябре 1915 г. Он разработал способ получения бутадиена пропусканием смеси паров этилового спирта и уксусного альдегида при температуре 440—460° С над окисью алюминия<sup>26а</sup>. Этот способ получил в 1940-х годах промышленное использование в США.

Изучение изопрена продолжил в своих исследованиях ученик А. Е. Фаворского В. А. Мокневский<sup>27</sup>, который наблюдал полимеризацию изопрена — важнейшего мономера каучука.

В. А. Мокневский совместно с Ж. И. Иоцичем открыли реакцию действия цинка на галоидозамещенные спирты с образованием этиленовых углеводородов. Авторам за эту работу была присуждена Малая премия им. А. М. Бутлерова.

К началу XX в. изопрен был уже хорошо изучен, что позволило глубоко проникнуть в природу каучука, представляющего собой полиизопрен<sup>28</sup>.

Пожалуй, ни в одной стране не было опубликовано столько оригинальных работ по проблеме синтетического каучука, как в России в 1900—1915 гг.<sup>29</sup>

<sup>26</sup> См.: *Ипатьев В. Н.* К вопросу о разложении этилового спирта под влиянием различных катализаторов. — *ЖРФХО*, 1903, т. 35, вып. 5, с. 449—452.

<sup>26а</sup> *Остроумов И. И.* Новые способы получения дивинила, изопрена, пиприлена и диметилэритрена. — *ЖРФХО. Ч. хим.*, 1915, т. 47, вып. 8, с. 1947—1978; 1916, т. 48, вып. 5, с. 1071—1151.

<sup>27</sup> Владимир Андреевич Мокневский (1872—1905), окончил естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета (1895). В 1895—1899 гг. — лаборант в лаборатории А. Е. Фаворского. С 1899 г. — инспектор Петербургского химико-технического училища.

См.: *Лебедев С. В.* Владимир Андреевич Мокневский (Некролог). — *ЖРФХО*, 1905, т. 37, вып. 9, с. 1155—1161.

<sup>28</sup> См.: *Сергиенко С. Р.* Синтетический каучук: Исторический очерк/Под ред. Б. А. Казанского. М.: Госхимиздат, 1940, 224 с.; *Максименко А. М.* Развитие проблемы синтеза каучукогенов. — В кн.: Главы из истории органической химии. М.: Наука, 1975, с. 122—192.

<sup>29</sup> См.: *Кондаков И. Л.* Синтетический каучук, его гомологи и аналоги. Юрьев, 1912. 154 с. *Кондаков И. Л.* К химии синтетического каучука. Юрьев, 1915. 16 с. *Остроумов И. И.* Каучук и его аналоги. М., 1913. 424 с.

В 1913 г. ученик А. Е. Фаворского Б. В. Бызов создал оригинальный метод получения дивинила путем пиролиза нефти. Дивинил, полученный таким образом, Бызову удалось запolyмеризовать и впервые в 1916 г. получить «нефтяной каучук». [Более подробно см.: *Максименко А. М., Мусабегов Ю. С.* Борис Васильевич Бызов (1880—1934). М.: Наука, 1972. 115 с. (Серия НБЛ).]

В 1897—1899 гг. в Химической лаборатории Петербургского университета под руководством А. Е. Фаворского С. В. Лебедев<sup>30</sup> выполнил свою дипломную работу «Исследование трихлорметил-о-метоксифенилкарбинола», напечатанную в 1900 г. в «Журнале Русского физико-химического общества». В 1906—1909 гг. Лебедев провел серию исследований по изучению полимеризации непредельных соединений. 13 мая 1910 г. на заседании Русского физико-химического общества ученый сообщил о своих первых наблюдениях, касающихся полимеризации дивинила. Он предложил оригинальные схемы димеризации диеновых углеводородов с сопряженными двойным связями в циклические системы.

В 1913 г. С. В. Лебедев опубликовал магистерскую диссертацию «Исследования в области полимеризации двуэтиленовых углеводородов»<sup>31</sup>, фундаментальный труд, в котором были обобщены результаты предыдущих работ и сформулированы общие положения о характере, скорости и механизме процессов полимеризации. «Способность полимеризоваться,— отмечал С. В. Лебедев,— общее свойство углеводородов, имеющих сопряженную систему двойных связей»<sup>32</sup>. Высокую оценку магистерской диссертации Лебедева дал академик П. И. Вальдеп. В письме от 9 апреля 1913 г. он писал:

«Многоуважаемый Сергей Васильевич, примите глубочайшую благодарность за присылку Вашей диссертации. С искренней радостью поздравляю Вас с этим научным трудом, столь богатым новыми методами и фактами. Этот труд относится к области одинаково темной и ценной; рядом с высоким научным значением Ваших исследований таковые имеют, конечно, крупную техническую цену; но их значение лежит также в области исторического развития вопроса об «искусственном каучуке». Вы являетесь пионером в этой области, и с грустью приходится констатировать, что благодаря отсутствию средств и предприимчивости в России Ваши открытия не нашли ни практической разработки, ни должной научной оценки рядом с работами Гарриса, Гофмана и др. От всей души желаю Вам дальней-

<sup>30</sup> Сергей Васильевич Лебедев (1874—1934), окончил Петербургский университет (1900), с 1902 г. начал работать в Университете в качестве лаборанта, с 1913 г.—приват-доцент. В 1917 г. возглавил кафедру общей химии Военно-медицинской академии. С 1932 г.—действительный член Академии наук СССР.

О жизни и деятельности С. В. Лебедева см.: Сергей Васильевич Лебедев (1874—1934): Жизнь и труды/Под ред. А. Е. Фаворского. Л.: Химтеорет, 1938. 759 с.; Академик Сергей Васильевич Лебедев: К восьмидесятилетию со дня рождения. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 264 с.; Сергиенко С. Р. Академик Сергей Васильевич Лебедев: Жизнь и научная деятельность. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 127 с.

<sup>31</sup> Лебедев С. В. Исследование в области полимеризации: I. Двуэтиленовые углеводороды.—ЖРФХО. Ч. хим., 1913, т. 45, вып. 6, с. 1249—1388; то же [отд. изд.]. СПб., 1913; то же.—В кн.: Лебедев С. В. Избранные работы по органической химии. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 9—183.

<sup>32</sup> Лебедев С. В. Избр. работы..., с. 56.



*Сергей Васильевич Лебедев*

них успехов в Ваших научных трудах. Преданный Вам Вальден»<sup>33</sup>.

Дальнейшие успехи в области полимеризации двуэтиленовых углеводородов полностью подтвердили высокую оценку, данную П. И. Вальдемом исследованиям С. В. Лебедева, которые в 1920-х годах привели к дешевому и удобному методу получения мономеров и способу его полимеризации, что позволило решить проблему промышленного синтеза каучука.

С 1896 г. в университетской лаборатории А. Е. Фаворского начал свои исследования Живоин Ильич Иоцич (1870—1914)<sup>34</sup>, талантливый ученый, разработавший ряд новых реакций, которые

<sup>33</sup> Архив АН СССР, ф. 788, оп. 3, ед. хр. 9.

<sup>34</sup> См.: Залкинд Ю. С. Ж. И. Иоцич (1870—1914) — Журн. общ. химии, 1948, т. 18, вып. 5, с. 972—983; Кузнецов В. И. Развитие химии металлоорганических соединений в СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1956, с. 51—57; Кузнецов В. И. Роль исследований Ж. Иоцича в развитии химии ацетиленовых соединений. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1960, т. 30, с. 221—240.

ныне носят его имя. Иодичу принадлежат пионерские работы по изучению непредельных магнийорганических соединений. Его магнийорганические соединения ацетиленового ряда («реактивы Иодича»)



нашли широкое применение для получения различных производных ацетилена (углеводородов, нитрилов, спиртов, альдегидов), а также в синтезе природных соединений.

В 1908 г. ученик Н. Д. Зелинского В. В. Челинцев<sup>34a</sup> опубликовал монографию «Индивидуальные магнийорганические соединения и их превращения в аммониевые и оксониевые комплексы», в которой описал методы получения индивидуальных галогенмагнийорганических соединений.

Исследования В. В. Челинцева сыграли важную роль в развитии химии магнийорганических, а также пиррольных и других органических соединений.

В 1906—1910 гг. в Московском высшем техническом училище исследования в области металлоорганических соединений выполнил П. П. Шорыгин<sup>35</sup>. Открытая им реакция замещения водородного атома на натрий (металлирование углеводородов алкильными производными щелочных металлов) вошла в историю классической органической химии как «реакция Шорыгина».

В бутлеровском направлении были выполнены исследования В. Е. Тищенко<sup>35a</sup> в области органической химии. Наибольший

<sup>34a</sup> Владимир Васильевич Челинцев (1877—1947), окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета. В 1908 г. защитил магистерскую диссертацию. С 1910 г. — профессор Московского университета, с 1917 г. возглавил саратовский химический центр.

См.: Родионов К. М., Никитин Е. К. Памяти Владимира Васильевича Челинцева. — Журн. общ. химии, 1952, т. 22, вып. 8, с. 1271—1278.

<sup>35</sup> Павел Полиевктович Шорыгин (1881—1939), окончил химический факультет Московского высшего технического училища (1903), где с 1906 г. работал на кафедре химии. В 1910 г. защитил магистерскую диссертацию «Исследования в области металлоорганических соединений натрия» (М., 1910, 116 с.), в которой описал полученные и изученные им металлоорганические соединения натрия (натрийалкилы). В советское время выполнил исследования в области химии целлюлозы и углеводов, которые явились теоретической базой промышленности искусственного волокна. В 1935 г. избран членом-корреспондентом, в 1939 г. — действительным членом Академии наук СССР.

См.: Данилов С. Н. Памяти академика П. П. Шорыгина. — Журн. общ. химии, 1940, т. 10, вып. 2, с. 176—192.

<sup>35a</sup> Вячеслав Евгеньевич Тищенко (1861—1941), окончил Петербургский университет (1884). Ученик А. М. Бутлерова и Д. И. Менделеева. С 1884 г. — лекционный лаборант Менделеева, с которым проработал несколько лет. Автор многих исследований по лесохимии и химической технологии. С 1935 г. — действительный член Академии наук СССР.

О жизни и деятельности В. Е. Тищенко см.: Сборник избранных трудов профессора В. Е. Тищенко, посвященный 50-летию его научной деятельности. Л.: Химтеорет, 1934. XXIV+269 с.; Наметкин С. С. Вячеслав Евгеньевич Тищенко. — Вестн. АН СССР, 1941, № 5/6, с. 89—93; Тищенко В. В. Вячеслав Евгеньевич Тищенко. Л.: Изд-во ЛГУ, 1968, 62 с.

интерес представляет его докторская диссертация «О действии алкоголятов алюминия на альдегиды. Сложноэфирная конденсация как новый вид уплотнения альдегидов» (1906). «После работ В. Е. Тищенко известная реакция Канниццаро одновременного окисления-восстановления ароматических альдегидов должна рассматриваться как частный случай реакции В. Е. Тищенко»<sup>36</sup>.

\*

Чем же обогатилась химическая наука в результате исследований петербургской школы Бутлерова? Каковы их главные итоги? Так же как и в Казани, А. М. Бутлеров в Петербурге, опираясь на теорию химического строения, продолжал серию блестящих органических синтезов, спиртов, углеводов, кислот и кетонов. В этих синтезах, осуществленных Бутлеровым и его многочисленными учениками, теория химического строения зарекомендовала себя как надежный «зодчий» планового построения молекул новых химических соединений.

В 1879 г. А. М. Бутлеров не без гордости говорил, «...что учение о химическом строении существует ныне законом, что оно уже отслужило немалую службу,—доказательством те десятки тысяч фактов, которые были найдены благодаря именно этому учению и которые оно во множестве случаев сумело предсказать заранее»<sup>37</sup>.

Учениками и сотрудниками А. М. Бутлерова был осуществлен синтез олефиновых и парафиновых углеводородов состава  $C_5-C_{10}$  — основы химии углеводородов, ставшей и отправным пунктом, и направляющим фактором развития нефтехимии. Последняя же стала основным поставщиком карбюраторных и дизельных топлив и смазочных материалов, без чего был бы невозможен тот гигантский прогресс в области авто- и авиамоторостроения, который так характерен для нашего времени. Этот прогресс был бы невозможен и без решения проблемы синтетического каучука, который позволил надежно «обуть» современную технику.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

Одновременно с исследованиями по органической химии в Петербургском университете успешно велась разработка различных проблем органической химии в Петербургском технологическом институте.

В 1857 г. в Институте была открыта хорошо оборудованная химическая лаборатория. «На строительство здания лаборатории было

<sup>36</sup> Арбузов А. Е. Избранные работы по истории химии. М.: Наука, 1975, с. 134.

<sup>37</sup> Современное значение теории химического строения: Чтение А. М. Бутлерова в Общем собрании Физико-химического общества 17 апр. 1879 г.—ЖРФХО, 1879, т. 11, вып. 7, с. 289—311; цит. по: Бутлеров А. М. Соч., т. 1, с. 383.



Федор Федорович  
Бейльштейн

Ф. Ф. Бейльштейн организовал в Технологическом институте химическую лабораторию, «в некоторых отношениях опередившую и университет. Так, например, он первый устроил в России лабораторию для газового анализа по образцу бунзеновской, о чем с благодарностью вспоминает пишущий эти строки (К. А. Тимирязев, Ю. С.), научившийся у Федора Федоровича этой важной отрасли химического исследования»<sup>41</sup>.

истрачено 24 092 руб., введено газовое освещение и приобретено большое количество различного оборудования»<sup>38</sup>.

В сентябре 1866 г. заведующим химической лабораторией этого Института был назначен профессор химии Ф. Ф. Бейльштейн<sup>39</sup>. В письме к А. М. Бутлерову в Казань он писал: «Возможно, что на Ваш дальний Восток еще не проникло известие о том, что я — приемник Менделеева в Технологическом институте... До сих пор у меня было твердое убеждение, что я руководил в Геттингене самой большой лабораторией в мире, ибо у нас постоянно работало 80—85 человек. Но что это за игрушки по сравнению со здешними масштабами!... здесь в небольшом помещении в настоящее время работает 175—да, да, 175 человек!»<sup>40</sup>.

<sup>38</sup> 150 лет Ленинградского технологического института. Л.: Химия, 1978, с. 25.

<sup>39</sup> Федор Федорович Бейльштейн (1838—1906), учился за границей, в Германии и Франции, с 1860 г. — ассистент, а с 1865 г. — профессор Геттингенского университета. Осенью 1866 г. переехал на постоянное жительство в Петербург. В июне 1867 г. принял русское подданство. С 1886 г. — действительный член Петербургской Академии наук. В 1880—1883 гг. начал издание справочника по органической химии, основанного на теории химического строения (классификация соединений на основе их молекулярных формул). Второе, переработанное, издание вышло в 1887—1890 гг., а третье, в четырех томах, — в 1892—1899 гг. Современное, четвертое, издание насчитывает 220 томов «Handbuch der organischen Chemie», своеобразного и необходимого «путеводителя по стране органической химии».

О жизни и деятельности Ф. Ф. Бейльштейна см.: Шмусевич Л. А., Мусабекоев Ю. С. Федор Федорович Бейльштейн. М.: Наука, 1971. 128 с. (Серия НБЭ).

<sup>40</sup> Цит. по кн.: Шмусевич Л. А., Мусабекоев Ю. С. Указ. соч., с. 35.

<sup>41</sup> Тимирязев К. А. Развитие естествознания в России в эпоху 60-х годов. Соч. М.: Сельхозгиз, 1939, т. 8, с. 153.

В химической лаборатории Технологического института Ф. Ф. Бейльштейн начал серию исследований в области химии ароматических соединений, где, по его словам, «царила путаница». Приняв за основу бензольную теорию Кекуле, Бейльштейн провел важные исследования по хлорированию толуола. Он изучил галопирование толуола в зависимости от температуры. Полученные результаты нашли широкое применение в анилиноокрасочной промышленности<sup>42</sup>.

Высокую оценку работам Ф. Ф. Бейльштейна дали также известные немецкие химики, как А. Кекуле, А. Байер, А. Гофман<sup>43</sup>. Они особое внимание обратили на практическое значение этих исследований.

Важное теоретическое значение имела работа Ф. Ф. Бейльштейна и А. Кульберга «Об определении химического места в некоторых производных толуола» (1874)<sup>44</sup>. Авторы на большом фактическом материале показали различие в химическом характере между водородными атомами бензольного ядра и водородными атомами вступивших в ядро радикалов. В зависимости от условий при действии хлора на толуол можно получить продукты замещения либо в ядре, либо в боковой цепи. Эти данные имели важное значение для развития представлений об изомерии ароматических соединений.

В начале 1880-х годов Ф. Ф. Бейльштейн занялся исследованиями в области нефтехимии. Какие причины побудили ученого заняться изучением химической природы и состава нефти? На этот вопрос мы находим ответ в одной из его работ: «Нефть, вырабатываемая в настоящее время в огромных размерах, как в России, так и в Америке, и имеющая громадное применение в технике, до сих пор вообще мало исследована; в особенности, что касается до кавказской нефти, то о составе ее имеются очень смутные понятия, так как химический характер углеводородов, в ней заключающихся, до сих пор точно не определен»<sup>45</sup>.

В 1872—1877 гг. в ряде своих работ Ф. Р. Вреден<sup>46</sup> высказал мнение, что в состав бакинской нефти входят углеводороды  $C_nH_{2n}$ .

<sup>42</sup> См.: Бейльштейн Ф. Ф. О работах членов Русского физико-химического общества по ароматическому ряду.— В кн.: Русское химическое общество. XXV (1868—1893). СПб., 1894, с. 50.

<sup>43</sup> См.: Шмидевич Л. А., Мусабоев Ю. С. Указ. соч., с. 75—83.

<sup>44</sup> Бейльштейн Ф., Кульберг А. Об определении химического места в некоторых производных толуола.— ЖРХО, 1871, т. 3, вып. 1, с. 128—141.

<sup>45</sup> Бейльштейн Ф. Ф., Курбатов А. А. Исследование кавказской нефти.— ЖРФХО, 1883, т. 15, вып. 1, с. 5.

<sup>46</sup> Феликс Романович Вреден (1841—1878), окончил Петербургский университет (1863), работал в Варшавском университете, последние три года жизни — профессор Петербургского горного института. В 1876—1878 гг. впервые провел систематические исследования продуктов гидрирования ароматических углеводородов, главным образом нафталина, и доказал возможность перехода ароматических углеводородов в циклопарафины (см.: Вреден Ф. Р. I. Гидрогенизация монобензольных производных. II. О продуктах гидрогенизации и о строении нафталина. Варшава. 1876. 23 с.

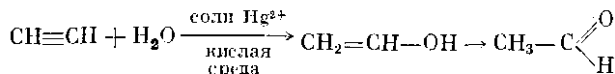
См.: [Меншуткин Н.] Феликс Романович Вреден: (Некролог).— ЖРФХО, 1879, т. 11, вып. 1, с. XII—XIV.



ароматических соединений и влияние на их свойства расположения и природы заместителей. После ареста и высылки в 1871 г. из Петербурга А. Н. Энгельгардта кафедру в 1871—1877 гг. возглавлял возвратившийся из Одессы в Петербург Н. Н. Соколов.

В 1877 г. Земледельческий институт был преобразован в Лесной институт. Кафедру химии в Институте занял П. А. Лачинов, а его ассистентом на многие годы стал М. Г. Кучеров<sup>55</sup>.

Первоначально М. Г. Кучеров выполнял исследования в русле интересов П. А. Лачинова (изучение холевой кислоты, 1879, 1882). С 1875 г. Кучеров начинает исследование свойств бромэтилена (бромистого винила), которое приведет его к открытию (1881) классической реакции каталитической гидратации ацетиленовых углеводородов<sup>56</sup>. Кучеров показал, что в присутствии ртутных солей в кислой среде происходит гидратация ацетилена (точнее, его промежуточного соединения с ртутными солями):



В результате этой реакции из ацетилена получается уксусный альдегид, а из гомологов ацетилена — кетоны<sup>57</sup>.

Большое практическое значение реакции Кучерова выяснилось в начале XX в., когда по методу Кучерова в заводских масштабах стали получать большое количество уксусного альдегида. «Высокие заводские корпуса, в которых осуществляется гидратация ацетилена в уксусный альдегид, — это своеобразные памятники выдающемуся русскому химику-органику Михаилу Григорьевичу Кучерову, чье открытие уже более полувека одаривает человечество разнообразными продуктами „ацетиленового дерева“»<sup>58</sup>.

с. 567—614; Пешекерова М. С. Павел Александрович Лачинов. — В кн.: Материалы по истории отечественной химии, 1954, с. 47—55.

<sup>54</sup> Анна Федоровна Волкова (? — 1876), первая женщина в мире, опубликовавшая исследования по химии. Разработала способ получения нитридов из амидов кислот и тозилхлорида. Волкова была первой женщиной-химиком, принятой в 1870 г. в члены Русского химического общества (см.: Мусабегов Ю. С. Русские женщины-химики. — Химия в школе, 1952, вып. 1, с. 17—20).

<sup>55</sup> Михаил Григорьевич Кучеров (1850—1911), окончил Петербургский земледельческий институт (1871). С 1891 г. — доцент, а с 1902 г. — экстраординарный профессор химии Лесного института.

О жизни и деятельности М. Г. Кучерова см.: Есафов В. И. Михаил Григорьевич Кучеров. М.: Наука, 1972. 104 с. (Серия НБЛ); Петров А. Д. Реакция М. Г. Кучерова. — Успехи химии, 1952, т. 21, вып. 2, с. 250—259.

<sup>56</sup> См.: [Кучеров М. Г.] О новом способе гидратации углеводородов ацетиленового ряда. — ЖРФХО, 1881, т. 13, вып. 8, с. 542—545. Протоколы.

<sup>57</sup> В декабре 1885 г. М. Г. Кучерову была единогласно присуждена премия имени Н. Н. Соколова «за открытие и исследование реакций между соединениями ртути и углеводородами ацетиленового ряда» (см.: Протокол заседания Отделения химии РФХО от 5 декабря 1885 г. — ЖРФХО, 1886, т. 18, вып. 1, с. 1).

<sup>58</sup> Есафов В. И. Указ. соч., с. 93.

## ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА. РАБОТЫ В. Н. ИПАТЬЕВА

В истории отечественной химии 1900—1901 гг. были ознаменованы двумя событиями: В. Н. Ипатьев в органической химии и Н. С. Курнаков в неорганической отходят от традиционного пути изучения вещества. Это привело Курнакова к созданию физико-химического анализа<sup>59</sup>, а Ипатьева — к разработке гетерогенно-каталитического синтеза при высоких температурах и давлениях.

Чтобы понять, почему автор классической работы «Строение и синтез изопрена» (1897) перестал далее разрабатывать область предельных углеводов и их производных, надо вспомнить ту атмосферу, в которой В. Н. Ипатьев сформировался как исследователь. В 1892 г. он блестяще окончил Михайловскую артиллерийскую академию и в том же году на заседании Русского физико-химического общества выступил с первым научным докладом «Опыт химического исследования стали». Доклад обратил на себя внимание Д. И. Менделеева.

Вскоре, однако, область научных интересов молодого ученого изменяется. Не без влияния А. Е. Фаворского, который, как мы знаем, читал курс органической химии в Артиллерийской академии<sup>60</sup>, Ипатьев начинает исследования в области органической химии и уже в 1895 г. выполняет свою первую работу в данной области — «О действии брома на предельные третичные спирты жирного ряда». Проходит еще четыре года. В 1899 г. Ипатьев представляет диссертацию «Аллиловые углеводороды, реакция хлористого нитрозила и нитрозаты», за которую получает звание профессора Артиллерийской академии. Это была последняя дань традиционной органической химии. Свой изобретательный ум ученый направил в новую загадочную область катализа.

В эту область В. Н. Ипатьев пришел не только как химик, но и как инженер. Он смело решил нарушить указания А. М. Бутлерова изучать органические реакции при умеренных температурах и атмосферном давлении.

Первая работа В. Н. Ипатьева в области катализа появилась в начале 1901 г. Она была посвящена изучению процессов разложения спиртов при пропускании их через железные, стеклянные и другие трубки, нагретые до разных температур. Выяснилось, что материал трубки оказывает существенное влияние на ход химических превращений.

В химической лаборатории Артиллерийской академии В. Н. Ипатьев ставит многочисленные опыты по разложению спиртов с применением различных катализаторов и при разных температурах. Уже к

<sup>59</sup> См. главу 15 настоящей книги.

<sup>60</sup> По сути дела, воздействие на В. Н. Ипатьева петербургской бутлеровской школы химиков-органиков этим и ограничилось.

с удвоенным количеством атомов водорода по сравнению с ароматическими углеводородами. Эти углеводороды обладали свойствами парафинов и составляли около 80% кавказской нефти. Гидрируя бензол, толуол, ксилол и нафталин иодистым водородом, Вреден получил гексагидробензол, гексагидротолуол, гексагидроксилол, гексагидронафталин, октагидронафталин и декагидронафталин. Многие из описанных Вреденом новых углеводородов сейчас являются продуктами промышленного синтеза.

Новые химические сведения о характере составных частей кавказской нефти появились в 1880—1883 гг. в работах Ф. Ф. Бейльштейна и А. А. Курбатова<sup>46a</sup>. Сопоставив свойства углеводородов Вредена со свойствами углеводородов бакинской нефти, авторы пришли к выводу, что в составе бакинской нефти преимущественно содержатся гидроароматические углеводороды, в то время как пенсильванская нефть состоит главным образом из предельных углеводородов открытого строения<sup>47</sup>.

Далее мы приведем описание исследований Ф. Ф. Бейльштейна, посвященных изучению кавказской нефти, которое дают авторы научной биографии ученого:

«Бейльштейн и Курбатов предположили, что бакинская нефть представляет собой смесь ароматических и парафиновых углеводородов. Для проверки своего предположения они подвергли бакинскую нефть действию дымящей серной кислоты, а продукты — фракционированной перегонке. Результаты оказались совершенно неожиданными: удельный вес фракции, в которой предполагался бензол, еще более увеличился, а соотношение содержания углерода и водорода почти не изменилось и приблизилось к  $C_{12}H_{22}$ . Исследование химических свойств выделенных углеводородов показало, что они не окисляются хромовым ангидридом, перманганатом калия, не взаимодействуют на холоду с бромом. Такая химическая инертность и повышенное содержание углерода в молекулах углеводородов позволили Бейльштейну и Курбатову сделать вывод, что в бакинской нефти находятся углеводороды, тождественные с продуктами гидрирования ароматических углеводородов, впервые обстоятельно исследованными Ф. Р. Вреденом в 1877 г. Чтобы окончательно убедиться в правильности своего заключения, Бейльштейн и Курбатов обработали углеводороды смесью азотной и серной кислот при длительном кипячении. После разделения и очистки был выделен углеводород с удельным весом и температурой кипения гексагидротолуола. Затем Бейльштейн и Курбатов подробно изучили химический состав «нефти из царских колодцев» (близ Тифлиса) и нашли, что в этой нефти содержание углеводородов  $C_nH_{2n}$  совсем незначительно

<sup>46a</sup> См.: Курбатов А. Исследование кавказской нефти.— Изв. СПб. практ. тех. пол. ин-та, 1880—1881, т. 3, с. 217—238; Бейльштейн Ф., Курбатов А. Исследование кавказской нефти.— ЖРФХО, 1883, т. 15, вып. 1, с. 5—32.

<sup>47</sup> О составе кавказской нефти.— ЖРФХО, 1881, т. 13, вып. 1, с. 54 (Замечание Ф. Ф. Бейльштейна и А. А. Курбатова...).

<...> Благодаря выяснению химической природы углеводородов бакинской нефти вполне разъяснились и непонятные до того времени результаты опытов Летнего<sup>48</sup>, который получил при перегонке паров нефти<sup>49</sup> большое количество бензола, его гомологов, а также нафталины и антрацена<sup>50</sup>.

По словам Н. А. Меншуткина, работы Ф. Ф. Бейльштейна и А. А. Курбатова по изучению бакинской нефти «пробили брешь», в которую хлынул поток исследований по химии нефти<sup>51</sup>.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В ПЕТЕРБУРГСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОМ (ЛЕСНОМ) ИНСТИТУТЕ

Иное направление исследований по органической химии сформировалось в трудах химиков, работавших в Петербургском земледельческом (лесном) институте.

Мы уже говорили, что кафедру химии Петербургского земледельческого института в 1864 г. занял А. Н. Энгельгардт. В 1867 г. в Земледельческом институте была открыта новая просторная химическая лаборатория, в которую, по словам М. Г. Кучерова, «молодежь хлынула неожиданным приливом». В лаборатории работало до 100 практикантов. Здесь «около А. Н. скоро образовался кружок учеников и ключом закипела ученая работа»<sup>52</sup>. Совместно с П. А. Лачиновым<sup>53</sup> и А. Ф. Волковой<sup>54</sup> он изучал сульфирование

<sup>48</sup> Александр Александрович Летний (1848—1883), окончил Петербургский технологический институт (1871), где затем работал лаборантом и ассистентом до 1879 г. Исследования Летнего по высокотемпературному разложению тяжелых нефтяных остатков (1875—1878) легли в основу разработки крекинг-процесса, а также получения дивинила из нефти. В 1877 г. Департамент торговли и мануфактуры выдал Летнему Привилегию на способ добытия антрацена и бензола из нефти и нефтяных остатков.— Ю. С.

См.: *Пиотровский К. Б.* А. А. Летний: к 75-летию открытия пиролиза нефти.— *Успехи химии*, 1952, т. 21, вып. 12, с. 1518—1525.

<sup>49</sup> См.: *Летний А. А.* Исследование продуктов древесно-нефтяного газа. СПб., 1877. 8 с.; *Летний А.* Влияние высокой температуры на нефть.— *Изв. СПб. практ. технол. ин-та*, 1878, т. 2, с. 79—97.

«Русская техника первая указала возможность получения из нефти (или, вернее, из ее остатков при сухой ее перегонке для производства газа) основных ее углеводородов—бензола и антрацена—для фабрикации анилиновых и алizarиновых красок, длинный ряд коих неоднократно фигурировал на разных выставках, привлекая к себе внимание ученых» (*Гулишамбаров Ст.* Нефтеперерабатывающая промышленность.— В кн.: *Россия в конце XIX века*. СПб., 1900, с. 505—506).— Ю. С.

<sup>50</sup> *Шмелевич Л. А., Мусабекоев Ю. С.* Указ. соч., с. 92—93.

<sup>51</sup> См. раздел «Изучение природы кавказской нефти» в главе 18.

<sup>52</sup> *Меншуткин Н. А.* Памяти А. Н. Энгельгардта.— *ЖРФХО*, 1893, т. 26, вып. 1, с. 44.

<sup>53</sup> Павел Александрович Лачинов (1837—1891), окончил Михайловскую артиллерийскую академию (1858). С 1864 г. до конца жизни работал в Петербургском земледельческом (лесном) институте. Его основные исследования посвящены изучению холестерина, желчных кислот, глюкозидов.

См.: *Кучеров М. Г.* Памяти П. А. Лачинова.— *ЖРФХО*, 1892, т. 24, вып. 8,

1903 г. им было установлено, что разложение спиртов протекает по двум направлениям. В одних условиях разложение спирта сопровождается выделением водорода с образованием альдегида или кетона. В других — происходит дегидратация спирта с образованием непредельного углеводорода.

Второе направление привлекло особое внимание В. Н. Ипатьева, так как ему удалось найти катализатор — глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), в присутствии которого этиловый спирт полностью разлагался с образованием газа, содержащего 97,7% этилена<sup>61</sup>.

В. Н. Ипатьев, таким образом, разработал общий, термokatалитический метод дегидратации спиртов, который во всех отношениях превосходил ранее известные способы<sup>62</sup>.

Следующий шаг в развитии каталитического органического синтеза был сделан В. Н. Ипатьевым в 1905—1907 гг., когда от незамкнутых трубок он перешел к автоклавам, в которых каталитическое разложение спиртов и других соединений происходит при высокой температуре и под давлением (до нескольких сот атмосфер). Ипатьев первым установил, что давление играет весьма существенную роль в каталитических процессах.

В 1911 г. В. Н. Ипатьев открыл, что при нагревании этилена до 375—400° С под давлением 70 атм в железной трубке, а также в присутствии  $\text{Al}_2\text{O}_3$  образуются наряду с предельными углеводородами и полиметиленовые (циклогексан и его замещенные)<sup>63</sup>.

К исследованиям в этом направлении примыкают работы Л. Г. Гурвича<sup>64</sup>, крупного специалиста в области химии нефти. В 1914—1915 гг. он изучал каталитическую полимеризацию олефиновых углеводородов под действием универсального катализатора — фторидина<sup>65</sup>. Это была одна из первых работ по полимеризации на твердых катализаторах.

В 1913—1917 гг. В. Н. Ипатьев совместно с Л. Г. Гурвичем изучал разложение пиронафта. Исследования в этом направлении

<sup>61</sup> В годы первой мировой войны в Германии, России и других странах этилен как основное исходное вещество для получения нитрата был приготовлен «по Ипатьеву» каталитическим разложением винного спирта в присутствии глинозема.

<sup>62</sup> См.: Ипатьев В. Пирогенетические контактные реакции с органическими веществами: Статья IV. Новый способ получения этиленовых углеводородов. — ЖРФХО, 1903, т. 35, вып. 6, с. 577—592.

<sup>63</sup> См.: Ипатьев В. Полимеризация этиленовых углеводородов при высокой температуре и давлении. — ЖРФХО. Ч. хим., 1914, т. 43, с. 1420—1430; см. также: Ипатьев В. Н. Каталитические реакции при высоких температурах и давлениях: 1900—1933. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 774 с.

<sup>64</sup> Лев Гаврилович Гурвич (1871—1926), окончил Киевский университет (1892). В 1904—1909 гг. работал в Центральной нефтяной лаборатории завода Небеля в Баку. С 1909 г. руководил нефтяной лабораторией в Петербурге. Автор известной монографии «Научные основы переработки нефти» (первое издание вышло в 1913 г., второе — в 1925 г., третье — в 1940 г.).

<sup>65</sup> См.: Гурвич Л. Г. Действие фторидовой земли на ненасыщенные соединения. — ЖРФХО. Ч. хим., 1915, т. 47, вып. 4, с. 827—830.

представляли «для всех, работающих в области крекинг-процесса, выдающийся интерес не только в теоретическом, но и в практическом отношении. Нельзя не отметить также, что исследование это, после известной работы и патента инж. В. Г. Шухова (1890 г.), явилось в России первым по изучению получившего столь широкое развитие крекинг-процесса»<sup>66</sup>.

Гетерогенный катализ и связанное с ним применение высоких давлений дали возможность решить важнейшие экономические проблемы — гидрогенизацию жиров и деструктивную гидрогенизацию углей до жидкого моторного топлива.

К концу 1920-х годов деструктивная каталитическая гидрогенизация стала внедряться в производство нефтяных бензинов. Она обеспечивала повышение выхода крекинг-бензина за счет гидрогенизации более высокомолекулярных продуктов, предупреждала коксообразование и способствовала обессериванию бензинов<sup>67</sup>.

\*

Итак, мы закончили рассмотрение исследований русских химиков-органиков в Петербургском научном центре. Что было характерно в целом для этих исследований?

Во-первых, основная их часть выполнялась в русле теории химического строения, которая служила руководящим началом в работах многочисленных учеников А. М. Бутлерова и учеников его учеников<sup>68</sup>.

Во-вторых, сформировались новые перспективные направления развития органической химии, которые в XX в. приобрели большое практическое значение<sup>69</sup>.

В-третьих, открытые новые реакции и закономерности усилили синтетическую органическую химию и значительно расширили представления химиков о новых классах соединений<sup>70</sup>.

Иными словами, сформировались основы современной органической химии.

<sup>66</sup> Наметки С. Акад. Владимир Николаевич Ипатьев: к 35-летию юбилею научной деятельности. — Нефть. хоз-во, 1927, т. 12, № 6, с. 781.

<sup>67</sup> Более подробно см.: Челинцев В. В. Контактно-каталитические процессы в области органических соединений и их приложение в технике. Л.: Науч. хим-техн. изд-во НТУ ВСНХ, 1927. 244 с.; Кузнецов В. И. Развитие каталитического органического синтеза. М.: Наука, 1964. 434 с.

<sup>68</sup> См.: Данилов С. Н. Главнейшие черты современной органической химии и роль школы Бутлерова—Фаворского в ее развитии. — Вестн. ЛГУ, 1947, № 1, с. 103—126.

<sup>69</sup> См.: Петров А. Д. А. М. Бутлеров и промышленность основного органического синтеза. — В кн.: Бутлеров А. М. Избранные работы по органической химии. М.: Изд-во АН СССР, 1951, с. 591—608 (Классики науки).

<sup>70</sup> В 1860 г. было зарегистрировано 3000 органических соединений, в 1870 г. — 6000, в 1883 г. — 15 000 соединений; в настоящее время — более 8 миллионов.

Глава 11

ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ МЕНДЕЛЕЕВ  
И НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
ЕГО ИССЛЕДОВАНИЙ

В петербургском научном центре в 1870—1880-е годы формируется новое мощное научное направление — направление физико-химических исследований. Во-первых, изучение состояния вещества (газообразное, жидкое, твердое) как основного фактора, определяющего специфику механизма реакций. Во-вторых, изучение причин взаимодействия веществ. В-третьих, изучение зависимости свойств вещества от его состава и строения.

В разработке этого нового направления центральное место принадлежит исследованиям Д. И. Менделеева<sup>1</sup> и его учеников.

Дмитрий Иванович Менделеев родился 27 января (8 февраля н. ст.) 1834 г. в г. Тобольске, в семье Ивана Павловича Менделеева, директора Тобольской гимназии.

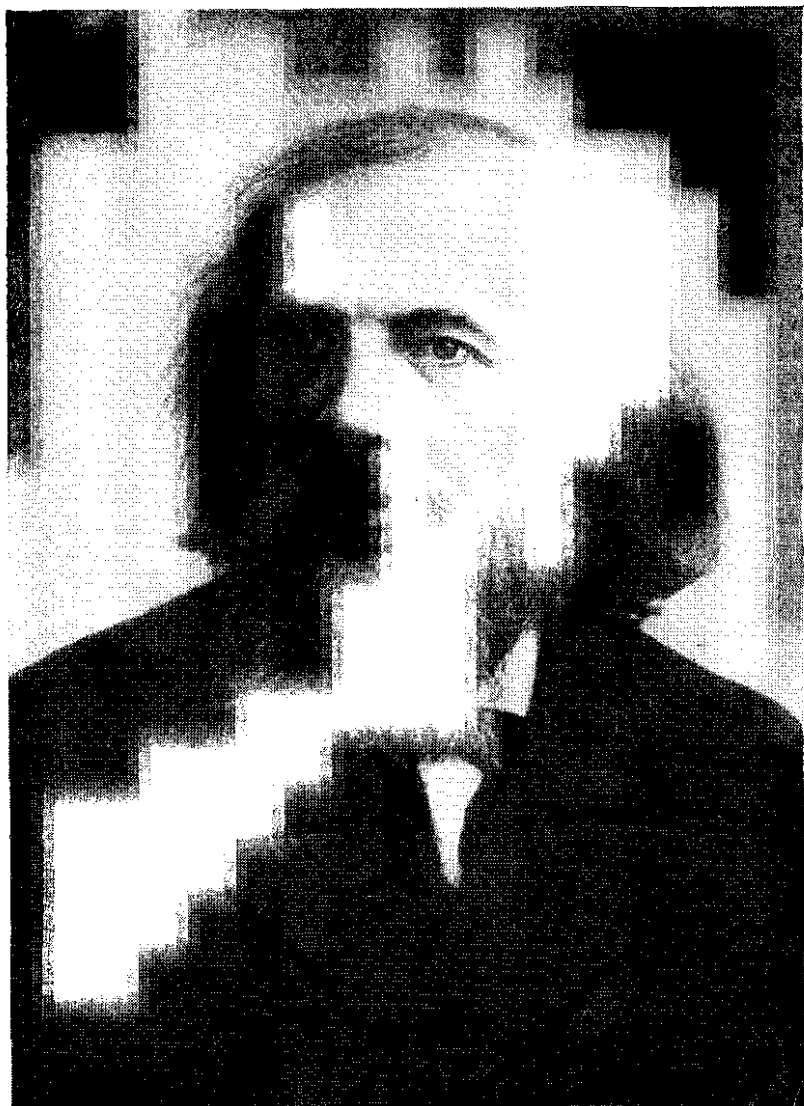
В 1841—1849 гг. Дмитрий Менделеев учился в Тобольской гимназии. После ее окончания стал студентом физико-математического факультета Главного педагогического института в Петербурге.

Много лет спустя Д. И. Менделеев писал, что он «обязан Главному педагогическому институту всем своим развитием... огонь в нашем очаге не тух от избытка топлива, а мог только разгораться под влиянием не только профессоров и товарищей... но и того общего напряжения или пыла, который установился в ...институте...»<sup>2</sup>.

В Институте Д. И. Менделеев прослушал курс химии, который читал А. А. Воскресенский, и в лаборатории Менделеев работал под его руководством. «Принадлежа к числу учеников Воскресенского, — писал впоследствии Д. И. Менделеев, — я живо помню ту обязательность безыскусственной простоты изложения и то постоянное паталкивание на пользу самостоятельной разработки научных данных, какими Воскресенский вербовал много свежих сил в область химии. Другие говорили часто о великих трудностях научного дела, а у Воскресенского мы в лаборатории чаще всего слышали его любимую поговорку: „не боги горшки обжигают и кирпичи делают“, а потому

<sup>1</sup> О жизни и деятельности Д. И. Менделеева см.: *Младенцев М. П., Тищенко В. Е.* Дмитрий Иванович Менделеев: его жизнь и деятельность. М.: Л.: Изд-во АН СССР, 1938. Т. 1. Ч. 1 и 2. 268 с.; *Фигуровский Н. А.* Дмитрий Иванович Менделеев (1834—1907). 2-е изд., испр. и доп. М.: Наука, 1983. 287 с.; *Макареня А. А.* Д. И. Менделеев и физико-химические науки: Опыт научной биографии Д. И. Менделеева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоиздат, 1982. 256 с.; *Летопись жизни и деятельности Д. И. Менделеева/Доброutin Р. Б., Карпило Н. Г., Керова Л. С., Трифонов Д. Н. Л.: Наука, 1984.*

<sup>2</sup> Цит. по кн.: *Младенцев М. Н., Тищенко В. Е.* Указ. соч., с. 102, 103.



ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ  
МЕНДЕЛЕЕВ



в лабораториях, которыми заведовал Воскресенский, не боялись приложить руки к делу науки, а старались лепить и обжигать кирпичи, из которых слагается здание химических знаний»<sup>3</sup>.

Будучи на старшем курсе Института, Д. И. Менделеев, по предложению профессоров А. А. Воскресенского и С. С. Куторги, провел химический анализ минералов ортита и пироксена. И в 1854 г. в «Трудах Русского минералогического общества» появилась статья Менделеева, посвященная анализу ортита из Финляндии. По окончании Института он представил работу «Изоморфизм в связи с другими отношениями кристаллической формы к составу»<sup>4</sup> (1856).

«Составление этой диссертации,— писал впоследствии Д. И. Менделеев,— вовлекло меня более всего в изучение химических отношений. Этим она определила много»<sup>5</sup>.

Защитив 9 сентября 1856 г. диссертацию «Удельные объемы» на степень магистра химии, Д. И. Менделеев в 1857 г. становится приват-доцентом химии Петербургского университета. Весной 1859 г. Дмитрий Иванович едет в двухгодичную научную командировку в Гейдельберг, в старинный германский университет, для дальнейшей самостоятельной экспериментальной работы по химии.

В 1861 г., вернувшись из Гейдельберга в Петербург, он приступает к чтению курса органической химии в Петербургском университете. В этом же году он издает книгу «Органическая химия», первый оригинальный русский учебник, посвященный органической химии. В обширном, 30-страничном, Введении мы находим изложение основных понятий химии. Центральное место занимает закон Авогадро—Жерара. Большое внимание уделено физическим свойствам органических соединений.

1 января 1864 г. Д. И. Менделеев был утвержден профессором химии Петербургского технологического института. Здесь, в своих лекциях и публикациях, он активно ратовал за ускоренное промышленное развитие России. Решение многих технологических проблем и даже просто технически грамотное описание технологии ряда производств было острой потребностью для России того времени. Менделеев был одним из тех ученых, которые хорошо понимали эту назревшую потребность. В 1870-х годах он активно выступал за развитие нефтяной промышленности и за рациональную переработку нефти. Ученый требовал проведения в жизнь ряда экономических и технических мероприятий, обеспечивающих быстрое развитие русской нефтяной промышленности. Он первым обобщал вопрос о географическом размещении нефтеперерабатывающей промышленности, выдвинул ряд предложений о коренном улучшении транспортирования нефти и нефтепродуктов; он настаивал, в частности, на постройке нефтепровода Баку—Батуми.

<sup>3</sup> Менделеев Д. И. Соч. Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1949, т. 15, с. 624.

<sup>4</sup> Тема дипломной работы также была предложена А. А. Воскресенским и С. С. Куторгой.

<sup>5</sup> Архив Д. И. Менделеева. Л.: Изд-во ЛГУ, 1951, т. 1, с. 44.

Д. И. Менделеев, выступая за расширение и техническое улучшение добычи угля в Донецком каменноугольном бассейне, выдвинул идею подземной газификации угля.

Доказывая необходимость быстрого промышленного развития России, Д. И. Менделеев видел в науке участника и союзника технического прогресса. Он писал (июнь, 1897): «...промышленность и истинная наука друг без друга не живут, друг от друга получают силу, и этот союз рождает блага, без него не веданные, обеспеченность, самобытность и спокойную уверенность в предстоящем. Насажденная и окрепшая промышленность дает возможность развиваться всем сторонам народного гения, если его окрылит и укрепит в самосознании истинная наука»<sup>6</sup>.

В декабре 1865 г. Д. И. Менделеев, профессор Петербургского технологического института, был утвержден профессором Петербургского университета по кафедре технической химии<sup>7</sup>, а в октябре 1867 г. переведен на кафедру общей химии, освободившуюся после А. А. Воскресенского (в связи с его уходом из Университета). В Университете Дмитрий Иванович читал основной курс по неорганической химии; здесь он создает свои знаменитые «Основы химии».

В 1874 г. в представлении об избрании профессора Д. И. Менделеева в адъюнкты Петербургской Академии по химии А. М. Бутлеров писал: «...из всех отделов химии находится ныне преимущественно на очереди разработка отдела физического. Исследование вопросов, сюда относящихся, стоящих на рубеже между химией и физикой, является крайне существенной потребностью, она, по преимуществу, обещает возможность проникнуть глубже в сущность явлений, имеющих место в наименьших частицах вещества, и достигнуть в будущем главнейшей цели — отождествления химии с молекулярной механикой»<sup>8</sup>. На основании этого представления, подписанного академиками Н. Н. Зининым, О. И. Сомовым и А. Н. Савиным, 3 декабря 1876 г. Менделеев был избран членом-корреспондентом Петербургской Академии наук.

11 ноября 1880 г. состоялись выборы нового академика по кафедре химии. На эту вакансию официально претендовал Д. И. Менделеев, который, как всем казалось, будет избран ввиду неоспоримых преимуществ перед другими кандидатами. Но Менделеев был забаллотирован<sup>9</sup>. «Немедленно со всех концов России стали раздаваться возгласы негодования». Центром, куда химики направляли свои

<sup>6</sup> Менделеев Д. И. Соч. Л.: М.: Изд-во АН СССР, 1952, т. 21, с. 280—281.

<sup>7</sup> В Технологическом институте после Д. И. Менделеева в 1865 г. кафедру химии занял Ф. Ф. Бейльштейн, о научной деятельности которого мы уже говорили.

<sup>8</sup> А. М. Бутлеров: Научная и педагогическая деятельность. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 219—220.

<sup>9</sup> Этот вопрос подробно освещен в статьях Г. А. Князева: «Д. И. Менделеев и императорская Академия» (Вестн. АН СССР, 1931, № 3, с. 27—34) и «Д. И. Менделеев и царская Академия наук (1858—1907 гг.)» (Архив истории науки и техники, 1935, вып. 6, с. 299—331).

письма и телеграммы с выражением сочувствия и уважения к Менделееву, стало Русское физико-химическое общество. Отношение Общества к этому событию проявилось сначала в том, что Н. А. Меншуткин разослал для подписи всем иногородним членам заявление следующего содержания:

«Физико-математическое отделение императорской Академии наук в заседании 11 ноября 1880 года забаллотировало Д. И. Менделеева, который был предложен в члены Отделения на место покойного Н. Н. Зинина. Бесспорность заслуг кандидата, которому равного русская наука представить не может, известность за границей делают совершенно необъяснимыми его забаллотирование. Ввиду повторяющихся неизбранных в Физико-математическое отделение Академии наук лучших русских ученых мы считаем нужным обратиться на это общественное внимание»<sup>10</sup>.

По инициативе Н. А. Меншуткина и других ведущих членов РФХО на декабрьском заседании 1880 г. общества Д. И. Менделеев был избран почетным членом и ему был послан адрес, в котором, в частности, говорилось: «...Каждый из нас уже давно чувствовал нравственную необходимость признать и венчать пророка... в отечестве своем»<sup>11</sup>.

В 1890 г. Д. И. Менделеев вынужден был покинуть Петербургский университет вследствие конфликта с министром народного просвещения, отказавшимся принять от Менделеева петицию студентов.

10 ноября 1892 г. Д. И. Менделеев был назначен ученым хранителем мер и весов в Депо образцовых мер и весов, которое в 1893 г. было реорганизовано в Главную палату мер и весов, где Менделеев начал важные метрологические исследования. Здесь ученый работал до конца своей жизни.

На склоне своих лет Д. И. Менделеев в следующих словах выразил свое научное кредо: «Много идей и нет дела — худо. Но много дела без идей — равно пулю. Смерть — от недостатка того и другого. Наука и промышленность — равны идее и делу»<sup>12</sup>.

Ученый всю жизнь стремился «дать плодотворное, промышленное реальное дело своей стране, в уверенности, что политика, устройство и образование и даже оборона страны ныне без развития промышленности немыслимы». «Центр понимания всей современной промышленности, — утверждает Д. И. Менделеев, — должно искать в сознательном пользовании химическими превращениями веществ».

<sup>10</sup> Меншуткин Б. Н. Жизнь и деятельность Николая Александровича Меншуткина. СПб., 1908, с. 233—234.

<sup>11</sup> Там же, с. 236.

<sup>12</sup> Из неопубликованной записной книжки Д. И. Менделеева за 1878—1879 гг., с. 18 (научный архив Д. И. Менделеева при Ленинградском государственном университете им. А. А. Жданова). Впервые опубликовано в ст.: Фигуровский Н. А. Великий русский ученый и патриот. — Природа, 1957, № 2, с. 67.

ва»<sup>13</sup>. Поэтому «распространение физико-химического образования составляет первое неизбежное условие для расширения нашей заводской деятельности»<sup>14</sup>.

По мнению видного английского химика Т. Торпа, «ни один русский не оказал более важного, более длительного влияния на развитие физических знаний, чем Менделеев. Способ работы и мышления у него настолько самобытен, его методы преподавания и чтения лекций так оригинальны, а успех великого обобщения, с которым связаны его имя и слава, так поразительно полон, что в глазах ученого мира Европы и Америки он стал для России тем же, чем был Берцелиус для Швеции, Либих для Германии, Дюма для Франции»<sup>15</sup>. Эта лестная характеристика, однако, не полностью отражает роль Менделеева в развитии естествознания второй половины XIX — начала XX столетия. Научные открытия и труды великого ученого оказали такое влияние на развитие мировой науки, которое вряд ли поддается сравнению.

Чтобы понять основное направление научной деятельности Д. И. Менделеева, его высший научный замысел, надо вспомнить ситуацию, сложившуюся в химии к концу 50-х годов XIX в., т. е. тогда, когда Менделеев встал на путь самостоятельных научных исследований.

В то время основные силы химиков были направлены на разработку проблем органической химии. Синтез новых соединений, открытие новых реакций, создание новых теоретических воззрений, т. е. все то, что было характерно для развития органической химии в 1850—1860-х годах, сосредоточивало на себе всеобщее внимание. Казалось бы, начинающему молодому ученому не оставалось много выбора, как влиться в главную артерию научной деятельности химиков и добиться на этом пути своих успехов. Д. И. Менделеев, однако, не пошел по этому пути. Еще в самом начале своей научной деятельности он ясно понял, что органическая химия — это только одна веточка химии, красиво цветущая, но она не ведет к познанию коренных вопросов химии, связанных с изучением причин химических превращений. «Блеск чисто химических открытий (Менделеев здесь имел в виду успехи органической химии. — Ю. С.) сделал современную химию совершенно специальной наукою, оторвав ее от физики и механики, но, несомненно, должно настать время, когда химическое сродство будет рассматриваться как механическое явление... Я выбрал своею специальностью те вопросы, решение которых может приблизить это время...»<sup>16</sup>.

Так Д. И. Менделеев заявил о готовности подключить свои силы для решения одного из самых кардинальных вопросов химии,

<sup>13</sup> Менделеев Д. И. Соч. Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1949, т. 11, с. 264.

<sup>14</sup> Менделеев Д. И. Соч. Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1950, т. 20, с. 27.

<sup>15</sup> Torpe T. D. I. Mendeleef. — Nature, 1907, vol. 75, febr.

<sup>16</sup> Цит. по кн.: Младенцев М. Н., Тищенко В. Е. Указ. соч., с. 226.

а именно, о причинах химических взаимодействий. Какие исходные идеи могли ученому помочь в решении этой сложнейшей проблемы? Мы знаем, что к тому времени (рубеж 50—60-х годов XIX в.) открытие явления замещения (металепсии) подорвало авторитет электрохимической теории химического сродства, в основе которой лежала идея полярной противоположности сил взаимодействующих веществ.

Линию познания, идущую по цени Ньютон—Дальтон—Дюма—Жерар, Д. И. Менделеев воспринял и развил в своем творчестве, но систему знаний, развивающуюся по линии Ньютон—Дэви—Берцелиус—Фарадей, он не принял. В те годы казалось, что эти две линии не пересекаются, а развиваются параллельно. Связь химизма с электрическими и магнитными явлениями Менделееву представлялась не столь прочной, чтобы на нее опираться.

Правильная в своей основе электрохимическая теория «споткнулась» на малом. Она не смогла объяснить, почему замена электроположительного атома электроотрицательным не нарушала свойства и структуры органического соединения. Тогда, когда Д. И. Менделеев приступил к физико-химическим исследованиям, электрохимическая теория считалась уже пройденным этапом. Отношение к этой теории у Менделеева было негативным.

Анализ содержания магистерской диссертации Д. И. Менделеева «Удельные объемы» (1856), послужившей «своеобразной увертюрой к его творчеству», позволяет понять многие исходные идеи, которые найдут в дальнейшем развитие и обоснование прежде всего в «Основах химии». Здесь отношение и к электрохимической теории, и к теории Лорана и Жерара.

В 1850—1860-х годах научная мысль вновь обратилась к трудам И. Ньютона, к его представлениям о причинах и силах, действующих между макро- и микротелами. Высший замысел Д. И. Менделеева заключался в том, чтобы, по примеру механики, из химии — описательной науки — сделать науку точную, количественную, основанную на фундаментальном понятии о массе вещества. Исходная идея была такова: если на основе учения о массе можно было построить небесную механику, то можно и в химии на основе учения о массе (атомном весе) построить химическую механику. Но, чтобы создать механику «нечувствительных частиц», необходимо было еще глубже утвердить и развить атомно-молекулярное учение.

После Дальтона, Авогадро, Жерара и Канниццаро вырисовывались две основные задачи, связанные с развитием атомно-молекулярного учения: обоснование и углубление уже открытых законов и понятий; распространение атомно-молекулярных представлений на новые области исследования.

## РАЗРАБОТКА АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОГО УЧЕНИЯ

Унитарное учение Жерара послужило колыбелью, в которой Д. И. Менделеев вырос как химик. Уже в самом начале своей научной деятельности Д. И. Менделеев придерживался взгляда, что молекула — это единая динамическая система взаимосвязанных атомов, движение которых определяет ее физические и химические свойства<sup>17</sup>.

В 50-е годы XIX в., когда «...самое различие частиц и атомов было смутно и в научном языке постоянно перепутывалось», Д. И. Менделеев строго и последовательно проводил идеи молекулярного учения.

Для утверждения и развития закона Авогадро важное значение имела магистерская диссертация Д. И. Менделеева «Удельные объемы». Одно из положений этой диссертации гласило: «Так как объем частицы газа или пара относится к объему пая кислорода, почти как 2 относится к 1-це

$$\left( \frac{\pi}{\Delta} : \frac{100}{1,10564} = 2 : 1 \right),$$

то для всех газообразных тел, вне температур разложения и при известном расстоянии от точки кипения, почти справедливо уравнение

$$\frac{\pi}{\Delta} = 180.$$

Это дает легчайший способ по удельному весу газа узнавать вес частицы ( $\pi$ ) и обратно<sup>18</sup>. «В данной формуле  $\pi$  — молекулярный вес,  $\Delta$  — плотность газообразного вещества по воздуху. Значение молекулярного веса выражено по отношению к кислороду, атомный вес которого принят за 100.

Если выразить атомный вес кислорода по отношению к  $H=1$  и перейти на современные обозначения, то приведенная выше формула будет иметь вид:

$$\frac{M}{D} = 28,8,$$

где  $M$  — молекулярный вес;  $D$  — плотность по воздуху.

Таким образом, основываясь на законе Авогадро, Д. И. Менделеев вывел формулу для определения молекулярного веса газообразных веществ по их относительной плотности, независимо от знания химического состава соединения<sup>19</sup>.

<sup>17</sup> См.: Разумовский В. В. Проблемы химического строения в трудах Д. И. Менделеева. — Журн. общ. химии, 1957, т. 27, вып. 6, с. 1414—1422.

<sup>18</sup> Менделеев Д. И. Положения, избранные для зачисления на степень магистра химии Д. Менделеевым. СПб., 1856. — Соч. Л.: ОНТИ — Химтеорет, 1937, т. 1, с. 315—316.

<sup>19</sup> Фаерштейн М. Г. О роли Д. И. Менделеева в утверждении закона Авогадро. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1955, т. 6, с. 68—85.

Отклонение свойств некоторых парообразных веществ от закона Авогадро Д. И. Менделеев объяснял их термической диссоциацией. «Такое объяснение плотности паров нашатыря, серной кислоты и т. п. веществ, разлагающихся при перегонке,— писал впоследствии Менделеев,— было естественнейшим с самого начала приложения закона Авогадро—Жерара к химическим отношениям; оно, напр., дано в моем сочинении „Удельные объемы“ 1856 г., стр. 99. В том же сочинении уже применена формула  $M/D=2$ , которую позднее стали применять очень многие другие исследователи»<sup>20</sup>.

В 1856—1859 гг. Д. И. Менделеев и в своих работах, и в лекциях четко разграничивал такие понятия, как «пай», «эквивалент», «частица» (молекула). «Вся сущность разногласий,— отмечал Менделеев,— сосредоточивается в различии между понятием частица и понятием атома»<sup>21</sup>. По Менделееву, молекула — «наименьшее количество тел, вступающее в химические реакции», а атомы — наименьшие количества или неделимые химические массы элементов<sup>22</sup>, образующие молекулы простых и сложных тел.

В 1850—1860-е годы авторы многих учебных руководств по химии часто смешивали два понятия: «элемент» и «простое тело». Чтобы избежать путаницы этих понятий, нужно было провести четкое их разграничение. Первым это сделал Д. И. Менделеев. «Простое тело,— писал он,— есть нечто материальное; это металл или металлоид, обладающий данными физическими свойствами <...> Понятию простого тела отвечает молекула <...> Оно может существовать в изомерных и полимерных видоизменениях и от химически сложного тела отличаться лишь однородностью материальных частей, его образующих. Элементы суть материальные составные части простых и химически сложных тел, которые обуславливают их физическое и химическое отношение <...> Углерод — элемент, но уголь, графит, алмаз — простые тела»<sup>23</sup>.

Лекции Д. И. Менделеева по теоретической химии, прочитанные им в 1858—1859 г., по своему содержанию были очень близки к курсу философии химии, читавшемуся в Королевском университете в Генуе в 1856—1858 гг. С. Канниццаро.

За четыре года до химического конгресса в Карлсруэ молодой русский ученый (ему было тогда 22 года) решительно заявил, что «заменять понятия о частице (молекуле.— Ю. С.) понятием об атоме мы не имеем права, потому что слова, означающие разные понятия, не должны заменять друг друга»<sup>24</sup>. Поэтому на Конгресс

<sup>20</sup> Менделеев Д. И. Основы химии. 5-е изд. СПб., 1889, с. 233.

<sup>21</sup> Менделеев Д. И. Соч., т. 15, с. 166.

<sup>22</sup> Отметим, что первоначально Д. И. Менделеев придерживался взгляда (от которого потом отказался), что атом имеет сложное строение.

<sup>23</sup> Менделеев Д. И. Избранные лекции по химии. М.: Высшая школа, 1968, с. 199.

<sup>24</sup> Менделеев Д. И. Удельные объемы.— Соч., т. 1, с. 145.

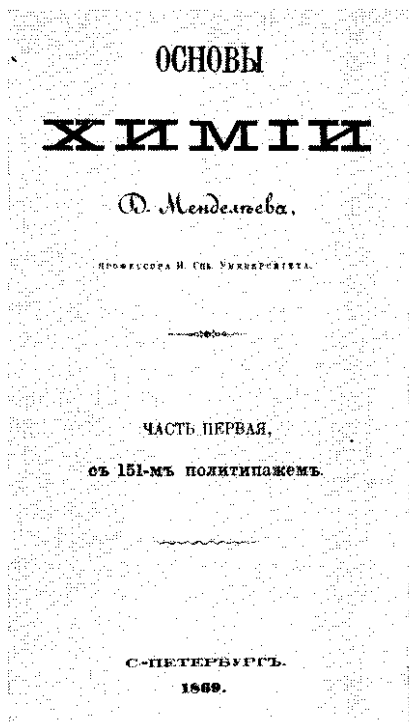
в Карлсруэ в 1860 г. Д. И. Менделеев из России и С. Канниццаро из Италии приехали как единомышленники. В сентябре 1860 г. Менделеев не без гордости писал, что «на Конгрессе было приятно видеть то, что новые начала, которым все молодые русские химики давно следуют, взяли сильный верх над рутинными понятиями, господствующими еще в массе химиков»<sup>25</sup>.

Но «истина», в виде закона Авогадро — Жерара, при посредстве конгресса, получила более широкое развитие и скоро затем покорила все умы»<sup>26</sup>.

«Новые начала», т. е. учение Авогадро — Жерара о молекуле и атоме, нашли наиболее полное отражение в трех выпусках «Основ химии» Д. И. Менделеева, первое издание которых вышло в 1868—1871 гг.

Задолго до В. Нернста — автора учебника «Теоретическая химия с точки зрения закона Авогадро и термодинамики» (1-е изд., 1893) — Д. И. Менделеев рассматривал закон Авогадро как основополагающий закон химии. Следствия, вытекающие из гипотезы Авогадро, «подвергались, — по словам Менделеева, — неоднократно сомнению, проверялись разнообразнейшими способами, и ныне, когда все попытки опровержения тех следствий оказались напрасными, должно считать, что гипотеза оправдалась, и потому можно уже говорить о законе Авогадро — Жерара как об основном и весьма важном для понимания явлений природы»<sup>27</sup>.

И далее: «...плодотворность закона Авогадро — Жерара видна на каждом шагу современного состояния химии»<sup>28</sup>.



Титульный лист первого издания книги Д. И. Менделеева «Основы химии»

<sup>25</sup> Цит. по: Научное наследство. М.: Изд-во АН СССР, 1951, т. 2, с. 87 (Естественнонаучная серия).

<sup>26</sup> Менделеев Д. И. Основы химии. 5-е изд., с. 237.

<sup>27</sup> Там же, с. 228.

<sup>28</sup> Там же, с. 243.



## «МОЛЕКУЛЯРНАЯ МЕХАНИКА»

Программу исследований по химической (молекулярной) механике Д. И. Менделеев сформулировал еще в конце 1850-х годов. «Полагаю,— писал он,— что для успехов этой науки, долженствующей впоследствии изъяснить нам физические свойства и химические реакции тел, прежде всего необходимо иметь следующие точные данные: 1) *вес частицы* (молекулы.— Ю. С.) <...>, 2) *удельный вес* твердых и жидких тел и его изменение от нагревания <...> ближайшим средством для успехов частичной механики может служить определение 3) *сцепления* тел, потому что оно, очевидно, стоит в прямом и близком отношении с мерою взаимного притяжения частиц, а это-то притяжение, конечно, и обуславливает физические и химические явления»<sup>29</sup>.

Д. И. Менделеев, уверенный, что решение вопросов о природе химического сродства, о причинах химических реакций не может быть достигнуто без знания величин молекулярного сцепления, приступает в 1859—1860 гг. к изучению указанных вопросов, надеясь тесно связать химию с физикой и механикой.

В 1860 г. Д. И. Менделеев писал: «Главный предмет моих занятий есть физическая химия. Еще Ньютон был убежден, что причина химических реакций лежит в простом молекулярном притяжении, обуславливающим сцепление и подобном явлениям механики»<sup>30</sup>.

Представлялась реальная цель: от изучения притяжения молекул *одного и того же* рода перейти к изучению притяжения *различных* молекул, т. е. подойти к решению проблемы химического взаимодействия. Эти исследования не привели Д. И. Менделеева к решению проблемы химического сродства, но они обогатили науку: в 1860 г. была открыта «критическая температура» — температура, при которой исчезает сцепление жидкости и жидкость превращается в пар, независимо от давления и объема. Изучая сцепление и расширение жидкостей в зависимости от температуры, Менделеев нашел, что «абсолютною температурою кипения должно считать ту температуру: 1) при которой сцепление жидкости = 0; 2) скрытая теплота выпаривания также = 0 и 3) при которой жидкость превращается в пар, несмотря ни на давление, ни на объем»<sup>31</sup>.

Эти выводы приобрели большое значение в 1880—1890-х годах, когда решалась проблема сжижения так называемых «постоянных газов» (работы К. Ольшевского, Р. Пикте, Д. Дьюара и др.).

## ТЕОРИЯ РАСТВОРОВ

В середине 1860-х годов от изучения жидкостей Д. И. Менделеев перешел к исследованию растворов — важнейшего в теоретическом и практическом отношении объекта, где можно было изучить

<sup>29</sup> Цит. по кн.: Младенцев М. Н., Тищенко В. Е. Указ. соч., с. 235, 236.

<sup>30</sup> Там же, с. 226.

<sup>31</sup> Менделеев Д. И. О расширении жидкостей от нагревания выше температуры кипения.— Соч. Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1947, т. 5, с. 63.

поведение химического соединения в динамике, где можно было согласовать химическую статику и химическую динамику.

«Мой взгляд на растворы динамический, и я не согласен с господствующим статическим воззрением»<sup>32</sup>, — неоднократно подчеркивал Д. И. Менделеев. Исследования в этом направлении привели ученого к разработке химической теории растворов, главным звеном которой является положение о взаимодействии растворителя и растворенного вещества. Растворы можно согласовать с атомистической теорией, если ввести понятия ассоциации и диссоциации, которые определяют природу растворов.

«В моем уме, — писал Д. И. Менделеев, — растворы не выделяются в область, чуждую атомических представлений, они входят вместе с обычными определенными соединениями в круг тех понятий, которые господствуют ныне в учении о влиянии масс, о диссоциации и о газах, и в то же время растворы представляют для меня самый общий случай химического воздействия, определяемого сравнительно слабыми средствами, а потому представляют плодотвейшее поле для дальнейшего успеха химических учений...»<sup>33</sup>.

Эти представления позволили Д. И. Менделееву рассматривать растворы «(...) как жидкие, непрочные, определенные химические соединения в состоянии диссоциации»<sup>34</sup>. Установив обратимость процессов диссоциации и ассоциации в растворах, Менделеев раскрыл их динамическую природу. По мнению ученого, частицы растворителя могут находиться в соединении, а затем оказаться свободными, затем опять вступить в «согласное» движение с частицами растворенного вещества.

Мы приведем одну из наиболее общих формулировок понятия «раствор», данную Д. И. Менделеевым: «Раствор есть среда, в которой находится ассоциация частиц, образуемых системой растворителя и растворенного тела»<sup>35</sup>.

Итак, согласно Д. И. Менделееву, растворы представляют собой жидкие динамические системы, находящиеся в условиях подвижного химического равновесия и диссоциации. Они образованы частицами растворителя, растворенного вещества и тех определенных нестойких соединений, которые образуются между компонентами раствора<sup>36</sup>.

«...В среде раствора, — подчеркивает Д. И. Менделеев, — должна быть ассоциация разнородных частиц, друг с другом химически

<sup>32</sup> Менделеев Д. И. Растворы. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 425 (Классики науки).

<sup>33</sup> Там же, с. 700—701.

<sup>34</sup> Менделеев Д. И. Соч. Л.: ОНТИ—Химтеорет, 1937, т. 4, с. 460.

<sup>35</sup> Менделеев Д. И. Избранные сочинения. Л.: Госхимтехиздат, 1934, т. 3, с. 209.

<sup>36</sup> Современными исследованиями установлено, что в растворах образуются различной сложности ассоциаты и комплексы. Между частицами раствора происходят различного вида взаимодействия (диполь-дипольные, ион-дипольные и др.).

изменяющихся, сочетающихся и распадающихся, то образующих системы...»<sup>37</sup>.

При этом действуют силы различной интенсивности, которые и приводят к образованию ассоциатов разной степени прочности. Поэтому, по мнению Д. И. Менделеева, «...напрасно искать простоты, проходящей чрез всю шкалу растворения... напрасно будет искать функцию, выражающую всю сумму наблюдаемого», так как в различных областях растворов «преобладающие внутри раствора процессы и частицы будут иными...»<sup>38</sup>.

В своих трудах, посвященных изучению растворов, Д. И. Менделеев не раз отмечал, что его теория не является полной и законченной. «Я,— писал Менделеев,— не считаю мои исследования окончательно законченными, но решаюсь представить их научному обществу как этапы дороги, ведущей к выяснению теории растворения в свете представлений Дальтона вместе с современными представлениями, принимающими во внимание диссоциацию и динамическое равновесие молекул, к которым я прилагаю термин „ассоциация“»<sup>39</sup>.

«Подводя растворы под Дальтоновы понятия атомизма, я надеюсь, что мы достигаем ... общего стройного химического учения...»,— писал Д. И. Менделеев в 1906 г. в восьмом, последнем прижизненном, издании «Основ химии»<sup>40</sup>.

## СОЗДАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ. ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН

Одновременно с изучением газообразного и жидкого состояний Д. И. Менделеев изучал и твердое состояние вещества, прежде всего формы соединений различных химических элементов.

Учение о химических элементах как основных кирпичиках мироздания и органически связанное с этим учением представление о массе вещества как фундаментальной характеристике материи стало к концу 1860-х годов ведущим направлением в научной деятельности Д. И. Менделеева.

В 1868 г. Д. И. Менделеев начинает писать «Основы химии», о которых впоследствии сказал: «Тут много самостоятельного в мелочах, а главное — периодичность элементов, найденная именно при обработке „Основ химии“»<sup>41</sup>.

В конце 1868 г. и в самом начале 1869 г. во втором и третьем выпусках «Основ химии» Д. И. Менделеев описал свойства элемен-

<sup>37</sup> Менделеев Д. И. Растворы, с. 699—700.

<sup>38</sup> Там же, с. 700.

<sup>39</sup> Менделеев Д. И. Соч., т. 4, с. 417.

<sup>40</sup> Цит. по: Менделеев Д. И. Основы химии. Л.: Госхимтехиздат, 1934, с. 409.

<sup>41</sup> См.: Менделеев Д. И. Периодический закон. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 684 (Классики науки).

тов группы галогенов (фтор = 19, хлор = 35,5, бром = 80, иод = 127) и группы щелочных металлов (литий = 7, натрий = 23, калий = 39,1, рубидий = 85,46, цезий = 133). 17 февраля 1869 г. Менделееву пришла мысль сравнить и сопоставить *несходные* элементы хлор и калий не только по величине их атомности, равной 1, но и по величине их атомных весов ( $\text{Cl} = 35,5$ ;  $\text{K} = 39$ ). Если атомный вес, рассуждал Менделеев, является коренной характеристикой элемента, следовательно, сходство по величине атомных весов калия (39,1) и хлора (35,5) позволяет их сблизить, несмотря на полное химическое несходство этих элементов. В этом революционном шаге, по сути дела, и содержалась исходная посылка к открытию периодического закона.

Сопоставление двух групп элементов (галогенов и щелочных металлов), столь различных по химическим свойствам, показало, что по величине их атомных весов и по валентности их можно сблизить в системе элементов:<sup>41</sup>

F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4
	Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137
			Cs = 133

17 февраля 1869 г. Д. И. Менделеев на отдельных карточках написал атомные веса и важнейшие свойства 63 известных тогда элементов и распределил их в порядке возрастания атомных весов. Составленная им система «Опыт системы элементов» четко выявила периодическую зависимость свойств элементов от величины их атомных весов (через семь элементов повторяется та же последовательность в химических свойствах).<sup>42</sup>

В 1869 г. в первом томе «Журнала Русского химического общества» (вып. 2/3, с. 60—77) была опубликована статья Д. И. Менделеева «Соотношение свойств с атомным весом элементов».

«Цель моей статьи, — писал Д. И. Менделеев, — была бы совершенно достигнута, если бы мне удалось обратить внимание исследователей на те отношения в величине атомного веса *несходных* элементов<sup>43</sup>, на которые, сколько то мне известно, до сих пор не обращалось почти никакого внимания»<sup>44</sup>. Между тем, именно «в задачах этого рода лежит разрешение одних из наиболее важных вопросов нашей науки...»<sup>44а</sup>.

<sup>42</sup> Подробный анализ истории открытия периодического закона дан в работах академика Б. М. Кедрова (см.: Кедров Б. М. День одного великого открытия. М.: Соцэкгиз, 1958. 560 с.).

<sup>43</sup> В «Фарадеевском чтении» (1889) Д. И. Менделеев отметил, что периодическая законность «имела под собой к 60-м годам подготовленную почву и если высказана с определенностью лишь к концу 60-х годов, то этому причину, по моему мнению, должно искать в том, что сравнению подвергали только элементы, сходственные между собой» (Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 212—213).

<sup>44</sup> Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 31.

<sup>44а</sup> Там же.

Опыт системы элементов, расположенных по возрастанию атомного веса, основанной на химическом отношении, Д. Менделеев.

Менделеев  
1869. и 1-й вариант

	$H=1$	$?=8$	$?=22$	$Cu=63.4$	$Ag=108$	$Fe=56$	$Co=59$	$Pt=197.4$	$Ir=192$
		$He=4$	$Li=7$	$Be=9$	$B=10.8$	$Ni=58.7$	$Cd=112.4$	$Au=197$	$Os=190$
		$B=11$	$Na=23$	$Mg=24.3$	$Al=13.5$	$Si=28$	$As=75$	$Se=79$	$Br=80$
		$C=12$	$P=31$	$S=32$	$Ca=40$	$K=39$	$Cr=52$	$Mn=55$	$Zn=65$
		$N=14$	$Fe=56$	$Co=59$	$Ni=58.7$	$Cu=63.4$	$Zn=65$	$Ag=108$	$Au=197$
		$O=16$	$Br=80$	$K=39$	$Ca=40$	$Sc=45$	$Ti=48$	$V=51$	$Cr=52$
		$F=19$	$Rb=85.4$	$Sr=87.6$	$Y=89$	$Zr=91.2$	$Nb=92.9$	$Mo=95.9$	$Tc=98$
		$Ne=20$	$Sr=87.6$	$Y=89$	$Zr=91.2$	$Nb=92.9$	$Mo=95.9$	$Tc=98$	$Ru=101$
		$Li=7$	$Na=23$	$K=39$	$Rb=85.4$	$Cs=132.9$	$Ba=137.3$	$La=138.9$	$Ce=140.1$
		$Be=9$	$Mg=24.3$	$Ca=40$	$Sr=87.6$	$Ba=137.3$	$La=138.9$	$Ce=140.1$	$Pr=140.9$
		$B=10.8$	$Al=13.5$	$Fe=56$	$Co=59$	$Ni=58.7$	$Cu=63.4$	$Zn=65$	$Ag=108$
		$C=12$	$P=31$	$S=32$	$As=75$	$Se=79$	$Br=80$	$Kr=83.8$	$Rb=85.4$
		$N=14$	$O=16$	$F=19$	$Ne=20$	$Na=23$	$Mg=24.3$	$Al=13.5$	$Si=28$
		$He=4$	$Li=7$	$Be=9$	$B=10.8$	$C=12$	$N=14$	$O=16$	$F=19$
		$H=1$	$He=4$	$Li=7$	$Be=9$	$B=10.8$	$C=12$	$N=14$	$O=16$

Essai d'une  
des éléments  
d'après leurs poids atomiques et  
fonctions chimiques D. Mendeleev  
après la chimie théorique et physique

1869.

Менделеев  
1869. и 1-й вариант  
по возрастанию атомного веса  
основанной на химическом отношении

Александр К. Менделеев, К. Менделеев, К. Менделеев

(В течение последующих трех лет (1869—1871) Д. И. Менделеев теоретически и экспериментально разработал и обосновал открытый им закон и периодическую систему элементов) В июне 1869 г. Менделеев составил таблицу значений атомных объемов элементов. Для Второго съезда русских естествоиспытателей (август 1869 г., Москва) он подготовил сообщение «Об атомном объеме простых тел», в котором показал, что атомный объем простого вещества является периодической функцией его атомного веса.

В следующей работе, «О количестве кислорода в соляных окислах и об атомности элементов» (1870), Д. И. Менделеев установил, что высшая валентность элемента в солеобразующем окисле также есть периодическая функция атомного веса. Все это позволило ему от «Опыта системы...» перейти к «Естественной системе элементов».

29 ноября 1870 г. Д. И. Менделеев закончил статью «Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств не открытых элементов», о которой доложил 3 декабря 1870 г. на экстренном заседании Русского химического общества. Эта работа проникнута верой в периодический закон — закон природы, не терпящий исключений. В 1870—1871 гг. он обосновал понятие о «месте элемента в системе» как узле, в котором сходятся и пересекаются закономерные ряды изменений свойств по горизонтали (в пределах периода или ряда) и по вертикали (в пределах группы). Место элемента в системе как совокупность всех связей и отношений данного элемента с окружающими его «соседями», по словам Менделеева, указывает «величину атомного веса, аналогию, свойства и форму... соединений»<sup>45</sup>.

[К концу 1870 г. Д. И. Менделеев был уже полностью уверен в том, что место, которое должен занять элемент в системе, позволяет достаточно точно предсказать его свойства.

Таким образом, в 1870 г. структура периодической системы приобрела наиболее совершенную форму (так называемая короткая таблица). С этого момента периодический закон и периодическая система становятся мощным «инструментом» в предсказании еще не открытых элементов.]

В 1870 г. для журнала Берлинского химического общества В. Ю. Рихтер написал большой реферат о работах Д. И. Менделеева по периодическому закону (Ber., 1870, Bd. 2, S. 553; Bd. 3, S. 990). В нем он сообщил, что Д. И. Менделеев предсказал некоторые еще не известные элементы (экабор, экаалюминий и экасилиций), а также исправил атомные веса: урана — на 240 (120), тория — на 232 (116), церия — на 138 (92), индия — на 113 (75,6).

В 1874 г. В. Ю. Рихтер опубликовал «Учебник неорганической химии по новейшим воззрениям», в предисловии к которому он писал: «Особенно широкое применение и развитие отведено было в этом учебнике понятию о *периодичности элементов*, которое уста-

<sup>45</sup> Менделеев Д. И. Избранные сочинения. Л.: Госхимтехиздат, 1934, т. 2, с. 267.

новлено было Д. Менделеевым и развито им в его капитальном сочинении „Основы химии“. Понятие это, по моему мнению, значительно развивает и обобщает многие фактические и теоретические представления и, несомненно, сильно повлияет на дальнейшее развитие химии; этим, как мне кажется, оправдывается введение его и в элементарный учебник»<sup>46</sup>. Вскоре после выхода в свет первого издания упомянутой книги (май, 1874) Рихтер писал Менделееву: «...основным направлением, лежащим в основании моей книги, я обязан Вам и Вашим „Основам“»<sup>47</sup>.

«Ваша периодическая система, лежащая в основании и моей книги,— писал В. Ю. Рихтер Д. И. Менделееву в 1874 г. из Бонна,— считается здесь (Кекуле) остроумною спекуляциею, не дающей, однако, прямых выводов. Я убежден, что причина тому недостаточное знание ее, и надеюсь, что моя книга несколько поспособствует признанию значения Вашего обобщения»<sup>48</sup>. И действительно, «Учебник неорганической химии», многократно издаваемый в России (последнее, 13-е, издание вышло в 1913 г.) и переведенный на многие европейские языки, содействовал признанию периодического закона Менделеева.

Выявив фундаментальное положение, что «величина атомного веса определяет природу элементов», Д. И. Менделеев тем самым „вписывает“ периодический закон в общее русло развития атомно-молекулярного учения, в общую канву развития ньютоновских идей о массе. Он полагает, что открытый им закон «не идет в разрез с общим направлением естествознания». Эта мысль затем лейтмотивом звучала в последующих работах Менделеева по периодическому закону. В письме к доктору Кеневиллю (март, 1879) Менделеев писал: «...смысл периодического закона заключается в сочетании механических и философских законов, что составляет характерную особенность и блеск современного прогресса точных наук. Этим законом провозглашается открыто, что природа элементов зависит прежде всего от их массы и что эта зависимость рассматривается как периодическая»<sup>49</sup>. На вопрос, почему периодичность нарушает простую функциональную зависимость физико-химических свойств элементов от их массы, Менделеев дал ответ в своем замечательном докладе «Периодическая законность химических элементов» (Фарадеевское чтение в Лондонском химическом обществе, 23 мая 1889 г.). Приведем некоторые выдержки из этого доклада.

<sup>46</sup> Рихтер В. Ю. Учебник неорганической химии по новейшим воззрениям. СПб., 1874, с. 11.

<sup>47</sup> Цит. по: Авербух А. Я., Макареня А. А. Менделеев в Технологическом институте. Л.: Знание, 1976, с. 26.

<sup>48</sup> Цит. по: Макареня А. А. Работы сотрудников Д. И. Менделеева по экспериментальному подтверждению периодического закона (1868—1874 гг.).— Вopr. истории естествознания и техники, 1960, вып. 10, с. 92.

<sup>49</sup> Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 392.

«Всегда выражение явлений оказывалось пропорциональным массе, и не было ни разу, чтобы с возрастанием массы начиналось, через некоторый период, повторение свойств, как оказалось в периодической законности для химических элементов. Это составило такую новость в изучении явлений природы, которая хотя не тронула завесы, скрывающей от нас истинное понятие о массах, но указала на то, что разрешения понятия о массах вообще должно искать в массах атомов, тем более, что всякие массы суть не что иное, как суммы или сложения тех химических атомов, которые лучше было бы называть химическими индивидуумами»<sup>50</sup>.

«...в атомах,— по словам Д. И. Менделеева,— одновременно открывается и своеобразность индивидуальностей, и беспредельная повторяемость особей...»<sup>51</sup>.

Индивидуальность проявления химического сродства взаимодействующих веществ «определяется силами, свойственными малейшим их частям, то есть теми движениями, в которых находятся атомы элементов — внутри частиц и самые частицы, вещество образующие»<sup>52</sup>.

Наиболее яркое выражение этих идей мы находим в статье Д. И. Менделеева «Попытка химического понимания мирового эфира» (1902). В ней ученый искал пути к решению глобальной проблемы — выяснения природы массы (веса) как основной характеристики вещества. «Правильное и простое понимание химических явлений,— отмечал Менделеев,— началось с изучения веса (массы) действующих веществ, веса частиц и закономерностей, существующих между весами атомов. Без понятий о массах, действующих друг на друга,— химия была бы лишь описательным (историческим) знанием. Но что такое есть масса или количество вещества — по самому своему существу — того, сколько я понимаю, не знают еще вовсе»<sup>53</sup>. Руководствуясь именно этими идеями, Менделеев не мог и не хотел порывать связь учения о периодическом законе с учением Ньютона, «творца понятий о тяготении и массах». Разорвать эту связь означало разрушить классические законы «естественной философии».

События, которые разворачивались в физике в 1890-х годах, грозились разрушить стройность механистических представлений о материи и ее фундаментальных свойствах. Мы имеем в виду прежде всего открытие радиоактивности (1896) и открытие электрона (1897), которые сильно поколебали принцип неизменности атомного веса, т. е. той основы, на которой зиждилось учение о периодичности. На фоне таких тревожных открытий усилилось желание

<sup>50</sup> Там же, с. 215.

<sup>51</sup> Там же, с. 218.

<sup>52</sup> Менделеев Д. И. Периодический закон: Дополнительные материалы. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 130 (Классики науки).

<sup>53</sup> Менделеев Д. И. Попытка химического понимания мирового эфира. — В кн.: Менделеев Д. И. Периодический закон, 1958, с. 502.



# III. Научные центры и основные направления исследований

Периодическая система элементов по группам и рядам.

Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ:										
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	—	Водо- родъ H 1,008	—	—	—	—	—	—	—		
2	Гелий. He 4,0	Литий. Li 7,03	Берил- лий. Be 9,1	Боръ. B 11,0	Угле- родъ. C 12,0	Азотъ. N 14,01	Кисле- родъ. O 16,00	Фторъ. F 19,0	—		
3	Неонъ Ne 19,9	На- трий. Na 23,06	Маг- ний. Mg 24,36	Алю- минъ. Al 27,1	Крем- ний. Si 28,2	Фос- форъ. P 31,0	Сѣра. S 32,06	Хлоръ. Cl 35,45	—		
4	Ар- гонъ. Ar 38	Каль- ций. Ca 39,15	Каль- ций. Ca 40,1	Скан- дій. Sc 44,1	Титанъ. Ti 48,1	Вана- дий. V 51,2	Хромъ. Cr 52,1	Мар- ганецъ. Mn 55,0	Же- лѣзо. Fe 55,9	Ко- бальтъ. Co 59	Ник- кель. Ni 59 (Cu)
5	—	Мѣдь. Cu 63,6	Цинкъ. Zn 65,4	Гал- лій. Ga 70,0	Гер- маний. Ge 72,5	Мышьякъ. As 75	Селенъ. Se 79,2	Бромъ. Br 79,95	—		—
6	Крип- тонъ. Kr 81,8	Рубидий. Rb 85,5	Строн- цій. Sr 87,6	Ит- трий. Y 89,0	Цир- коній. Zr 90,6	Ніобій. Nb 94,0	Молиб- денъ. Mo 96,0	—	Рутеній. Ru 101,7	Родий. Rh 103,0	Пал- ладій. Pd 106,5 (Ag)
7	—	Сере- бро. Ag 107,93	Кад- мій. Cd 112,4	Индій. In 115,0	Оло- во. Sn 119,0	Сурь- ма. Sb 120,2	Тел- луръ. Te 127	Йодъ. I 127	—		—
8	Ксе- нонъ. Xe 128	Цезій. Cs 132,9	Барій. Ba 137,4	Лан- танъ. La 138,9	Церий. Ce 140,2	—	—	—	—		—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—
10	—	—	—	Иттер- бий. Yb 173	—	Тан- талъ. Ta 183	Вольф- рамъ. W 184	—	Ос- мій. Os 191	Ири- дій. Ir 193	Плати- на. Pt 194,8 (Au)
11	—	Зо- лото. Au 197,2	Ртуть. Hg 200,0	Талій. Tl 204,1	Свин- ецъ. Pb 206,9	Вис- мутъ. Bi 208,5	—	—	—		—
12	—	—	Радій. Rd 225	—	Торий. Th 232,5	—	Уранъ. U 238,5	—	—		—

Высшіе солеобразные окислы:

R R<sup>0</sup> RO R<sup>2</sup>O<sup>3</sup> RO<sup>2</sup> R<sup>2</sup>O<sup>5</sup> RO<sup>3</sup> R<sup>2</sup>O<sup>7</sup> RO<sup>4</sup>

Высшія газообразныя водородныя соединения:

RH<sup>4</sup> RH<sup>3</sup> RH<sup>2</sup> RH

Д. Менделѣевъ

ученого вновь продемонстрировать свою солидарность с «незыблемыми» принципами Ньютона, которые мешали Менделееву признать и оценить новые революционные открытия в физике.

В седьмом издании «Основ химии» (1906) Д. И. Менделеев утверждал, что «...признание распада атомов на „электроны“ ...только усложняет и ничуть не выясняет дело...»<sup>54</sup>.

Через год, в 1907 г., вышли в свет книги Н. А. Морозова<sup>55</sup> «Периодические системы строения вещества. Теория образования химических элементов», «Д. И. Менделеев и значение его периодической системы для химии будущего», в которых показано, что именно учение о сложном строении атома «выясняет дело».

Чем же интересны эти книги? Тем, что автор предлагает в них новую модель атома. В образовании атома, по Н. А. Морозову, принимают участие протонород  $h$  (вес атомикула = 1), протогелий  $x$  (вес атомикула = 2) и небулэзий  $Z$  (вес атомикула = 4), которые несут в себе положительное и отрицательное электричество («анодий» и «катодий»). Атом водорода, по Морозову,  $H = H^+ - Kt$ , где  $Kt$  — «катодная корпускула», т. е. электрон;  $H^+$  — анион атома водорода, т. е. положительное ядро. На основании структурных схем атомов Морозов объяснил периодичность изменения валентности элементов и показал, что сумма положительной («катодийной») и отрицательной («анодийной») валентностей равна 8. К такому же выводу пришел немецкий химик Р. Абегг (1904).

Н. А. Морозов был одним из первых, кто стремился увязать периодический закон с новыми открытиями и гипотезами о сложном строении атома. «В настоящее время, — писал Морозов в 1907 г., — когда удивительные явления радиоактивности обращают на себя всеобщее внимание, вопрос о сложности современных нам элементов периодической системы невольно становится на очередь и требует серьезной обработки заново всех имеющихся в настоящее время материалов»<sup>56</sup>. Из периодического закона, как считал Морозов, неизбежно вытекает вывод, что атомы — это не абсолютно неделимые, первичные «шарики», а очень сложные комбинации, со своей богатой внутренней энергией, что периодическому закону «суждено сделаться могилой» господствовавшего тогда мнения о неразложимости химических элементов<sup>57</sup>.

<sup>54</sup> Менделеев Д. И. Периодический закон: Дополнительные материалы, с. 400—401.

<sup>55</sup> Николай Александрович Морозов (1854—1946), видный деятель русского революционного движения, ученый-энциклопедист. Автор многочисленных работ: по химии, физике, астрономии, минералогии, высшей математике, воздухоплаванию, авиации и другим вопросам. С 1932 г. — почетный член Академии наук СССР.

О жизни и деятельности Н. А. Морозова см.: Николай Александрович Морозов: ученый-энциклопедист. М.: Наука, 1982. 264 с.

<sup>56</sup> Морозов Н. А. Периодическая система химических элементов в ее теоретическом выводе. — Физ. обозрение, 1908, т. 9, № 2, с. 73.

<sup>57</sup> Более подробно см.: Соловьев Ю. И. Н. А. Морозов в истории отечественного естествознания. — В кн.: Николай Александрович Морозов..., с. 30—54.

## ПРЕДСТАВЛЕНИЯ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА О СТРОЕНИИ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В начале 1870-х годов Д. И. Менделеева заинтересовала широкая область комплексных соединений. «Не обращать внимания на тот класс соединений, который зовется молекулярными соединениями, значит отказаться от понимания коренных свойств атомов, образующих подобные соединения», — писал Менделеев<sup>58</sup>. Ученый поставил перед собой задачу — обнаружить черты сходства у различных классов комплексных соединений (аммиакатов, кристаллогидратов, двойных солей) и на этой основе разработать общие представления об их строении.

Первым, кто высказал мысль об аналогии аммиакатов и гидратов, был К. К. Клаус, согласно взглядам которого, «число входящих в эти вещества эквивалентов аммиака не случайное; оно находится в зависимости от числа эквивалентов воды, содержащихся в гидратах металлических окислов или в металлических солях, которые являются компонентами этих соединений»<sup>59</sup>.

Эти представления получили дальнейшее развитие в трудах Д. И. Менделеева, посвященных изучению природы аммиакатов и кристаллогидратов.

Первое сообщение, посвященное аммиачным соединениям, Д. И. Менделеев представил Русскому химическому обществу в марте 1870 г., а второе — в августе 1871 г. на Киевском съезде естествоиспытателей<sup>60</sup>. Основной вывод этих сообщений заключался «в том, что аммиак присоединяется к солям совершенно точно так же количественно и качественно, как и кристаллизационная вода. В общем характере соединений аммиака и воды очень много сходного: оба образуют и ряд прочных соединений, которые для воды называются гидратами, а для аммиака называются аммиачными солями...»<sup>61</sup>.

Ссылаясь на собственные наблюдения, Д. И. Менделеев указал, что вода и аммиак последовательно, молекула за молекулой, способны вытеснять друг друга<sup>62</sup>.

При описании свойств аммиакатов платины Д. И. Менделеев обратил внимание на их прочность (слабые кислоты и щелочи их не разлагают, аммиак не выделяется при нагревании и т. п.). В свое время К. К. Клаус отмечал, что «в некоторых соединениях аммиак, как основание, может играть пассивную роль и, подобно воде,

<sup>58</sup> Менделеев Д. И. Основы химии. СПб., 1871, ч. 2, с. 842.

<sup>59</sup> Клаус К. К. Избранные труды по химии платиновых металлов. М.: Изд-во АН СССР, 1954, с. 231 (Классики науки).

<sup>60</sup> См. соответственно: Протокол заседания [РХО] 5-го марта 1870 г. — ЖРХО, 1870, т. 2, вып. 4, с. 91; Труды Отделения химии Третьего съезда естествоиспытателей в Киеве. Заседание 24-го августа. — ЖРХО, 1871, т. 3, вып. 7, с. 249.

<sup>61</sup> Менделеев Д. И. Периодический закон: Дополнительные материалы, с. 120.

<sup>62</sup> См.: Менделеев Д. И. Основы химии, 1871, ч. 2, с. 866.

играть роль основания или не играть этой роли. На основании этого заключения, которое неопровержимо вытекает из большого числа фактов, платиновые основания можно рассматривать как соединения пассивного аммиака с окислами металлов, в которых способность к насыщению зависит от металлического окисла»<sup>63</sup>. Менделеев, как и Клаус, пришел к выводу о пассивном состоянии атомных групп, соединенных с металлом, и о пассивном состоянии платины, которая в аммиакатах «настолько же сокрыла свои обычные реакции, насколько железо скрыло свои в железистосинеродистых солях. Так, ни щелочи, ни восстановители, ни сероводород не выделяют из них платины»<sup>64</sup>. Для объяснения пассивного поведения платины Менделеев привлек идею об атоме металла *в центре* молекулы комплексного соединения.

В 1871 г., т. е. задолго до создания А. Вернером координационной теории, Д. И. Менделеев утверждал, что в комплексном соединении платина, «помещенная в центре», недоступна реагентам, потому что «загорожена аммиаком».

Согласно Д. И. Менделееву, «те силы, которыми удерживается столь значительное число частиц аммиака при частице кобальтовых соединений, конечно, принадлежат уже к разряду тех мало исследованных еще *остаточных средств* (курсив наш.— Ю. С.), которые существуют даже в высших степенях соединения большинства элементов. Это те же самые силы, на счет которых образуются соединения с кристаллизационною водою, двойные соли»<sup>65</sup>.

Размышления о природе ненасыщенных средств привели Д. И. Менделеева к такому заключению: «*Природа сил и качество явлений, происходящих при образовании прочнейших тел и таких соединений, как кристаллизационные, одни и те же, хотя мера проявления этих сил и другая*»<sup>66</sup>.

В 1891 г. в Петербурге вышел немецкий перевод пятого издания «Основ химии». Изложенные в нем идеи относительно природы и строения комплексных соединений оказали сильное влияние на А. Вернера, основоположника координационной теории<sup>67</sup>. Он был хорошо знаком с немецким переводом «Основ химии», из которого он узнал, что анализ свойств аммиакатов платины привел Менделеева к выводу, что их «можно понять или уяснить себе, считая платину... *в центре* (курсив наш.— Ю. С.) частицы, а потому не доступной реагентам»<sup>68</sup>.

Выводы Д. И. Менделеева о том, что природа аммиакатов и кристаллогидратов совершенно одинакова и что механизм процесса присоединения к солям молекул  $\text{NH}_3$  аналогичен процессу присо-

<sup>63</sup> Клаус К. К. Указ. соч., с. 227.

<sup>64</sup> Менделеев Д. И. Основы химии, 1871, ч. 2, с. 868.

<sup>65</sup> Менделеев Д. И. Основы химии. 5-е изд., с. 701—702.

<sup>66</sup> Там же, с. 702.

<sup>67</sup> См.: Старосельский П. И., Соловьев Ю. И. Альфред Вернер и развитие координационной химии. М.: Наука, 1974. 312 с. (Серия НБЛ).

<sup>68</sup> Mendelejeff D. Grundlagen der Chemie. Pt., 1891, S. 1063.

единения молекул  $\text{H}_2\text{O}$ , привлекут особое внимание швейцарского ученого. В своей основополагающей статье «О строении неорганических соединений» (1893) А. Вернер сошлется на «Grundlagen der Chemie» на 1037-ю страницу, и напишет: «Теперь, как уже установил Менделеев, в соединении  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4$  молекула аммиака может быть замещена молекулой воды»<sup>69</sup>. Этот текст из «Основ химии» Вернер процитировал не случайно. В своей Нобелевской речи (1913) он отметил: «В аммиаках молекулы аммиака могут быть полностью заменены молекулами воды, и вода играет ту же роль в этих соединениях, как и аммиак. Это положение имеет большое значение. Его доказательству я посвятил большое число работ. Теперь можно считать это положение доказанным»<sup>70</sup>.

К работам А. Вернера, посвященным созданию и развитию координационной теории, Д. И. Менделеев проявил большой интерес<sup>71</sup>. В «Энциклопедическом словаре» Брокгауза и Ефрона Д. И. Менделеев (совместно с С. С. Колотовым и А. И. Горбовым) дал три публикации, которые позволяют сделать важный вывод о том, что уже к 1898 г. Менделеев признал теорию Вернера, несмотря на весьма скептическое отношение к ней со стороны многих крупных химиков<sup>72</sup>. Может быть, это в известной степени объясняется тем, что именно он, Менделеев, более чем кто-либо другой, подготовил почву для создания координационной теории.

### РАЗРАБОТКА УЧЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОМ РАВНОВЕСИИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ УЧЕНИКОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

Среди многих физико-химических проблем исследование химического равновесия в 1870—1880-х годах заняло ведущее положение. Д. И. Менделеев придавал большое значение накоплению экспериментальных данных, которые могли бы по-новому осветить столь сложную, но еще мало изученную область химии.

К экспериментальной разработке учения о химическом равновесии Д. И. Менделеев привлек своих сотрудников: Г. Г. Густавсона<sup>73</sup> и А. Л. Потылицына<sup>74</sup>.

<sup>69</sup> Werner A. Beitrag zur Konstitution der anorganischer Verbindungen.— Ztschr. anorg. Chem., 1893, Bd. 3, S. 309.

<sup>70</sup> Werner A. On the Constitution and Configuration of Compounds of Higher Order.— In: Nobel Lectures in Chemistry 1901—1921, edited by the Nobel Foundation, Stockholm. Amsterdam et al.: Elsevier Publ. Co., 1966, p. 261.

<sup>71</sup> В библиотеке Д. И. Менделеева (Ленинградский государственный университет им. А. А. Жданова) хранятся статьи А. Вернера, опубликованные в 1893—1898 гг.

<sup>72</sup> Более подробно см.: Старосельский П. И., Соловьев Ю. И. К истории координационной химии.— Координац. химия, 1976, т. 2, вып. 10, с. 1293—1316.

<sup>73</sup> Гавриил Гаврилович Густавсон (1842—1908), окончил Петербургский университет (1865). Ученик Д. И. Менделеева и А. М. Бутлерова. В октябре 1865 г. утвержден в должности хранителя Технологического кабинета, а в мае 1866 г.— лаборантом Технологической лаборатории. В 1883 г. защитил докторскую диссертацию «Органические соединения в их отношении к гало-



Гавриил Гаврилович Густавсон

идным солям алюминия». В 1875—1890 гг. заведовал кафедрой органической и агрономической химии Петровской сельскохозяйственной академии. С 1894 г.— член-корреспондент Петербургской Академии наук.

См.: Демьянов Н. Гавриил Гаврилович Густавсон: Биографический очерк.— ЖРФХО. Ч. хим., 1909, т. 41, вып. 5, с. 549—569; Казацкий Б. А. Г. Г. Густавсон: К 100-летию со дня рождения.— Успехи химии, 1943, т. 12, вып. 4, с. 318—328.

<sup>74</sup> Алексей Лаврентьевич Потылицын (1845—1905), окончил Петербургский университет (1870). Ученик Д. И. Менделеева. В 1880 г. защитил магистерскую диссертацию «О способах измерения химического сродства», а в 1886 г.— докторскую диссертацию «О значении теплоты образования солей при реакциях двойных разложений». В 1881—1883 гг.— профессор Новоалександрийского института сельского хозяйства и лесоводства, в 1883—1895 гг.— профессор Варшавского университета. «...Имя его,— писал Д. И. Менделеев,— не должно умирать в русской памяти (...) Узнал его сперва как студента Петербургского университета и как работника крепкого и вдумчивого, хотя и свободолюбивца, какими были все студенты шестидесятых годов (...) Родину, науку и правду никогда, даже в минуты юношеского увлечения, он не забывал, свободы желал не для себя, а для трех упомянутых величин, которым он и посвящал свою жизнь» (цит. по: Селиванов Ф. Ф. Алексей Лаврентьевич Потылицын: Биографический очерк.— ЖРФХО. Ч. хим., 1908, т. 40, вып. 7, с. 1149).



Алексей Лаврентьевич  
Потылицын

Исследования Г. Г. Густавсона, проводимые им в 1871—1872 гг. в лаборатории Д. И. Менделеева (Петербургский университет), были посвящены изучению равновесия двойного обмена между хлористыми и бромистыми соединениями в *отсутствие* воды. Были изучены реакции между  $\text{CCl}_4$  и  $\text{RBr}_4$  и между  $\text{CBr}_4$  и  $\text{RCl}_n$ , где  $\text{RCl}_n = \text{SiCl}_4$ ,  $\text{SnCl}_4$ ,  $\text{BCl}_3$  и др. Полученные результаты исследований Густавсон обобщил в магистерской диссертации «Опыт исследования реакций взаимного обмена в отсутствие воды», опубликованной в 1873 г. Основной вывод своей диссертации Густавсон сформулировал так: «Чем более атомный вес элемента (B, Si, Ti, As, Sn), соединенного с хлором, тем более хлора в данном соединении замещается бромом при дей-

ствии четырехбромистого углерода. Напротив того, чем более вес элемента, соединенного с бромом, тем менее брома в данном соединении замещается хлором при действии четыреххлористого углерода. Следовательно, исследованные мною реакции взаимного обмена в отсутствие воды находятся в зависимости от атомных весов элементов, входящих в состав реагирующих соединений»<sup>74a</sup>.

Результаты исследований Г. Г. Густавсона были высоко оценены Д. И. Менделеевым. По его словам, эти исследования «принадлежат к числу первых, в которых совершенно ясно в пределе замещения (и в скорости реагирования) выступает мера сродства элементов к галоидам»<sup>75</sup>.

«Сперва Густавсон... а потом Потылицын... — писал Д. И. Менделеев в «Основах химии», — показали зависимость реакционной способности прямо от величины атомного веса и от такого основного свойства их, которое выражено в формах их соединений, а потом и в массе других случаев чисто химические отношения элементов оказались в связи с периодическими их свойствами»<sup>76</sup>.

Изучение вытеснения хлора бромом из безводных хлоридов ме-

<sup>74a</sup> Густавсон Г. Опыт исследования реакций взаимного обмена в отсутствие воды. СПб., 1873, с. 50.

<sup>75</sup> Менделеев Д. И. Основы химии. 5-е изд., с. 324.

<sup>76</sup> Там же, с. 468.

таллов<sup>77</sup> позволило А. Л. Потылицыну сделать следующее важное заключение: «...Замещение хлора бромом в соединениях его с металлами зависит от атомных весов этих металлов, их эквивалентности (т. е. валентности.— Ю. С.), относительных количеств действующих тел (масс) и температуры <...> Результатом этого участия в химических превращениях атомных весов, масс и температуры и будет образование того состояния подвижного равновесия, которое наблюдается всюду, где превращения совершаются в присутствии нескольких тел, способных вступать между собою в соединения»<sup>78</sup>.

Изучение А. Л. Потылицыным явления вытеснения в отсутствие воды показало, что химические реакции идут до известного предела, независимо от того, сопровождаются ли они выделением теплоты (например, действие хлора на бромиды металлов) или, наоборот, поглощением теплоты (например, действие брома на хлориды металлов); величина предела зависит от атомного веса, массы и температуры. По правилу наибольшей работы система только тогда сама собой переходит в другую, когда она может выделить часть своей энергии в виде теплоты. Но Потылицын в своих опытах наблюдал совершенно противоположное явление: система, состоящая из газообразного хлористого водорода и безводного бромида натрия, превращается в другую систему, поглощая при этом энергию за счет теплоты окружающей среды. Состояние равновесия достигается в данном случае приобретением большего запаса потенциальной энергии.

Таким образом, опыты А. Л. Потылицына показали, что реакции с поглощением теплоты могут идти сами собой при обыкновенной температуре, как и реакции превращения, сопровождающиеся выделением теплоты. Различие между ними заключается в том, что экзотермические процессы протекают за счет внутренней энергии реагирующих веществ, тогда как в случае эндотермических реакций работу химического взаимодействия (соединения или разложения) производит внешняя энергия окружающей среды или энергия рядом идущей реакции, выделяющей теплоту. Потылицын подчеркивал, что правило наибольшей работы Бертелло есть предельное и частное правило, которое оправдывается только при определенных температурных условиях. По мнению Потылицына, «оно оправдывается только на реакциях между двумя телами, когда возможно образование одного соединения и выделяющаяся энергия удаляется, только тут химическая энергия выделяется исключительно в виде тепла <...> Поэтому, в противность правилу теплового максимума, я утверждаю, что во всякой разнородной среде внешняя энергия стремится к превращению во внутреннюю, производя работу сред-

<sup>77</sup> См.: [Потылицын А.] О вытеснении брома хлором из безводных бромистых металлов.— ЖРФХО, 1879, т. 11, вып. 1, с. 86, 109; Потылицын А. О способах измерения химического сродства. СПб., 1880, с. 106.

<sup>78</sup> Потылицын А. Л. О влиянии масс при взаимном замещении галоидов.— ЖРФХО, 1882, т. 14, вып. 1, с. 93.



ства, испарения, плавления и т. п. Результатом этого стремления или свойства энергии будет образование соединений эндотермических с поглощением тепла... при малом содержании внешней энергии господство правила теплового максимума обуславливает выделение большей части химической энергии в виде тепла и в пределе должно привести к тому состоянию покоя, какой предполагается при абсолютном нуле»<sup>79</sup>.

К такому же выводу пришел голландский физико-химик Я. Вант-Гофф в своей книге «Очерки по химической динамике» (1884). Касаясь утверждения Вант-Гоффа, что при температуре абсолютного нуля химические превращения будут следовать правилу наибольшей работы, А. Л. Потылицын отметил, что он еще до опубликования книги Вант-Гоффа высказал ту же самую мысль.

В 1886 г. А. Л. Потылицын так сформулировал положение о влиянии температуры на направление смещения равновесия: «По мере понижения температуры преобладание последнего рода реакций (экзотермических.— Ю. С.) будет становиться все более и более господствующим над обратными превращениями, и, наконец, при температуре абсолютного нуля направление реакций в сторону выделения тепла сделается исключительным. При этой температуре химические превращения будут совершаться, следуя правилу наибольшей работы»<sup>80</sup>. В этих определениях Потылицына, по словам Д. И. Менделеева, «должно видеть не только блестящее подтверждение учения Бертолле, но и первую попытку... прямого определения, чрез вытеснение, сродств простых тел»<sup>81</sup>.

Данные, полученные А. Л. Потылицыным, нашли отражение в статье «Вытеснение», написанной А. И. Горбовым для «Энциклопедического словаря» Брокгауза и Ефрона<sup>81а</sup>. Д. И. Менделеев, который редактировал эту статью (стоит знак Д), написал к статье следующее примечание: «К реакциям В[ытеснения] очень часто прибегают для измерения силы химического сродства, но такие исследования могут привести только к данным о скоростях реакций. Кроме того, необходимо заметить, что нам неизвестна природа химического сродства или той силы, которая проявляется между разнородными атомами; несомненно только, что она отлична от силы тяготения: последняя действует одинаково на все виды материи и напряжение ее определяется массой и взаимным расстоянием притягивающихся тел, между тем как химическое сродство обусловлено не только природой реагирующих тел, но и условиями реакции,— оно, так сказать, является избирательным притяжением, напряжение которого меняется, кроме того, с внешними обстоятельствами».

<sup>79</sup> Потылицын А. О законах двойных разложений.— ЖРФХО, 1881, т. 13, вып. 6, с. 442—443.

<sup>80</sup> Потылицын А. Л. О значении теплоты образования солей при реакциях двойных разложений. Варшава, 1886, с. 99.

<sup>81</sup> Менделеев Д. И. Основы химии. 5-е изд., с. 364.

<sup>81а</sup> Энцикл. словарь/Брокгауз и Ефрон. СПб., 1892, т. 14(VIIa), с. 572.

ми <...> Поэтому можно, кажется, допустить, что химическая реакция является в некотором роде избирательным процессом, который состоит в подборе частиц, обладающих требуемой, при данных условиях, скоростью»<sup>82</sup>.

Учеником и последователем Д. И. Менделеева был Н. Н. Каяндер<sup>82а</sup>. В течение некоторого времени он работал в химической лаборатории Менделеева. В 1881 г. Каяндер защитил магистерскую диссертацию на тему «К вопросу о скорости химических реакций», в которой высказал ряд оригинальных суждений, связанных с развитием «динамических» представлений Менделеева о химических явлениях. Исходная идея, выраженная Каяндером в диссертации, заключалась в том, что изучение скорости реакции (растворение металлов в кислотах) может служить способом определения химической энергии взаимодействия веществ в зависимости от условий реакции (среда, температура).

В 1875—1878 гг. ассистентом Д. И. Менделеева был польский химик И. Г. Богуский<sup>83</sup>. В химической лаборатории Менделеева он совместно с Н. Н. Каяндером занимался изучением скорости растворения мрамора и металлов в кислотах<sup>84</sup>. В «Основах химии» об этих работах Д. И. Менделеев писал: «Прямые наблюдения, сделанные (1876) гг. Богуским и Каяндером, приводят к тому заключению, что количество углекислого газа, выделяющегося при действии кислот на мрамор... прямо пропорционально: времени действия, мере поверхности и концентрации кислоты и обратно пропорционально частичному (молекулярному.— Ю. С.) весу кислоты»<sup>85</sup>.

Полученные результаты Н. Н. Каяндер обобщил в магистерской диссертации «К вопросу о скорости химических реакций» (Киев, 1880). В статьях на эту тему, опубликованных в 1881 г. в «Журнале Русского физико-химического общества», Каяндер высказал оригинальную идею о внутренней связи между явлениями электропроводности, диффузии и растворения и процессом образования «разомкнутых частиц» электролита. Но Каяндеру не хватило решимости смелую гипотезу развить в теорию. Мы знаем, что такую теорию — теорию электролитической диссоциации — разработал в 1884—1887 гг. шведский физико-химик С. Аррениус<sup>86</sup>.

<sup>82</sup> Там же, с. 573.

<sup>82а</sup> Николай Николаевич Каяндер (1851—1896), окончил естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета (1875).

<sup>83</sup> Иосиф Генрихович Богуский (1853—1923), родился в Варшаве. Окончил естественное отделение физико-математического факультета Варшавского университета (1875). С 1899 г. — преподаватель неорганической химической технологии в Варшавском политехническом институте.

<sup>84</sup> См.: Богуский И., Каяндер Н. О скорости химической реакции. — ЖРХО и ФО, 1876, т. 8, вып. 2, с. 337—338.

<sup>85</sup> Менделеев Д. И. Основы химии. 5-е изд., с. 279.

<sup>86</sup> См.: Соловьев Ю. И. История учения о растворах. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 171—215.

6 ноября 1893 г. на общем собрании Русского физико-химического общества, посвященном 25-летию со времени его основания, академик Н. Н. Бекетов говорил, что Н. Н. Каяндер «упоминает... (гораздо раньше Аррениуса) о разобщенности частичек растворенных соединений как о причине ускорения реакции с разбавлением»<sup>87</sup>.

## Глава 12

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ Д. П. КОНОВАЛОВА И ЕГО НАУЧНАЯ ШКОЛА

Дальнейшее развитие физико-химического направления в Петербургском университете связано с именем Д. П. Коновалова<sup>1</sup>, ученика и ближайшего сотрудника Д. И. Менделеева.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕОРИИ РАСТВОРОВ

Д. П. Коновалов — не только просто сторонник и не только ученый, следующий менделеевскому учению о растворах. Это виднейший ученый, который и в экспериментальных работах, и в решении общего вопроса о природе растворов, и в частных выводах пошел дальше Д. И. Менделеева. По словам Менделеева, он сам разрабатывал «преимущественно химическую сторону растворов». Конечно, Менделеев рассматривал всю проблему в целом, понимая

<sup>87</sup> Бекетов Н. Н. Физическая химия и Русское химическое общество. — В кн.: Русское химическое общество. XXV (1868—1893). Отделение химии Русского физико-химического общества: Отчет об экстренном общем собрании Русского физико-химического общества 6 ноября 1893 г. СПб., 1894, с. 22.

<sup>1</sup> Дмитрий Петрович Коновалов (1856—1929), окончил Петербургский горный институт (1878). В 1880—1881 гг. работал в лаборатории немецкого физика А. Кундта в Страсбурге, где выполнил свою классическую работу «Об упругости пара растворов», которую защитил в 1884 г. в Петербургском университете как магистерскую диссертацию. Через год, в 1885 г., состоялась защита докторской диссертации «Роль контактных действий в явлениях диссоциации». С 1886 г. — профессор Петербургского университета. В 1891 г. занял кафедру Д. И. Менделеева. В 1903—1905 гг. — директор Горного института, в 1907—1908 гг. — директор Горного департамента Министерства торговли и промышленности, в 1908—1915 гг. — товарищ министра торговли и промышленности. С 1915 г. — профессор Технологического института. В 1922 г. избран президентом Главной палаты мер и весов. С 1923 г. — действительный член Академии наук СССР.

О жизни и деятельности Д. П. Коновалова см.: Соловьев Ю. И., Кипнис А. Я. Дмитрий Петрович Коновалов. М.: Наука, 1964. 191 с. (Серия НБЛ).



*Дмитрий Петрович Коновалов*

и «химическую и физическую стороны растворения» и считая «необходимым согласовать обе стороны дела», но одним из первых ученых в мировой науке, положившим начало фактическому объединению «физической» и «химической» концепций в учении о растворах, был Д. П. Коновалов.

«Я рассматриваю растворы,— писал Д. П. Коновалов,— как результат взаимодействия тел, как системы, подверженные действию тех же причин, которыми обуславливается и образование определенных соединений. Образование в растворе определенных соединений, хотя бы в состоянии диссоциации, нельзя считать неизбежным результатом действия этих причин, а лишь конечной его стадией, подобно тому как в газах взаимодействие однородных частиц, проявляющееся и до сжижения, влечет за собой это последнее лишь при переходе критических условий. Можно себе представить растворы, в которых процесс образования определенного соединения почти закончен и частицы его компонентов присутствуют лишь в ничтожном числе, но мыслимы и такие растворы, в которых процесс

ассоциации и не начинался. В таких „идеальных“ растворах действия тел друг на друга производятся всею их массой и в то же время должны подчиняться закону химического действия (масс.— Ю. С.)»<sup>2</sup>.

Развивая идею Д. И. Менделеева о взаимодействии растворенного вещества и растворителя, Д. П. Коновалов так представлял себе это явление: «Образуя раствор, частицы веществ не лишаются самостоятельного поступательного движения, но это движение является измененным, что и служит признаком взаимодействия»<sup>3</sup>. Отсюда понятно, почему Коновалов выбрал в качестве «объекта» своих классических исследований изучение давления пара растворов. «Исходя именно из этого положения, что изменение живой силы поступательного движения частиц может служить характеристикой взаимодействия веществ, образующих раствор, я предпринял изучение упругости пара растворов жидкостей в жидкостях»<sup>4</sup>, — писал Д. П. Коновалов. Такая постановка вопроса была под силу только крупному и пропитательному ученому, физико-химику, и свидетельствовала о том, как глубоко понимал он явление взаимодействия веществ в растворе, молекулярно-кинетическую природу давления насыщенного пара.

Приведенные выше соображения подтверждают не только то, что Д. П. Коновалов был прямым последователем Д. И. Менделеева<sup>5</sup>, но и то, что он выступал как основоположник особого направления в изучении растворов, точнее, в изучении взаимодействия между компонентами раствора, направления, основанного на измерении давления пара растворов. Ученый использовал давление пара в качестве термодинамической функции, характеризующей равновесие.

Изучив зависимости, существующие между составами жидких растворов и упругостями их паров, Д. П. Коновалов установил ряд закономерностей, выясняющих особенности природы растворов, пояснил многие явления, связанные с кипением и перегонкой растворов. Ему принадлежат законы, определяющие переход растворов из жидкого состояния в газообразное, названные его именем.

Содержание законов Коновалова заключается в следующем: 1) в двойной жидкой системе пар относительно богаче тем компонентом, который в чистом виде обладает более низкой температурой кипения; 2) максимуму или минимуму давления пара двойной жид-

<sup>2</sup> Коновалов Д. О взаимодействии тел в растворе по данным их упругости паров.— ЖРФХО. Ч. хим., 1907, т. 39, вып. 1, с. 55.

<sup>3</sup> Коновалов Д. П. Об упругости пара растворов.— ЖРФХО, 1884, т. 16, вып. 1, с. 11—84; то же [отд. изд.]. СПб., 1884; то же, 3-е изд. Л.: Изд-во АН СССР, 1928, с. 1—2.

<sup>4</sup> Там же.

<sup>5</sup> Здесь, кстати, уместно напомнить слова Д. И. Менделеева: «Считаю между русскими работами, касающимися растворов, особенно важными для понимания природы растворов — труды Коновалова над упругостью пара растворов» (Соч.: Л.: ОНТИ—Химтеорет, 1937, т. 4, с. 307).

кой системы соответствуют жидкость и пар одинакового качественного и количественного состава. Согласно законам Коновалова, в точке максимальной упругости состав раствора и состав пара тождественны. Эти исследования, представляя высокую научную ценность, имеют громадное значение для практики, так как дают возможность правильно и рационально организовать производственные процессы, связанные с перегонкой растворов, например при переработке нефти.

Начиная с 1890 г. Д. П. Коновалов проводит систематические экспериментальные исследования, направленные на доказательство проявления химизма в растворах и на отыскание тех явлений, которые могли бы быть объяснены именно с помощью химической, а не физической теории растворов. Стремясь выяснить причины возникновения электропроводности растворов, Коновалов систематически изучает двойные системы, образованные ароматическими аминами и жирными кислотами (анилин, метиланилин, орто-толуидин, диметиланилин с уксусной кислотой, анилин с пропионовой кислотой). Измерения электропроводности этих систем позволили построить кривые удельная электропроводность—состав, с несомненностью свидетельствующие об образовании в этих системах определенных соединений. Коновалов делает следующий, главный, вывод: «Электролитическая электропроводность жидкости при обыкновенной температуре обуславливается явлениями химического соединения между растворенным электролитом и избытком растворителя. Подвижные системы нестойких химических соединений, существующие в таком растворе, и представляют благоприятную почву для химического обмена, без которого невозможно движение электричества в проводнике 2 класса»<sup>6</sup>.

Основным результатом этих исследований Д. П. Коновалова явилось открытие особого класса электролитов, так называемых *сольвоэлектролитов*. Каждое из этих веществ в отдельности почти или совсем не проводит электрический ток; в смеси же, имеющей состав, близкий к молекулярному соотношению, сольвоэлектролиты (например, анилин и уксусная кислота) обнаруживают максимум электропроводности, возникающей в результате химического (кислотно-основного) взаимодействия сольвоэлектролитов.

Д. П. Коновалов выступил в этих работах и как первый в истории физико-химического анализа исследователь, применивший метод электропроводности для изучения взаимодействия компонентов в двойных жидкостных системах.

Наряду с электропроводностью Д. П. Коновалов изучал (1893) тепловые явления, происходящие при смешении аминов (анилина и диметиланилина) с кислотами (уксусной, пропионовой и масляной). Во всех случаях наблюдалось выделение теплоты, причем

<sup>6</sup> Коновалов Д. Об электропроводности растворов: Статья вторая.— ЖРФХО, 1893, т. 25, вып. 4, с. 201.

переход от системы анилин—масляная кислота к системе анилин—уксусная кислота сопровождался заметным возрастанием теплового эффекта.

На основании экспериментальных данных Д. П. Коновалов пришел к выводу, что как электропроводность, так и тепловой эффект обусловлен одной и той же причиной — химическим взаимодействием амина и кислоты. «Если оба явления зависят от одной и той же причины, то и между самими явлениями должна быть связь»<sup>7</sup>. Подводя итоги своим наблюдениям, Д. П. Коновалов писал: «Вся совокупность тепловых явлений дает основание рассматривать описываемые растворы как системы подвижных равновесий определенных соединений, среди которых явно преобладают соединения с избытком кислоты, т. е. кислые соли аминов. Формы этих соединений, их степень устойчивости меняются в каждом случае с изменением температуры и с изменением состава раствора»<sup>8</sup>.

К 1890-м годам относятся работы Д. П. Коновалова по изучению природы осмотического давления. Он не был согласен с простой аналогией между состоянием вещества в разведенном растворе и состоянием газа, которую упорно пропагандировали сторонники осмотической теории Вант-Гоффа. Для объяснения осмотического давления разбавленных растворов Я. Вант-Гофф привлек гипотезу об аналогии растворенного и газообразного состояний. В 1886 г. Вант-Гофф дал термодинамический вывод уравнения осмотического давления, по форме совпадающего с одним из фундаментальных уравнений для газов — уравнением Клапейрона—Менделеева<sup>9</sup>. Выводы осмотической теории сторонники физической гипотезы растворов неоправданно экстраполировали на растворы любых концентраций, принимая, что все растворы подобны смеси газов, а осмотическое давление — следствие ударов молекул растворенного вещества о полупроницаемую перегородку, т. е. тождественно по природе с давлением газа.

По мнению Д. П. Коновалова, «осмотическое давление является следствием разности количеств движения частиц чистого растворителя и смешанного с растворенным телом. Всякий раз, когда между растворителем и растворенным телом действуют значительные химические силы, их прежде всего следует рассматривать как фактор, усиливающий осмотический ток в направлении к раствору, а следовательно, как фактор, увеличивающий осмотическое давление. Причина больших аномалий осмотического давления — ярко выраженный химизм»<sup>10</sup>.

<sup>7</sup> Коновалов Д. Тепловые явления для смещения аминов с кислотами. — Там же, вып. 5, с. 220.

<sup>8</sup> Там же.

<sup>9</sup> См.: Добротин Р. Б., Соловьев Ю. И. Вант-Гофф. М.: Наука, 1977, с. 115—140 (Серия НБЛ).

<sup>10</sup> Коновалов Д. П. Об осмотическом давлении. — В кн.: Сборник Института инженеров путей сообщения. СПб., 1899, вып. 50, с. 724.

Д. П. Коновалов дал такое определение осмотическому давлению: «Давление, которое нужно приложить к раствору, чтобы увеличить его упругость пара на величину, равную потере упругости пара при растворении взятого вещества»<sup>11</sup>.

Эта формулировка отличается от современной лишь тем, что она выражена в терминах упругости пара, а не в терминах потенциалов или летучестей. Такая трактовка осмотического давления была в то время новой и интересной и произвела сильное впечатление на русских химиков. В частности, Е. Е. Вагнер в письме А. Е. Фаворскому от 16 марта 1899 г. писал: «Интересно узнать, какое впечатление произвел на Вас новый взгляд на осмотическое давление. Я пришел в бараний восторг. До того мне представляется взгляд



Владимир Александрович  
Кистяковский

Коновалова простым и ясным, тогда как прежние толкования мои были совершенно не по разуму. Любопытно, какой результат вызовет коноваловский приговор над электролитической диссоциацией за грабли. Думаю, переполох будет немалый...»<sup>12</sup>.

Теория электролитической диссоциации, основанная в 1884 — 1887 гг. С. Аррениусом<sup>13</sup>, вызвала серьезные критические замечания со стороны русских ученых. Сейчас уже трудно передать накаленную атмосферу споров, кипевших на заседаниях Русского физико-химического общества, на съездах естествоиспытателей, везде, где могли обменяться мнениями сторонники и противники новых воззрений. Протоколы этих встреч, заключенные в многочисленных выпусках «Журнала Русского физико-химического общества», хранят лишь слабый отзвук тогдашних битв.

Споры между сторонниками химической и физической теорий растворов особенно обострились на XI Съезде русских естествоиспытателей и врачей, состоявшемся в 1901 г. в Петербурге. На этом съезде по инициативе Д. П. Коновалова Русское физико-химическое общество организовало обсуждение вопросов, касающихся природы растворов. Началом дискуссии послужил доклад В. А. Кистяков-

<sup>11</sup> Коновалов Д. П. О природе осмотического давления. — ЖРФХО, 1890, т. 22, вып. 1, с. 72.

<sup>12</sup> Архив АН СССР, ф. 798, оп. 2, № 15а.

<sup>13</sup> См.: Соловьев Ю. И., Фигуровский Н. А. Сванте Аррениус. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 37—65.



ского <sup>14</sup> «Разбор возражений на теорию электролитической диссоциации», в котором ясно и убедительно было показано, что теория электролитической диссоциации имеет большое научное значение.

В. А. Кистяковский высказал твердое убеждение, что «теоретическая химия должна оставаться на почве теории электролитической диссоциации, как на тропинке, выводящей химию на широкий путь теоретических знаний» <sup>15</sup>. Свой доклад Кистяковский закончил следующими словами: «...химизм и электролитическая диссоциация также связаны, и ясно, что качественно можно объяснить свойства растворов также и химизмом. Но для нас важна количественная сторона дела! И как ни дороги нам наши традиции, мы должны стать в ряды сторонников теории электролитической диссоциации, надеясь, конечно, что в будущем удастся замкнуть этот круг зависимостей, найдя непосредственную связь химизма и электролитической диссоциации» <sup>16</sup>.

Много лет спустя, когда время примирило крайние точки зрения, Д. П. Коновалов мог с полным правом писать: «Без идеи химизма оказалось невозможным разбираться во всей совокупности свойств растворов <...> К законченной теории растворов мы придем только тогда, когда в ней будет отведено должное место выдвинутой Менделеевым идее о действии химических сил в растворах» <sup>17</sup>.

Следующие исследования неводных растворов (П. И. Вальден <sup>18</sup>, В. А. Плотников <sup>18a</sup> и др.) дали возможность расширить

<sup>14</sup> Владимир Александрович Кистяковский (1865—1952), окончил естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета (1889). В 1903—1934 гг. — профессор Петербургского (Ленинградского) политехнического института. Здесь он организовал лабораторию физической химии и электрохимии, в которой выполнил обширный комплекс работ по теории растворов, коллоидной химии, электрохимии и коррозии металлов. С 1929 г. — действительный член Академии наук СССР.

О жизни и деятельности В. А. Кистяковского см.: *Фигуровский Н. А., Романьков Ю. И.* Владимир Александрович Кистяковский. М.: Наука, 1967. 136 с. (Серия НБЛ).

<sup>15</sup> Кистяковский В. А. Разбор возражений на теорию электролитической диссоциации. — В кн.: *Дневник XI Съезда русских естествоиспытателей и врачей*. СПб., 1902, № 6, с. 221—222. Еще в 1888 г. В. А. Кистяковский написал диссертацию на тему «Гипотеза Планка—Аррениуса», в которой проведена мысль о гидратации ионов и о сочетании химической теории растворов Менделеева с теорией электролитической диссоциации. Кистяковский потратил немало сил для пропаганды и популяризации в России теории электролитической диссоциации. (Более подробно см.: *Соловьев Ю. И.* О неопубликованной работе В. А. Кистяковского «Гипотеза Планка—Аррениуса». — *Журн. физ. химии*, 1956, т. 30, вып. 8, с. 1910—1915.)

<sup>16</sup> Кистяковский В. А. Разбор возражений... — *Дневник XI Съезда...*, № 11, с. 639; см. также: *Кистяковский В. А.* Теория электролитической диссоциации Аррениуса и эволюция современной химии. Л.: Изд-во АН СССР, 1929. 15 с. (Тр. Комиссии по истории знаний; 6).

<sup>17</sup> *Коновалов Д.* «Основы химии» и их автор. — В кн.: *Менделеев Д. И.* Основы химии. 9-е изд. М.; Л.: Госиздат, 1927, т. 1, с. XXXVII.

<sup>18</sup> О работах П. И. Вальдена см. раздел «Исследования П. И. Вальдена» в главе 22 настоящей книги.

<sup>18a</sup> См. главы 19 и 23 настоящей книги.

представления о том, в какой мере на поведение растворенного вещества влияют физические и химические свойства растворителя, что было невозможно осуществить при изучении одних только водных растворов.

Данные, полученные при исследовании неводных растворов, позволили найти новые закономерности, которые в значительной мере исправляли и дополняли теорию электролитической диссоциации. Полученные сведения позволили выяснить возможность использования неводных растворов, в том числе и расплавленных солевых систем, для электролитического выделения различных металлов, а также разработать электрохимические методы получения органических соединений.

Изучение неводных растворов вновь усилило интерес к концентрированным растворам, к химической стороне процессов растворения, к гидратации, сольватации и ассоциации в растворах, что дало возможность перебросить мост между химической теорией Менделеева и теорией электролитической диссоциации. После этих работ учение о сольватации, взаимодействии между компонентами раствора с образованием определенных сольватов и различных комплексов, получило широкое признание.

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ШКОЛА Д. П. КОНОВАЛОВА

В историю отечественной химии Д. П. Коновалов вошел не только как оригинальный исследователь, но и как основоположник большой школы русских физико-химиков.

В 1914 г. комиссия Русского физико-химического общества, присуждая Д. П. Коновалову Большую премию имени Д. И. Менделеева, отметила как особую заслугу ученого — создание крупной школы русских физико-химиков.

Курс лекций по физической химии Д. П. Коновалов начал читать в Петербургском университете в 1884 г. В них Коновалов излагал основные законы термодинамики в приложении к диссоциации и к учению о растворах.

Под руководством Д. П. Коновалова велась работа в Маленьком химическом обществе, организованном в 1898 г. при Петербургском университете. Именно здесь начала формироваться научная школа Д. П. Коновалова. К его ученикам принадлежат такие известные ученые, как Е. В. Бирон, М. С. Вревский, А. А. Байков, Г. Н. Антонов и др.

Евгений Владиславович Бирон<sup>19</sup> (1874—1919) поступил на естественное отделение Петербургского университета в 1893 г. Осенью 1895 г. Бирон вступил в Маленькое химическое общество,

<sup>19</sup> См.: Меншуткин Б. Н. Жизнь и деятельность Е. В. Бирона. — Изв. Ленингр. лесного ин-та, 1927, вып. 35, с. 7—32; Макареня А. А., Тимофеев В. И. Работы Е. В. Бирона по физической химии. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1961, т. 35, с. 108—125.



*Евгений Владиславович  
Бирон*

в это же время он начал работать в лаборатории Д. П. Коновалова. Окончив университет за четыре года, в 1897 г., Бирон был осенью того же года оставлен при Университете: по ходатайству Коновалова он получил должность лаборанта. В этом ходатайстве говорится: «Е. В. Бирон заявил себя весьма солидной подготовкой по всем отделам химии и произвел наблюдения по вопросу о теплоемкости растворов и об изомерном превращении изобутилена, результаты которых доложены Химическому обществу»<sup>20</sup>.

В течение первых двух лет по заданию Д. П. Коновалова Бирон вел исследования по изучению теплоемкостей растворов; эти работы в 1900 г. были удостоены Малой премии имени А. М. Бутлерова. Далее Бирон провел под-

робное физико-химическое исследование водных растворов хлоростанатов, явившееся предметом его магистерской диссертации.

С 1902 г. Е. В. Бирон руководил практическими занятиями студентов по физической химии, а в 1907 г., после защиты магистерской диссертации, читал необязательный курс химической механики в качестве приват-доцента. С 1908 и до весны 1914 г. Бирон читал в Университете курс физической химии.

В 1914 г. Е. В. Бирон писал А. Е. Фаворскому: «Значение физической химии громадно: это не только та часть химии, которая в настоящее время особенно сильно разрабатывается, но она дает и постоянно умножает новые методы и средства, применяемые органической, неорганической и аналитической химией для разрешения их специальных задач. Наконец, она, являясь наиболее общей из всех отдельных химических дисциплин, служит последним и необходимым звеном научной подготовки химиков. Я полагаю, что в том недостатке научно подготовленных химиков, который наблюдается в настоящее время в России, немалую роль играет отсутствие правильной постановки физической химии в наших университетах <...> Сама кафедра (физической химии) должна быть поставлена на одну ногу с кафедрами неорганической и органической химии в качестве первостепенной, а не второстепенной кафедры»<sup>21</sup>.

<sup>20</sup> ГИАЛО, ф. 14, оп. 3, № 14942, л. 74.

<sup>21</sup> Архив АН СССР, ф. 798, оп. 2, № 10, л. 2—3.

С осени 1910 г. Е. В. Бирон занял кафедру химии Лесного института. Здесь в ноябре 1910 г. он прочитал вступительную лекцию «Современные задачи химии в историческом освещении». Рассмотрев эволюцию представлений о целях и задачах физической химии, Бирон высказал свою точку зрения на предмет физической химии: «Физическую химию определяют различно. Так, некоторые говорят, что это есть учение о применении физических методов для решения химических задач. Особенно часто указывают на физическую химию как на область, лежащую на границе между физикой и химией, занимающуюся главным образом физическими свойствами химических соединений. Эти определения слишком односторонни, а потому и неверны, как неверны и те упреки, которые неоднократно делались физико-химикам учеными, считающими себя типичными химиками, говорившими, что физико-химики отклонились в сторону от химии, от изучения вещества и его превращений и работают скорее в области физики. Это не так... *Физическая химия есть исторически закономерная стадия развития науки о веществе и его превращениях*»<sup>22</sup>.

В 1912 г. Е. В. Бирон защитил докторскую диссертацию на тему «Сжатие при смешении нормальных жидкостей», в которой разработал теорию сжатия при смешении нормальных жидкостей. Диссертация Бирона еще раз продемонстрировала высокий уровень исследований отечественных физико-химиков в области теории растворов<sup>23</sup>. В своем отзыве о диссертации Бирона академик Н. И. Вальден писал: «Сочинение Е. В. Бирона „Сжатие при смешении нормальных жидкостей“ имеет высокое научное значение. Отличаясь богатством исследованного материала, точностью экспериментальных определений и очевидным значением добытых эмпирических законов, это исследование одновременно отличается и с теоретической точки зрения; оно дает стройную теорию сжатия нормальных жидкостей, которая вполне удовлетворительно объясняет все найденные автором закономерности и количественно может быть связана с теорией бинарных смесей Ван-дер-Ваальса»<sup>24</sup>. На основании этого отзыва Бирону в 1914 г. была присуждена Ломоносовская премия Академии наук.

Оригинальных результатов Е. В. Бирон достиг при разработке учения о вторичной периодичности. В 1915 г. он установил периодическую закономерность в изменении некоторых свойств элементов, входящих в состав подгрупп, на примере IV, V и VI групп таблицы Д. И. Менделеева, в зависимости от атомного веса эле-

<sup>22</sup> Современные задачи химии в историческом освещении: Вступительная лекция, прочитанная Е. В. Бироном в Лесном институте в ноябре 1910 г. [публикация Б. Н. Меншуткина]. — Изв. Ленингр. лесн. ин-та, 1927, т. 35, с. 33.

<sup>23</sup> См.: Макареня А. А., Тимофеев В. И. Указ. соч.

<sup>24</sup> Цит. по кн.: Кипнис А. Я. Развитие химической термодинамики в России. М.; Л.: Наука, 1964, с. 197—198.



Михаил Степанович  
Вревский

мента<sup>25</sup>. Тем самым было наглядно показано, что установленная Д. И. Менделеевым периодичность свойств элементов в пределах группы оказывается справедливой и по отношению к более частному подразделению таблицы. Бирон нашел, что, хотя температуры плавления, температуры кипения, а также теплоты образования и электродные потенциалы соединений в ряду  $\text{HF}-\text{HCl}-\text{HBr}-\text{HI}$  возрастают монотонно, устойчивость кислородных соединений галлоидов из этого ряда подчиняется другой закономерности: для Cl и J она выше, чем для F и Br. То же справедливо и для ряда  $\text{O}-\text{S}-\text{Se}-\text{Te}$ . Иными словами, нарастание отдельных свойств наблюдается через элемент (у Cl и J в ряду первом и у S и Te — во втором)<sup>26</sup>.

Ближайшим учеником и наиболее прямым последователем Д. П. Коновалова был Михаил Степанович Вревский (1871—1929). М. С. Вревский поступил в Университет в 1891 г. и быстро определился как химик: «Неотразимое обаяние лекций Коновалова и участие в студенческом кружке любителей химии — так называемом Маленьком химическом обществе, в отличие от „Большого“, т. е. Русского физико-химического общества, определило направление дальнейшей деятельности Михаила Степановича; с этих лет он все силы отдает изучению химии»<sup>27</sup>.

В 1898 г. Д. П. Коновалов обращается в совет факультета с ходатайством о замещении вакансии лаборанта неорганической химии. Он пишет: «Для избрания на эту должность я имею честь представить Михаила Степановича Вревского. М. С. Вревский окончил курс физико-математического факультета естественного разряда СПб. университета в 1896 г. с дипломом 1-й степени. В бытность студентом, М. С. Вревский с большим рвением отдавался лабораторным занятиям и исполнил небольшую работу об этерификации

<sup>25</sup> См.: Бирон Е. В. Явления вторичной периодичности. — ЖРФХО. Ч. хим., 1915, т. 47, вып. 4, с. 964—988.

<sup>26</sup> Более подробно см.: Щукарев С. А., Макареня А. А. Развитие представлений о вторичной периодичности. — Вопр. истории естествознания и техники, 1962, вып. 13, с. 76—79.

<sup>27</sup> Вревская Н. П. Михаил Степанович Вревский: Биографический очерк. — В кн.: Вревский М. С. Работы по теории растворов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 5.

щавелевой кислоты, предложенную мной Химическому обществу. По окончании курса М. С. Вревский вновь поступил в лабораторию и занят в настоящее время изучением теплоемкости и электропроводности спиртовых растворов»<sup>28</sup>. Это ходатайство было удовлетворено, и Вревский сделался лекционным ассистентом Коновалова. «Михаил Степанович преклопался перед умом и талантом своего учителя и рад был стать его помощником»<sup>29</sup>.

Под руководством Д. П. Коновалова М. С. Вревский выполнил ряд измерений давления пара различных гидратов. Результаты этой работы вошли в статью Коновалова «Об отношении аммиака к солям в водном растворе» (1899). Далее, уже самостоятельно, но по предложению также Коновалова, Вревский провел два небольших, но весьма интересных исследования по теории растворов<sup>30</sup>; по решению комиссии, в которую входил Коновалов, эти работы были удостоены премии им. А. М. Бутлерова.

Главным вкладом М. С. Вревского в науку, составившим ему мировую известность, явилось систематическое, как теоретическое, так и экспериментальное, исследование равновесий жидкость—пар в двойных системах, в особенности изучение закономерностей смещения подобных равновесий в зависимости от температуры (магистерская и докторская диссертации, 1911 и 1916 гг.)<sup>31</sup>.

Законы, установленные М. С. Вревским и названные его именем, вместе с законами Д. П. Коновалова, позволяют составить полное термодинамическое описание двойных систем жидкость—пар для различных условий<sup>32</sup>. Логическая преемственность исследований Вревского более чем очевидна; в частности, в отзыве на магистерскую диссертацию Вревского отмечается, что «работа М. С. Вревского является как бы естественным развитием и продолжением исследований Д. П. Коновалова»<sup>33</sup>. Мы имеем основания предполагать, что направление диссертационной работы было прямо рекомендовано Вревскому Коноваловым. Во время магистерского экзамена по химии, который Вревский держал в 1904 г. перед Д. П. Коноваловым и А. Е. Фаворским, первым (главным) вопросом, записанным Дмитрием Петровичем, был: «О соотношении между парциальной упругостью пара растворов и теплотой растворе-

<sup>28</sup> ГИАЛО, ф. 14, оп. 3, № 14964, л. 55.

<sup>29</sup> Вревская Н. П. Указ. соч., с. 6.

<sup>30</sup> См.: Вревский М. С. Теплоемкость растворов хлористого кобальта в связи с явлениями окрашивания. — В кн.: Вревский М. С. Работы по теории растворов, с. 37—44; Вревский М. С. Об упругости пара водно-спиртовых растворов солей (1900). — Там же, с. 45—61.

<sup>31</sup> См.: Вревский М. С. О составе и упругости пара растворов. — Там же, с. 62—125; Вревский М. С. Изучение растворов при различных температурах. Водные растворы аммиака, хлористого и бромистого водорода. — Там же, с. 126—221.

<sup>32</sup> См.: Кипнис А. Я. Указ. соч., гл. VI.

<sup>33</sup> Чугаев Л. А., Хвольсон О. Д. Отзыв о диссертации М. С. Вревского «О составе и упругости пара растворов». — ГИАЛО, ф. 14, оп. 3, № 15136, л. 4—5.

ния»<sup>34</sup>. Содержание этого вопроса заставляет предполагать, что уже в это время область и направление диссертационного исследования Вревского были определены. Четыре года спустя, в 1908 г., Вревский доложил Русскому физико-химическому обществу основные результаты этого исследования<sup>35</sup>.

М. С. Вревский явился продолжателем дела своего учителя еще и в другом отношении: с его именем связана официальная организация кафедры и лаборатории физической химии в Петербургском университете. В сыром, неудобном помещении, отведенном под лабораторию физической химии, он организовал студенческий практикум и руководил работами учащихся; одновременно Вревский вел в этом помещении исследовательскую работу и добился оснащения лаборатории дополнительным оборудованием<sup>36</sup>. В 1913 г. Вревский впервые начинает читать в Петербургском университете обязательный курс физической химии, а в 1916 г. становится первым профессором новой кафедры. В своем отзыве о его научной деятельности Л. А. Чугаев и О. Д. Хвольсон писали: «Приват-доцент Петроградского университета, доктор химии Михаил Степанович Вревский принадлежит к числу наиболее видных представителей блестящей школы русских физико-химиков, созданной при нашем университете Д. И. Менделеевым и Д. П. Коноваловым. Согласно традициям этой школы, М. С. Вревский в своей научной деятельности уделял главное внимание изучению природы растворов, этого кардинального вопроса современной теоретической химии...»<sup>37</sup>.

Физико-химическим подходом к изучению растворов характеризуются и работы В. В. Курилова<sup>38</sup>, ученика Ф. М. Флавицкого и Д. П. Коновалова. Его работы по изучению гидратов и аммиачных соединений<sup>39</sup> находились в полном соответствии с программой исследований Д. И. Менделеева, считавшего, что изучение кристаллогидратов и аммиакатов солей необходимо для выявления природы химических соединений в растворах.

<sup>34</sup> ГИАЛО, ф. 14, оп. 3, № 15022, л. 7 об.

<sup>35</sup> См.: Вревский М. С. Упругость и состав пара водных растворов метилового, этилового и пропилового спиртов.—ЖРФХО. Ч. хим., 1908, т. 40, вып. 9, с. 1778—1779; Вревский М. С. Об изменении состава нераздельно кипящих смесей.— Там же, с. 1779—1780.

<sup>36</sup> См.: Дело Совета Петроградского университета «Об ассигновании единовременного пособия на дополнительное оборудование лаборатории физической химии» (1915).— ГИАЛО, ф. 14, оп. 1, № 11133.

<sup>37</sup> Цит. по ст.: Макареня А. А., Соловьев Ю. И. Из истории развития физической химии в Петербургском университете: к 50-летию организации лаборатории физической химии.— Вестн. ЛГУ. Сер. физики и химии, 1960, № 22, вып. 4, с. 87.

<sup>38</sup> См. в главе 25 настоящей книги.

<sup>39</sup> См.: Курилов В. В. Разложение (диссоциация) химических соединений, образованных поглощением аммиака солями. СПб., 1895. 72 с.; Курилов В. В. Опытное изучение химических равновесий в системах из двух и трех веществ. СПб., 1899. IV+93 с.

Единство теории и практики, о котором так ярко говорил Д. П. Коновалов в своих лекциях, нашло живое воплощение в трудах его ученика А. А. Байкова.

Александр Александрович Байков (1870—1946) окончил физико-математический факультет Петербургского университета по математическому отделению (1893) и получил, таким образом, основательную подготовку по математике и физике. В студенческие годы Байков работал в лаборатории Д. П. Коновалова и, в частности, выполнил исследование теплового расширения жидкостей. По ходатайству Коновалова Байков в 1894 г. получает возможность занять должность лаборанта кафедры неорганической химии; в это время он выполняет под руководством Коновалова анализ кузнецких каменных углей. Очевидно, в лаборатории Коновалова Байков ведет и физико-химические исследования: в делах факультета он значится как «состоящий лаборантом по физико-химии». Он участвует (1890-е годы) в работе Маленького химического общества, которое, по его собственному признанию, сыграло очень большую роль в его научном развитии<sup>40</sup>.

С 1897 г. А. А. Байков, вероятно по предложению Д. П. Коновалова, начинает работать в Институте инженеров путей сообщения в должности заведующего химической лабораторией. Именно с этого времени ученый выходит на дорогу самостоятельных исследований, но и теперь связи этих ученых не порываются (Коновалов в это время ведет курс химии в этом Институте). Самые важные работы Байкова принадлежат к области металловедения, технологии вязких веществ и металлургии<sup>41</sup>, причем все они основаны на приложении понятий и методов физической химии к анализу производственных процессов. Выдающиеся достижения Байкова в этом направлении, несомненно, имеют своей первоосновой ту подготовку, которую он получил, работая с Д. П. Коноваловым.

\*

Сторонниками физико-химических представлений о природе растворов были профессора Петербургского горного института В. Ф. Алексеев и И. Ф. Шредер.

В. Ф. Алексеев<sup>42</sup> — автор исследований взаимной растворимости

<sup>40</sup> В 1894—1895 гг. А. А. Байков сделал на заседаниях Общества следующие сообщения: «Критическая температура в связи со строением жидкости», «Растворы серной кислоты и спирта», «Растворы жидких и твердых тел при критической температуре», «Сплавы солей», «Основания термодинамики», «О критической температуре растворения».

<sup>41</sup> См.: Байков А. А. Собрание трудов: В 5-ти т. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947—1952.

<sup>42</sup> Владимир Федорович Алексеев (1852—1919), окончил Петербургский горный институт (1873), где с 1879 по 1901 г. был профессором. Основал в Петербурге специальную лабораторию для разработки рациональных способов использования залежей торфа северных районов России. Автор книги «Ископаемые угли Российской империи в отношении их состава» (СПб., 1895. 103 с.).





Владимир Федорович  
Алексеев

жидкостей<sup>43</sup>, результаты которых были изложены в двух его главных работах: «О взаимной растворимости жидкостей» (1879) и «О растворах» (1885).

В 1876 г. В. Ф. Алексеев разработал оригинальный метод определения взаимной растворимости жидкостей в зависимости от температуры. Метод Алексеева получил широкое распространение в лабораторной практике и сохранил свое значение вплоть до настоящего времени. В своей работе «О теплостемкостях растворов и тепловом эффекте при их образовании» Алексеев указал, что выделение теплоты при смешивании двух жидкостей связано с образованием химических соединений; некоторые из них могут быть даже выделены, и потому существование таких соединений является не-

сомненным фактом. Переходя к рассмотрению тех случаев смешения жидкостей, при которых происходит поглощение теплоты, Алексеев отметил, что на них было обращено внимание еще в 1860-х годах, когда в России появилась диссертация Д. Н. Абашева «О тепловых явлениях, обнаруживающихся при смешении жидкостей». Опираясь на работы Абашева и иностранных ученых, Алексеев пришел к следующим выводам: «1) жидкости, образующие между собою соединения, выделяют почти всегда тепло при смешении, смешиваются друг с другом во всех пропорциях и теплостемкость смеси мало отлична от средней; 2) жидкости же, не способные давать друг с другом соединения, дают охлаждение и теплостемкости смесей их выше средних»<sup>44</sup>.

Исследования, проведенные В. Ф. Алексеевым, обогатили термехимию растворов интересными наблюдениями, которые расширили представления о тех процессах, которые происходят при смешении жидкостей.

См.: Курнаков Н. С. Памяти профессора В. Ф. Алексеева. — Изв. Ин-та физ.-хим. анализа, 1922, т. 11, вып. 1, с. 1—4.

<sup>43</sup> См.: Герасимов Я. И. Работы В. Ф. Алексеева по взаимной растворимости жидкостей. — В кн.: Материалы по истории отечественной химии: Сб. докл. на Первом Всесоюз. совещ. по истории отеч. химии. 12—15 мая 1948 г. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950, с. 52—62.

<sup>44</sup> Алексеев В. О теплостемкостях растворов и тепловом эффекте при их образовании. — ЖРФХО, 1884, т. 16, вып. 2, с. 110.

В 1879 г. В. Ф. Алексеев открыл правило прямолинейного диаметра и ввел понятие критической температуры растворения, которое устанавливало аналогию между процессами перехода жидкости в пар и взаимной растворимости двух жидкостей<sup>45</sup>.

В. Ф. Алексеев предложил «оптический метод» определения растворимости, основанный на измерении температуры появления или исчезновения мути в жидкой двойной системе. Этот метод получил теперь широкое распространение. Пионерские работы Алексеева в области взаимной растворимости жидкостей сыграли выдающуюся роль и послужили основой для дальнейшей разработки теории растворов.

Продолжением проведенных работ ученого явились исследования И. Ф. Шредера<sup>46</sup>, изучавшего растворимость твердых тел<sup>47</sup>. Метод определения растворимости по Шредеру представляет собой дальнейшую разработку в применении к твердым веществам оптического способа, предложенного В. Ф. Алексеевым для жидкостей. Шредер первый дал термодинамически выведенное уравнение, которое устанавливало зависимость между температурой плавления твердых тел и их растворимостью в жидкостях. Согласно предположениям Шредера, которые весьма близки к точке зрения Д. И. Менделеева, «растворы... представляют системы динамических равновесий различных тел — взятых, образовавшихся на счет их ассоциации и, наконец, продуктов распада тех и других.

Во всякий данный момент раствор, рассматриваемый со статической точки зрения, является простой смесью названных ассоциационно-диссоциационных продуктов»<sup>48</sup>.



Иван Федорович Шредер

<sup>45</sup> См.: Алексеев В. Ф. О взаимной растворимости жидкостей. — Горн. журн. 1879, т. 4, № 10, с. 83—114; см. также: Погодин С. А. Об открытии В. Ф. Алексеевым правила прямолинейного диаметра. — Успехи химии, 1950, т. вып. 1, с. 125—127.

<sup>46</sup> Иван Федорович Шредер (1858—1918), окончил Петербургский горный институт (1884), где с 1891 г. — профессор. Так же, как и В. Ф. Алексеев, занимался изучением каменных углей России.

<sup>47</sup> См.: Шредер И. О зависимости между температурами плавления твердых тел и их растворимостью в жидкостях. — Горн. журн., 1890, т. 4, № 3, с. 272—327.

<sup>48</sup> Шредер И. Об изменении теплоемкости этилового спирта при растворении в жидкостях углеводородного типа. — ЖРФХО. Ч. хим., 1908, т. 40, с. 1—10.

Важные в практическом отношении физико-химические исследования выполнил в первые десятилетия XX в. профессор Петербургского политехнического института П. П. Федотьев<sup>49</sup> — основоположник отечественной школы в области электрохимии и электрометаллургии цветных металлов. «Все его работы, — отмечал Б. Н. Меншуткин, — являются по существу приложением науки к технике, разработкою промышленных процессов с точки зрения теоретических положений физической химии — или созданием новых производств на твердой почве научных достижений»<sup>50</sup>.

П. П. Федотьеву совместно с учениками (Н. Н. Воронин, В. П. Ильинский и многие другие) принадлежит разработка физико-химической теории производства магния и алюминия электролизом расплавленного карналлита и криолитно-глиноземных расплавов<sup>51</sup>.

Исследования в этом направлении завершились организацией производства отечественного магния и алюминия. 27 марта 1929 г. на заводе «Красный выборжец» были получены первые 8 кг алюминия из глинозема тихвинских бокситов.

### Глава 13

## ИССЛЕДОВАНИЯ Н. А. МЕНШУТКИНА ПО ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКЕ

В результате многих причин, о которых мы уже говорили, в 1870–1880-х годах в химии все большее значение приобретают исследования, посвященные изучению химического процесса. Среди этих работ центральное место заняло изучение *скорости* химических реакций. Одним из первых русских химиков, кто провел систематические исследования в этой области, был Н. А. Меншуткин.

<sup>49</sup> Павел Павлович Федотьев (1864–1934), окончил химическое отделение Петербургского технологического института (1888). В 1888–1902 гг. работал на химических предприятиях. В 1903–1904 гг. находился в Лейпциге в Физико-химическом институте В. Оствальда, где выполнил исследование «Аммиачно-содовый процесс с точки зрения учения о фазах» (Изв. Петерб. политехн. ин-та, 1904, т. 1, вып. 3/4, с. 281–334). В 1904–1934 гг. — профессор Петербургского (Ленинградского) политехнического института. В 1933 г. избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

О жизни и деятельности П. П. Федотьева см.: *Беллев А. И., Павлова О. И.* Павел Павлович Федотьев М.: Металлургия, 1965. 94 с.

<sup>50</sup> *Меншуткин Б. Н.* Памяти профессора П. П. Федотьева. — Природа, 1934, № 5, с. 91.

<sup>51</sup> См.: *Федотьев П. П.* Сборник исследовательских работ. Л.: Химтеорет, 1936. 273 с.

## ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ СТРОЕНИЯ

Начало систематических исследований Н. А. Меншуткина<sup>1</sup> по химической кинетике относится к 1877 г., когда он приступил к изучению влияния изомерии спиртов и органических кислот на скорость и предел этерификации<sup>2</sup>. Меншуткин показал, что по этерификационным данным можно судить о строении соединений, например скорость реакции, как правило, увеличивается при переходе от соединений с открытой цепью к алициклическим соединениям с тем же числом атомов углерода, но при переходе к ароматическим соединениям скорость резко падает. Удлинение цепи и разветвление ее, как это было показано на примере соединений с разными функциональными группами, оказывают одинаковое влияние. Так, при переходе от метилового спирта к его гомологам происходит снижение скорости этерификации — сначала резкое, а затем постепенное. При переходе от первичных спиртов к вторичным и далее — к третичным наблюдается резкое уменьшение скорости этерификации. Уменьшение скорости Меншуткин объясняет

<sup>1</sup> Николай Александрович Меншуткин (1842—1907), окончил Петербургский университет (1862). В 1863—1865 гг. за границей завершил химическое образование. После защиты магистерской диссертации (1866) получил звание приват-доцента, а после защиты докторской диссертации «Синтез и свойства уреидов» (1869) избирается экстраординарным (1869), а затем ординарным (1876) профессором по кафедре технической химии Петербургского университета. С 1891 г. — заведующий кафедрой органической химии. В 1901 г. возглавил в качестве декана металлургическое отделение Петербургского политехнического института. Принимал активное участие в постройке новой химической лаборатории Петербургского университета. Еще 21 октября 1884 г. Д. И. Менделеев составил записку, в которой обосновывалась необходимость «устройства особого здания химической лаборатории при С.-Петербургском университете» и излагались «соображения о месте и способах его возведения». Однако возможность приступить к строительству новой химической лаборатории появилась лишь в 1890 г. После Менделеева, вынужденного покинуть университет, Меншуткин возглавил работу, связанную с постройкой новой лаборатории, 16 октября 1894 г. состоялось открытие новой лаборатории, на котором ученый выступил с яркой речью: «Приступая к преподаванию в этом дворце химии, мы приложим всю силу нашего разума, чтобы наполнить его живым словом науки и сделать достойным великих традиций нашей лаборатории, завещанных нам славною деятельностью Менделеева и Бутлерова» (*Меншуткин Н. А. Новая лаборатория С.-Петербургского университета.* — *ЖРФХО*, 1894, т. 26, вып. 8, с. 411).

О жизни и деятельности Н. А. Меншуткина см.: *Старосельский П. И., Соловьев Ю. И.* Николай Александрович Меншуткин. М.: Наука, 1969. 294 с. (Серия НБЛ).

<sup>2</sup> 7 января 1882 г. Н. А. Меншуткину была присуждена премия Н. Н. Соколова за изучение влияния изомерии спиртов и органических кислот на скорость образования сложных эфиров.



*Николай Александрович Меншуткин*

замещением в реагирующих веществах водорода на гидроксил или галоген, а также введением кратной связи. Аналогичные выводы были сделаны и в отношении аминов, причем Меншуткин обнаружил увеличение скорости реакции при переходе от первичных аминов к третичным. Для ароматических соединений он изучил влияние на скорость реакции местонахождения заместителей в ядре по отношению к реагирующим атомам или группам.

О значении работ Н. А. Меншуткина в изучении строения органических соединений А. М. Бутлеров в 1883 г. писал: «Круг исследований профессора Меншуткина чрезвычайно обширен; он захватывает множество разнообразных веществ кислотных и спиртовых, как предельных, так и непредельных, как жирных, так и ароматических, как одноатомных, так и многоатомных. Полученные результаты... дали г. Меншуткину возможность установить общие выводы относительно зависимости между ходом этерификации и ближайшей натурой действующих веществ, т. е. их составом и строением <...>

Изучение этерификационных данных является важным пособием для определения изомерии спиртов и кислот, т. е. дает возможность судить о строении этих веществ. Этому способу определения строения принадлежит отныне видное место в нашей науке»<sup>3</sup>.

Отмечая в «Основах химии» работы Н. А. Меншуткина, Д. И. Менделеев писал: «...изучение эфиризации доставило для химической механики драгоценнейшие и яснейшие данные, прямо подтверждающие два основных положения Бертолле: влияние массы и предел взаимодействия, т. е. равновесие между обратимыми реакциями»<sup>4</sup>.

Я. Вант-Гофф, тщательно проанализировав данные работ Н. А. Меншуткина, высказал некоторые критические замечания. Он отметил, что кинетический показатель реакционной способности органических соединений («начальная скорость») выбран неудачно: он изменяется «с температурой и объемом, и при этом неизвестно, каким именно образом»<sup>5</sup>. Изучение скорости реакции в произвольно выбранный отрезок времени, как показали последующие исследования, не может дать достаточно надежной и полной кинетической характеристики для органических соединений. Но критическое замечание, сделанное Вант-Гоффом, не помешало ему отметить, что он «далек от того, чтобы недооценивать работы Меншуткина», которые «представляют собой весьма большой интерес»<sup>6</sup>.

В 1884 г. Я. Вант-Гофф предложил в качестве меры реакционной способности органических соединений новую кинетическую величину — *константу скорости реакции*. Эта величина, характеризующая скорость превращения при одномолярных концентрациях реагирующих веществ, связана с температурой реакции и почти совсем не зависит от объема реакционной среды.

В конце XIX в. константа скорости как количественный показатель реакционной способности органических соединений стала важнейшей кинетической характеристикой. В связи с этим возникла задача определения констант скоростей уже изученных химических процессов и проверки найденных ранее закономерностей. Одним из первых, кто предпринимал такую проверку, был Н. А. Меншуткин<sup>7</sup>.

Новый цикл работ Н. А. Меншуткина обратил на себя внимание европейских ученых. «Второй ряд исследований того же автора (Н. А. Меншуткина. — Ю. С.), — писал Я. Вант-Гофф, — относится к более простому ходу этерификации (...) Меншуткину удалось уstra-

<sup>3</sup> Цит. по: А. М. Бутлеров. Научная и педагогическая деятельность. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 272.

<sup>4</sup> Менделеев Д. И. Основы химии. 5-е изд. СПб., 1889, с. 320.

<sup>5</sup> Вант-Гофф Я. Г. Очерки по химической динамике. Л.: ОНТИ—Химтеорет, 1936, с. 36.

<sup>6</sup> Там же.

<sup>7</sup> См.: Меншуткин Н. Образование сложных эфиров действием ангидридов кислот на спирты. — ЖРФХО, 1886, т. 18, вып. 7, с. 355.

нить... затруднения при изучении скоростей этерификации спиртов»<sup>8</sup>.

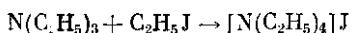
Последующие исследования, проведенные П. И. Петренко-Критченко<sup>9</sup>, показали, что «положение Меншуткина о том, что наибольшей скоростью этерификации отличаются первичные спирты, не совсем справедливо. Оно действительно только для этерификации спиртов слабыми кислотами. Общее правило для всех химических процессов, включая и область этерификации, можно сформулировать так: соотношения (скоростей реакций.— Ю. С.) определяются не свойствами отдельных компонентов, а свойствами всех компонентов, участвующих в химическом процессе»<sup>10</sup>.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТВОРИТЕЛЯ НА СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

Первые данные, свидетельствующие о влиянии среды на скорость химических реакций, были опубликованы Я. Г. Вант-Гоффом в 1884 г.<sup>11</sup> Но первым, кто впервые в широком масштабе изучил влияние индифферентных растворителей на скорость химических реакций, был Н. А. Меншуткин. В 1887 г. при исследовании взаимодействия спиртов и уксусного ангидрида он поставил перед собой вопрос, «не оказывают ли так называемые индифферентные растворители влияния на скорость изучаемой реакции?»

Экспериментальные данные, полученные Н. А. Меншуткиным, убедительно показали, что индифферентные растворители существенно влияют на скорость реакции. «Для одной и той же реакции, как оказывается, скорость... может меняться, и в очень широких пределах, оттого, будет ли реакция введена в том или другом индифферентном растворителе. Влияние среды, в которой совершается реакция, хотя бы эта среда и была, как принято называть, химически индифферентна, оказывается огромным; нельзя... отделить химическое воздействие от среды, в которой оно протекает»<sup>12</sup>.

На примере реакции взаимодействия триэтиламина и подистого этила



Н. А. Меншуткин показал, что эта реакция в бензиловом спирте идет в 742 (!) раза быстрее, чем в гексане.

Исследования Н. А. Меншуткина, связанные с изучением влияния среды на скорость химической реакции, были встречены с

<sup>8</sup> Вант-Гофф Я. Г. Зависимости между физическими и химическими свойствами и составом. СПб., 1903, с. 139—140.

<sup>9</sup> Подробнее см. в главе 24 настоящей книги.

<sup>10</sup> Цит. по кн.: Старосельский П. И., Соловьев Ю. И. Указ. соч., с. 149.

<sup>11</sup> Вант-Гофф Я. Г. Очерки по химической динамике, с. 57.

<sup>12</sup> Меншуткин Н. О скоростях образования уксусных эфиров одноатомных спиртов.— ЖРФХО, 1887, т. 19, вып. 9, с. 642.

большим интересом как отечественными, так и иностранными учеными. Известный немецкий физико-химик В. Нернст в своем руководстве «Теоретическая химия с точки зрения закона Авогадро и термодинамики» отметил: «По многим причинам очень интересный вопрос о зависимости скорости реакции, идущей в растворе, от природы растворителя, был впервые подробно изучен Н. Меншуткиным»<sup>13</sup>.

Последний цикл работ Н. А. Меншуткина по химической кинетике был посвящен изучению влияния боковых цепей и циклического строения на скорость химического взаимодействия органических соединений. Подробно рассматривая явление орто-эффекта, Меншуткин пришел к выводу, что боковые цепи в орто- и диорто-положении сильно понижают константы скорости в цепях — открытых и замкнутых, углеродных и гетероатомных.

Н. А. Меншуткин, посвятив тридцать лет своей жизни кинетическим исследованиям, выполнил в этой области около сорока научных работ. Приступив в 1877 г. к систематическим исследованиям по существу в новой области, он своим примером убедил многих химиков в плодотворности избранного им направления. Привлечение внимания ученых к вопросам химической кинетики не являлось, конечно, результатом научной деятельности только Н. А. Меншуткина, но он был одним из зачинателей этих исследований, и в этом его большая историческая заслуга.

Установленные Н. А. Меншуткиным структурно-кинетические закономерности стали достоянием мировой науки и вошли во многие учебники и монографии (Я. Вант-Гоффа, В. Оствальда, В. Нернста). В 1904 г. за работы по химической кинетике Петербургская Академия наук присудила Меншуткину Ломоносовскую премию. Высокую оценку исследованиям Меншуткина в области химической кинетики дал академик П. И. Вальден.

«В качестве пионера, — писал П. И. Вальден, — он самостоятельно создал как предмет, так и метод своих экспериментальных исследований; обработанная им область — органическая химия, метод — физический, цель — определение строения тел динамическими способами, а именно по скорости реакции их с другими соединениями. Являясь одним из важнейших исследователей химической динамики, Меншуткин должен считаться одним из реформаторов органической химии: он расширил цели последней, поставив на место препаративной органической химии — измерительную и количественную»<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> Нернст В. Теоретическая химия с точки зрения закона Авогадро и термодинамики. СПб., 1904, с. 470.

<sup>14</sup> Вальден П. И. Очерк истории химии в России. — В кн.: Ладенбург А. Лекции по истории развития химии от Лавуазье до нашего времени. Одесса: Матезис, 1917, с. 638.



## ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ОБРАТИМЫХ РЕАКЦИЙ

В 1896 г. В. А. Кистяковский представил в Петербургский университет магистерскую диссертацию «Химическое превращение в однородной среде при постоянной температуре». На основании большого экспериментального материала Кистяковский пришел к выводу, что пропорциональность между скоростью химической реакции и концентрациями реагирующих веществ наблюдается не всегда и что отклонения от этого закона должны привести к детальному изучению «молекулярного строения вещества». Кистяковский показал, что «эти отступления чаще всего наблюдаются для электролитов... и могут быть в большинстве случаев объяснены теорией электролитической диссоциации Аррениуса»<sup>15</sup>.

В. А. Кистяковский показал также, что в большинстве случаев кинетическое уравнение сложного процесса (особенно для автокатализа) представляет один из частных случаев общего уравнения вида

$$dx/dt = A + Bx + Cx^2. \quad (1)$$

Впервые применительно к реакциям типа  $A \rightleftharpoons B$  он дал уравнение

$$dx/dt = k_1(a - x) - k_2x, \quad (2)$$

где  $a$  — начальная концентрация;  $k_1$ ,  $k_2$  — константы скоростей реакций  $A \rightarrow B$  и  $B \rightarrow A$ .

По словам В. Нернста, справедливость уравнения (2) «была подтверждена В. Кистяковским на большом числе опытов, причем, что особенно важно, оказалось, что сумма  $k_1 + k_2$  имеет одно и то же значение, исследуется ли образование сложного эфира или же — его распадение»<sup>16</sup>.

Закон «независимого течения» реакций В. А. Кистяковский взял в основу классификации различных химических процессов, состоящих из одновременно протекающих отдельных реакций или «противоположного» направления (случай этерификации), или «параллельного» (действие одного вещества на несколько веществ), или «последовательного» (действие одного вещества, последовательно замещающего атомы другого вещества, например хлорирование углеводородов, последовательное образование первичных, вторичных и третичных аминов — реакция Гофмана и др.)<sup>17</sup>. В диссертации приведены также опытные данные о каталитическом влиянии кислот на скорость этерификации, об изменении констант с изменением состава спирто-водной смеси, а также дан большой критический обзор литературы, посвященной изучению скоростей химических реакций.

<sup>15</sup> Кистяковский В. Химическое превращение в однородной среде при постоянной температуре. СПб., 1896, с. 120.

<sup>16</sup> Нернст В. Указ. соч., с. 466.

<sup>17</sup> Более подробный анализ работы В. А. Кистяковского дан в ст.: Родный П. И. Развитие химической кинетики в России. — В кн.: Очерки по истории химии. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 99—167.

## Глава 14

ИССЛЕДОВАНИЯ Л. А. ЧУГАЕВА  
ПО ХИМИИ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

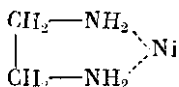
После создания координационной теории А. Вернером значительно возрос интерес к изучению химии комплексных соединений. Среди тех русских химиков, которые внесли существенный вклад в разработку этой области химии, был Л. А. Чугаев<sup>1</sup>.

«...изучение комплексных соединений... заслуживает большого интереса,— писал Л. А. Чугаев,— ибо в этих соединениях минеральная химия как бы сближается с химией органической»<sup>2</sup>.

В 1905 г. Л. А. Чугаев опубликовал работу, в которой отмечал, что «образование соединения никеля с диметилглиоксимом является весьма характерной и чувствительной реакцией на никель»<sup>3</sup>.

В 1906 г. Л. А. Чугаев опубликовал докторскую диссертацию «Исследования в области комплексных соединений», которая заняла видное место в истории изучения химии комплексных соединений. Она обогатила координационную химию новыми экспериментальными данными, полученными при изучении комплексных соединений.

Л. А. Чугаев получил комплексные соединения, образованные диметилглиоксимом (а также другими 1,2-диоксимами) с медью и металлами VIII группы — железом, кобальтом, никелем, платиной и палладием. Он впервые показал, что образование пятичленного цикла



объясняет устойчивость комплексных соединений данного типа.

В дальнейшем Л. А. Чугаев синтезировал и изучил новые комплексные соединения, на примере которых он обосновал открытую

<sup>1</sup> Лев Александрович Чугаев (1873—1922), окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета (1895). Ученик Н. Д. Зелинского. В 1896—1904 гг. работал в Бактериологическом институте в Москве. В 1903 г. защитил магистерскую диссертацию «Исследования в области терпенов и камфоры», в которой описал открытый им в 1899 г. ксантогеновый метод получения непредельных малостойких углеводов из группы терпенов. Метод заключался в превращении спиртов в углеводороды через ксантогеновые эфиры. В 1904—1908 гг. — профессор Московского технического училища. С 1908 г. — заведующий кафедрой неорганической химии Петербургского университета.

О жизни и деятельности Л. А. Чугаева см.: Звягинцев О. Е., Соловьев Ю. И., Старосельский П. И. Лев Александрович Чугаев. М.: Наука, 1965. 198 с. (Серия НБЛ).

<sup>2</sup> Чугаев Л. А. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1954, т. 1, с. 485.

<sup>3</sup> Чугаев Л. А. О металлических соединениях α-диоксимонов. — ЖРФХО, 1905, т. 37, вып. 2, с. 243.



*Лев Александрович Чугаев*

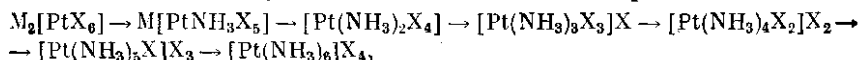
им закономерность о влиянии циклической группировки на прочность комплексов.

В 1910 г. Л. А. Чугаев опубликовал работу «О химическом строении комплексных соединений», в которой подробно рассмотрел основные положения координационной теории. «То, что уже добыто в науке при содействии и под влиянием теории Вернера, по нашему мнению, обеспечивает за ней право считаться одним из крупнейших завоеваний, сделанных за последнее время в области минеральной химии»<sup>4</sup>. Это «завоевание» Чугаев стремился укрепить и подтвердить новыми исследованиями.

Несмотря на все достижения координационной теории, противники взглядов А. Вернера продолжали утверждать, что его теория неполноценна, так как теория предвидела возможность существования соединений, которые не удавалось получить. В их числе были соединения пентаминного ряда аммиачных соединений четырехвалентной платины.

<sup>4</sup> Чугаев Л. А. Избр. тр., т. 1, с. 317.

В ряду соединений, образующихся последовательным замещением в комплексном соединении  $M_2[PtX_6]$  однозарядного кислотного аниона  $X$  молекулой аммиака ( $M$  — однозарядный катион):



отсутствовал предпоследний член  $[Pt(NH_3)_5X]X_3$ . Все попытки синтезировать это комплексное соединение не увенчались успехом. В этом некоторые исследователи видели серьезный аргумент против теории Вернера. Но в 1915 г. Л. А. Чугаев и Н. А. Владимиров сообщили, что им удалось синтезировать соединения хлоропентамминового ряда  $[Pt(NH_3)_5Cl]X_3$ , в том числе  $[Pt(NH_3)_5Cl]Cl_3$ . Таким образом, «брешь» в переходном ряду соединений четырехвалентной платины  $K_2[PtCl_6] \rightarrow [Pt(NH_3)_6]Cl_4$  была заполнена<sup>5</sup>. Так еще раз была продемонстрирована справедливость заключений, сделанных на основе координационной теории.

В период обоснования своей координационной теории А. Вернер полностью отверг возможность использования теории химического строения, а следовательно, и учения о взаимном влиянии атомов в химии комплексных соединений. Но уже в более поздних работах он указывал на важность идеи взаимного влияния атомов и групп, входящих в состав комплексного соединения. Он отчетливо понимал, что вопрос о реакционной способности комплексного соединения будет решен только в том случае, когда его теория обогатится представлениями о влиянии одних координированных групп на реакционную способность и свойства других групп. У Вернера было научное «предчувствие», что изучение этой проблемы — большая программа для новых исследований. Однако ученый, увлеченный изучением различных видов изомерии комплексных соединений, не успел приступить к детальному исследованию этого вопроса.

К решению этой проблемы из современников А. Вернера ближе всех подошел Л. А. Чугаев, в трудах которого органически переплетаются теория химического строения и координационная теория<sup>6</sup>.

Л. А. Чугаев был активным сторонником учения А. М. Бутлерова о взаимном влиянии атомов в молекуле. Ему хорошо была известна точка зрения основателя теории химического строения, что «элементарные атомы, находящиеся внутри молекулы, могут взаимно влиять на химический характер друг друга, не будучи при этом соединены непосредственно»<sup>7</sup>.

<sup>5</sup> В 1925 г. по решению IV Менделеевского съезда по чистой и прикладной химии комплексные соединения платины пентамминового ряда стали называться солями Чугаева.

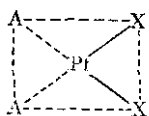
<sup>6</sup> См.: Чугаев Л. А. Структурно- и стереохимические представления в области неорганической химии. — В кн.: Чугаев Л. А. Избранные труды, М.: Изд-во АН СССР, 1962, т. 3, с. 283—312.

<sup>7</sup> Бутлеров А. М. Соч. М.: Изд-во АН СССР, 1953, т. 1, с. 113.

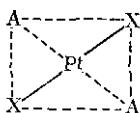
Утверждение А. М. Бутлерова, что «понятие о химическом строении может быть прилагаемо всюду там, где прилагается строго понятие об определенной химической частице вещества»<sup>8</sup>, также было известно Л. А. Чугаеву.

Главное направление в развитии координационной теории Л. А. Чугаев видел в глубоком изучении реакционной способности различных внутрисферных заместителей, проявлением которой являются различные эффекты взаимного влияния атомов и групп.

В 1915–1916 гг. Л. А. Чугаев высказал некоторые положения, которые предвосхитили открытие и объяснение закономерности трансвлияния. В одной из рабочих тетрадей Л. А. Чугаева обнаружена запись о различном поведении изомерных диаминов двухвалентной платины:



цис



транс

Чугаев пытался объяснить различную реакционную способность молекул А в *цис*- и *транс*-соединениях. «Может быть,— писал он,— это объяснить с точки зрения координационной теории так, что в *транс*-модификации каждый А находится под влиянием сразу двух прилегающих Х, а в *цис*-модификации — под влиянием лишь одного...»<sup>9</sup>.

Л. А. Чугаев впервые поставил прочность связи и химическую активность лиганда в зависимость от влияния прилегающих лигандов.

В 1916 г. Л. А. Чугаев и С. С. Кильтынович опубликовали работу, посвященную изучению комплексных аммиачных соединений нитрита платины, отвечающих общей формуле  $\text{Pt}(\text{NO}_2)_2 \cdot n\text{NH}_3$ . «... До сего времени,— писали они,— сравнительно полные и точные сведения имеются лишь о ряде соединений двуххлористой платины  $\text{PtCl}_2 \cdot n\text{NH}_3$  <...> Наоборот, соединения аналогичного состава с другими кислотными остатками ... исследованы крайне неполно. Почти отсутствуют данные относительно условий перехода одних соединений в другие, перехода, связанного как со взаимным замещением различных кислотных остатков, так и с изменением числа частиц  $\text{NH}_3$  в комплексной молекуле. Между тем, изучение такого рода превращений представляет большой интерес, ибо обещает дать ценные результаты для характеристики комплексных соединений, прежде всего с точки зрения их структуры...»<sup>10</sup>. Авторы поставили

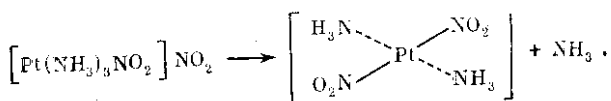
<sup>8</sup> Там же, с. 385.

<sup>9</sup> Цит. по кн.: Звягинцев О. Е., Соловьев Ю. П., Старосельский П. И. Указ. соч., с. 97.

<sup>10</sup> Чугаев Л. А. Избр. тр., т. 1, с. 531.

перед собой задачу прежде всего дать полную химическую характеристику *цис*- и *транс*-изомерам динитродиаминоплатины  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_2]$  и установить взаимную связь между ними и другими изомерами общего состава  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{X}_2]$  (X — кислотный остаток).

Одна из характерных особенностей нитрита платонитротриаммин  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{NO}_2]\text{NO}_2$  заключается в его нестойкости — при сравнительно умеренном нагревании отщепляется одна молекула аммиака, в результате чего образуется *транс*-динитродиаминоплатина:



Следовательно, можно осуществить изомеризацию *цис*-динитродиаминоплатины в *транс*-модификацию последовательным присоединением и отщеплением молекулы аммиака. «Поразительная легкость, с которой происходит отщепление  $\text{NH}_3$  из соединения  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{NO}_2]\text{NO}_2$ , — указывали авторы, — становится понятной с точки зрения координационной теории Вернера, если в то же время принять во внимание резко выраженную тенденцию нитритной группы к наступлению в непосредственное сочетание с атомом платины. Эта тенденция и является той движущей причиной, которая обуславливает столь легко идущее внедрение  $\text{NO}_2$ -группы во внутреннюю сферу, сопровождаемое вытеснением молекулы аммиака»<sup>11</sup>. «Систематическое исследование подобного рода явления...бесспорно, представляет большой интерес для выяснения химической природы комплексных соединений»<sup>12</sup>. Здесь уже отчетливо вырисовывается представление Л. А. Чугаева о существовании какой-то взаимозависимости лигандов, расположенных в *транс*-положении друг к другу.

Исследования, посвященные изучению гидроксиламиновых соединений платины, получили дальнейшее развитие в работах ученика Л. А. Чугаева И. И. Черняева (1893–1966), открывшего в 1926–1927 гг. закономерность трансвлияния.

Исследования Л. А. Чугаева и его учеников в области химии платиновых металлов имели большое теоретическое и практическое значение. Они легли в основу методов промышленного получения платины, родия, иридия, осмия и рутения. К 1929 г. наша промышленность стала получать все металлы платиновой группы.

<sup>11</sup> Там же, с. 541. Л. А. Чугаев и С. С. Кильтынович особо подчеркивали, что связь между выделяющейся молекулой  $\text{NH}_3$  и атомом платины очень непрочная.

<sup>12</sup> Там же, с. 542.

Глава 15

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. ИССЛЕДОВАНИЯ Н. С. КУРНАКОВА И ЕГО ШКОЛЫ

На рубеже XIX и XX столетий в петербургском научном центре формируется новое научное направление — физико-химический анализ. Это направление возникло на почве практических запросов, связанных главным образом с изучением металлических сплавов. Столь нужные для техники и промышленности, сплавы оставались долгое время малоизученным объектом. До конца XIX в. наука не располагала методами для их исследования. Обычные химические приемы изучения вещества оказались бессильными перед таким сложным объектом, как металлические сплавы.

Предстояло разработать методику и создать необходимые условия для организации исследований в области металлических сплавов. 17 ноября 1899 г. Н. С. Курнаков<sup>1</sup> выступил на заседании химического отделения Русского технического общества с докладом «Об учреждении металлографической комиссии для исследования сплавов при Русском техническом обществе», в котором отметил, что исследование металлов и сплавов привлекло в конце XIX в. особое внимание как теоретиков, так и практиков, потому что «гражданская и военная техника, при своем постоянном движении вперед, непрерывно изобретает новые металлические комбинации и предлагает запросы относительно ближайшего определения их свойств»<sup>2</sup>. Курнаков призывал русских металлографов к «единению на новом и девственном поле, которое открывается для научного и технического исследования в области металлических сплавов»<sup>3</sup>, и выразил в следующих словах главные задачи изучения металли-

<sup>1</sup> Николай Семенович Курнаков (1860—1941), окончил Горный институт в Петербурге (1882). С 1893 г. — профессор этого института по кафедре неорганической химии. В 1899—1908 гг. — профессор физической химии Электротехнического института в Петербурге. В 1902—1930 гг. — профессор общей химии Петербургского (Ленинградского) политехнического института. С 1913 г. — действительный член Академии наук СССР. По инициативе Курнакова в 1918 г. создан Институт физико-химического анализа, преобразованный в 1934 г. в Институт общей и неорганической химии АН СССР (с 1944 г. — имени Н. С. Курнакова). Н. С. Курнаков воспитал большую школу химиков и металлургов (С. Ф. Жемчужный, Н. Н. Ефремов, Н. И. Степанов, Г. Г. Уразов и др.).

О жизни и деятельности Н. С. Курнакова см.: Соловьев Ю. И., Звягинцев О. Е. Николай Семенович Курнаков. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 207 с.; Соловьев Ю. И. Николай Семенович Курнаков: 1860—1941. М.: Наука, 1986. (Серия НБЛ). (В печати).

<sup>2</sup> Курнаков Н. С. Об учреждении металлографической комиссии для исследования сплавов при Русском техническом обществе. — Зап. имп. Рус. техн. о-ва, 1900, № 1, с. 1 (отд. пар.).

<sup>3</sup> Там же, с. 3.



*Николай Семенович Курнаков*

ческих сплавов: «1) научное самостоятельное исследование физико-химических свойств металлических сплавов (курсив наш.— Ю. С.); 2) ознакомление своих сочленов и русских техников вообще с литературою по сплавам путем устройства сообщений, бесед, издания оригинальных и переводных сочинений»<sup>4</sup>.

Металлографическая комиссия сыграла большую роль в организации научных сил для изучения металлических сплавов. Особенно много сделал в этом направлении заместитель председателя комиссии Н. С. Курнаков.

Широкие возможности для нового направления исследований в области сплавов открылись в 1902 г., когда Н. С. Курнаков возглавил кафедру общей химии в Петербургском политехническом институте. В просторном химическом павильоне этого института под руководством Курнакова была организована лаборатория общей химии, в которой были созданы три отдела: термического анализа и

<sup>4</sup> Там же, с. 4.



металлографии, электрических измерений и калориметрии, физических измерений и микрофотографии.

Для последующего развития металлографии и физико-химического анализа большое значение имела работа Н. С. Курнакова «Нахождение состава определенных соединений в сплавах по методу плавкости» (1900), в которой было показано, что для исследования природы металлических сплавов особенно важное значение имеют два способа: изучение микроструктуры<sup>5</sup> и измерение температур плавления<sup>6</sup>, которые как бы взаимно дополняют друг друга. Если при помощи микроскопа можно получить качественные характеристики структуры металлических сплавов, то исследование плавкости дает возможность судить не только о температурных пределах существования этих веществ, но и об их количественном составе.

Изучение кривых плавкости уже в самом начале XX в. выросло в самостоятельный метод научного исследования, получивший название термического анализа<sup>7</sup>.

Методика термического анализа, и главным образом техника его выполнения, в начале XX в. была разработана слабо. Несмотря на то что уже к этому времени существовали приборы для измерения высоких температур, выполнение исследовательских работ с помощью этих приборов представляло значительные трудности. Для количественной характеристики тепловых превращений, регистрации самых тонких различий в тепловом состоянии системы и наглядного изображения температурных изменений нужен был более точный и удобный в экспериментальном отношении регистрирующий пирометр. В 1904 г. Н. С. Курнаков изобрел очень удобный, компактный и простой прибор — самопишущий пирометр. В применявшемся до этого приборе Робертс-Аустена светочувствительная бумага, на которой фиксировались положения зайчика от зеркального гальванометра, присоединенного к термопаре, двигалась вертикально. Применение Курнаковым барабана, на который накладывается светочувствительная бумага, дало возможность упростить работу. Кроме того, меняя скорость барабана при помощи замены шестерен, можно записывать кривые нагревания и охлаждения при разных условиях опыта.

Прибор Курнакова нашел в нашей стране широкое применение для термического анализа самых различных сложных систем.

<sup>5</sup> Метод микроскопического исследования структуры нашел впервые применение (1831) в металлографии благодаря трудам П. П. Аносова (1797—1851). Этот метод оказался весьма ценным в научном и практическом отношении при изучении металлических сплавов. Он нашел также широкое применение в изучении силикатов, а также в петрографии и галографии.

<sup>6</sup> В 1887 г. французский физико-химик А. Ле Шателье изобрел термопару из платины и сплава платины с 10% родия, с помощью которой стало возможным точное измерение высоких температур.

<sup>7</sup> Название «термический анализ» впервые ввел Г. Тамман в 1905 г. (О работах Таммана см. раздел «Физико-химические исследования Г. Таммана и его учеников» в главе 21 настоящей книги.)

Развитие учения о гетерогенном равновесии потребовало новых методов исследования, так как в большинстве случаев для характеристики взаимодействия компонентов системы нельзя было ограничиваться данными одного метода, а требовалась их совокупность. Последнее обстоятельство имело особенное значение для правильной оценки обширного класса твердых растворов.

В 1906 г. Н. С. Курнаков совместно со своим ближайшим учеником и помощником С. Ф. Жемчужным<sup>9</sup> опубликовал работу «О сплавах меди с никелем и золотом. Электропроводность твердых металлических растворов». В ней авторы впервые обратили внимание на то, что «наблюдения над электропроводностью представляют новое средство для изучения природы твердых металлических растворов. Во многих случаях этот метод обладает большою чувствительностью и открывает обширное поле для дальнейших экспериментальных исследований»<sup>9</sup>. Авторы показали, что при образовании твердых растворов двух металлов происходит понижение электропроводности. Были установлены основные типы диаграмм состав—электропроводность для систем, в состав которых входят металлы, способные давать твердые растворы. Кроме большого теоретического значения, данная работа имела и важное практическое значение. Исследование важнейших технических сплавов высокого электросопротивления — константана, нихрома — привело к созданию в нашей стране заводского производства этих сплавов, бывших ранее предметом импорта.

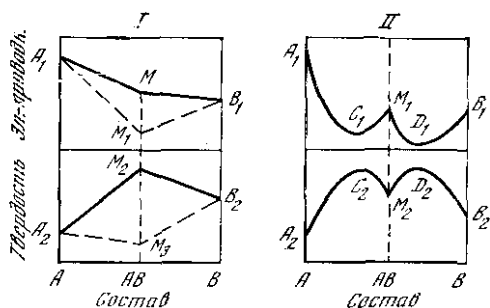
После работ Н. С. Курнакова метод электропроводности, а вслед за ним метод измерения термического коэффициента электропроводности были прочно введены в практику металлографических исследований.

Расширяя методы исследования сплавов, Н. С. Курнаков обращается к изучению механических свойств сплавов. В 1908 г. он, совместно с С. Ф. Жемчужным, опубликовал работу «Твердость металлических твердых растворов и определенных химических соединений»<sup>10</sup>, в которой изложены результаты исследования методом измерения твердости (по Бринелю) и давления истечения различных сплавов. Измерение твердости явилось одним из наиболее чувствительных методов для выявления твердых растворов в системах. Образование последних сопровождается увеличением твердости и обуславливает появление максимума на соответствующих кривых. Большое значение приобрел метод измерения твердости и для

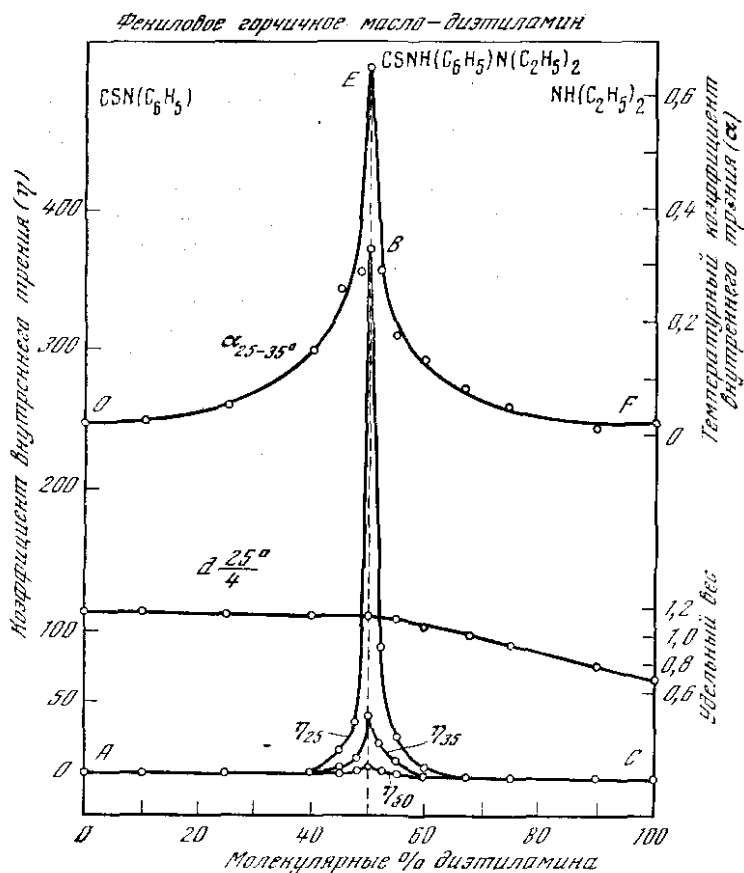
<sup>9</sup> Сергей Федорович Жемчужный (1873—1929), окончил Московский университет (1895) и Горный институт (1900). С 1901 г. работал в лаборатории общей химии Петербургского политехнического института, где под руководством Н. С. Курнакова выполнил серию исследований по металлическим сплавам и руководил дипломными работами студентов Института. С 1915 г. — старший химик Химической лаборатории Академии наук, а с 1919 г. — сотрудник Института физико-химического анализа.

<sup>10</sup> Курнаков Н. С. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 2, с. 152.

<sup>10</sup> Там же, с. 36—58.



Типы диаграмм состав—твердость и состав—электропроводность для определенного соединения с неизменным составом твердой фазы (I) и непрерывных твердых растворов соединения со своими компонентами (II)



Сингулярная точка для системы фениловое горчичное масло—диэтиламин (Курнаков, Жемчужный, 1912 г.)

установления образования определенных соединений в сплавах. Авторами было также найдено, что в случае отсутствия твердых растворов, т. е. когда выделяются компоненты в чистом состоянии, диаграмма твердости принимает простейший вид — прямой линии.

В 1908 г. Н. С. Курнаковым и С. Ф. Жемчужным были определены основные типы диаграмм, комбинации которых исчерпывают всевозможные случаи изменения твердости двойных систем.

В 1909 г. в своей новой работе «Электропроводность и давление истечения изоморфных смесей свинца с индием и таллием»<sup>11</sup> Н. С. Курнаков и С. Ф. Жемчужный отмечали, что между твердостью и величиной пластических деформаций существует несомненная связь. Они провели исследования в той области давлений, при которых совершается истечение твердых тел. На основании полученных результатов авторы пришли к заключению, что измерение давлений истечения можно рассматривать как новый способ изучения твердости пластических веществ. Давление истечения, измеренное при определенных условиях, представляло одну из важных величин для характеристики пластичности вещества. Курнаков и Жемчужный разработали методику определения давления истечения и установили основные типы диаграмм состав—давление истечения. Для исследования превращений в твердых системах метод, основанный на измерении давления истечения, наряду с методом измерения твердости, оказался одним из самых чувствительных.

Непосредственно к этим исследованиям примыкают работы Н. С. Курнакова и сотрудников по изучению внутреннего трения (вязкости) двойных систем, включающих преимущественно органические вещества. Эти исследования привели к установлению сингулярных точек на диаграммах «состав—свойство»<sup>12</sup>.

В 1912 г. Н. С. Курнаков совместно с С. Ф. Жемчужным опубликовал свою классическую работу «Внутреннее трение двойных систем. Характеристика определенного соединения». В ней был подведен итог тем результатам, которые были получены при изучении металлических и других систем. «Открытые недавно соотношения между химическим составом и целым рядом физических свойств, например электропроводностью, термоэлектрической силой, твердостью,— писали авторы,— позволяют определять такие тонкие различия в состоянии изучаемых тел, которые были совершенно недоступны для обычно применявшихся приемов химического исследования»<sup>13</sup>.

Многочисленные экспериментальные данные, полученные Н. С. Курнаковым совместно с учениками, все больше убеждали его, что совокупность различных физических методов исследования

<sup>11</sup> Там же, с. 476—498.

<sup>12</sup> Сингулярная точка — это точка на физико-химической диаграмме «состав — свойство», соответствующая отношению количеств компонентов в образующемся в системе недиссоциированном химическом соединении.

<sup>13</sup> Курнаков Н. С. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1960, т. 1, с. 367.

природы гетерогенных систем образует общий метод, названный им физико-химическим анализом.

Физико-химический анализ, по Курнакову, — отдел общей химии, изучающий различные равновесные системы, образованные двумя или большим числом компонентов, посредством физических и геометрических методов. Впервые термин «физико-химический анализ» появился в 1913 г. в статье Н. С. Курнакова и С. Ф. Жемчужного «Давление истечения и твердость пластических тел». В ней мы читаем: «Совместной непрерывной работой теории и эксперимента на наших глазах раскрывается новая пограничная область химического знания, которая имеет целью определение химической природы одно- и поликомпонентных систем, на основании изучения соотношений между составом и физико-химическими свойствами. Эту область можно назвать *физико-химическим анализом*»<sup>14</sup>.

Исключительно важное значение физико-химических методов исследования заключается в том, что, в отличие от препаративной и аналитической химии, они позволяют изучить природу химических систем, не нарушая при этом самого состояния этих систем.

Новые данные, полученные при изучении металлических сплавов и органических систем методами физико-химического анализа, позволили Н. С. Курнакову, через сто лет после окончания спора между К. Бертолле и Ж. Прустом об определенных и неопределенных химических соединениях, вновь вернуться к этой проблеме и решить ее на уровне науки начала XX в. Впервые в системах таллия с индием (1906) и таллия с различными металлами (1911—1913) были обнаружены фазы переменного состава, не отвечающие рациональному атомному соотношению компонентов. Такие соединения, предвиденные Бертолле, Курнаков предложил назвать *бертоллидами*.

В сравнительно короткий срок было найдено огромное число твердых соединений переменного состава ( $\gamma$ -фаза в системе таллий—висмут, лебоитовая фаза в системе железо—кремний,  $\beta$ -фаза в системе медь—олово и т. д.).

«Класс соединений бертоллидного типа, — говорил Н. С. Курнаков в 1914 г., — уже теперь является очень обширным и имеет полное право на наше внимание <...> Существование индивидов переменного состава расширяет горизонт представлений о химическом соединении»<sup>15</sup>. Речь шла о совершенно новом типе вещества, обладающего всеми признаками химического соединения, но могущего изменять свой состав в широких пределах без нарушения однородности, т. е. не отвечающего никакому рациональному атомному отношению компонентов.

В 1911—1913 гг. Н. С. Курнаков, совместно со своими учениками, опубликовал серию работ, в которых была решена проблема определенных соединений — дальтони́дов.

<sup>14</sup> Там же, с. 266.

<sup>15</sup> Там же, с. 23.

2 января 1914 г. Н. С. Курнаков сделал доклад в секции химии Первого Всероссийского съезда преподавателей физики, химии и космографии на тему «Соединение и химический индивид», в котором подвел итоги многолетних исследований по физико-химическому анализу металлических сплавов, представив общетеоретические выводы из этих работ. В докладе Курнаков разграничил понятия «химическое соединение», «химический индивид», «фаза». «В реальной действительности,— говорил он,— непосредственным начальным объектом химического, или, правильнее, физико-химического, изучения является фаза. По предложению Гиббса (1876), под этим названием подразумеваются однородные тела равновесных систем, ограниченные плоскими поверхностями раздела друг от друга. Понятие фазы является более общим, чем современный химический индивид, соответствующий... только веществам постоянного состава, или определенным соединениям; оно обнимает также и громадный класс однородных тел переменного состава, или растворов»<sup>16</sup>.

«Количественные измерения химической диаграммы состав—свойство,— говорил Н. С. Курнаков в той же речи,— открывают существование особых видов фаз, дающих исследователю важные критерии для суждения о природе соединения и химического индивида»<sup>17</sup>.

Н. С. Курнаков дал обобщенное определение химического индивида, подчиняющегося закону постоянных и кратных отношений: «Химический индивид, принадлежащий определенному химическому соединению, представляет фазу, которая обладает сингулярными, или дальтоновскими, точками на линиях ее свойств. Состав, отвечающий этим точкам, остается постоянным при изменении факторов равновесия системы»<sup>18</sup>.

Рассматривая диаграммы «состав—свойство», имеющие сингулярные точки, Н. С. Курнаков пришел на основе точных экспериментальных исследований к следующим общим выводам: «Сингулярные точки служат необходимым признаком для открытия определенных соединений в однородной твердой или жидкой среде. Их по всей справедливости можно назвать также дальтоновскими точками, так как ими определяется закон кратных отношений Дальтона. В этом заключается значение диаграмм свойств равновесных систем для одного из важнейших вопросов современной химии <...>

Таким образом, мы подходим к выводу, что не состав фазы характеризует определенное соединение, так как он является вообще переменным, а состав сингулярной, или дальтоновской, точки на диаграммах свойств фазы»<sup>19</sup>. В этих словах впервые в истории химии дана точная характеристика определенных соединений, которые в честь Дальтона Н. С. Курнаков назвал дальтонидами.

<sup>16</sup> Там же, с. 16.

<sup>17</sup> Там же, с. 17.

<sup>18</sup> Там же, с. 21.

<sup>19</sup> Там же.

Если в химии начала XX в. широко утвердилось мнение, что химические соединения могут иметь не только постоянный, но и переменный состав, то в этом основная заслуга Н. С. Курнакова. После создания методов рентгеноструктурного анализа и структурного исследования интерметаллических соединений окончательно рухнула стена традиционного предубеждения, заключавшегося в отказе признать их подлинными химическими соединениями.

Современная физика твердого тела и кристаллохимия подтвердили взгляды Н. С. Курнакова на природу бертоллидов и дальтонилов и их генетическую связь, обусловленную изменением валентного состояния компонентов в зависимости от изменения факторов равновесия.

## Глава 16

# ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ. ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ РУД

Мы закончим наш рассказ об исследованиях, проводимых в петербургском научном центре, кратким обзором работ, посвященных изучению явления радиоактивности.

В России интерес к изучению явления радиоактивности был проявлен вскоре же после открытия А. Беккерелем в 1896 г. явления радиоактивности<sup>1</sup>.

В 1903 г., независимо от Э. Резерфорда и Ф. Содди, гипотезу о том, что радиоактивность — самопроизвольный распад атомов радиоактивных веществ, выдвинул Н. Н. Бекетов. «Если действительно допустить, что атомный вес радия представляет в этой группе (щелочноземельных металлов) предельный вес, далее которого уже не может пойти скопление материи в атоме, то, следовательно, логически следует допустить, — писал Бекетов, — что атом радия представляет и предел прочного равновесия, то есть представляет случай *равновесия неустойчивого*. Тогда и явится возможность представить себе с первого раза кажущееся невероятным и фантастическим явление самораспадения химического элементарного атома и с одновременным выделением энергии без посредства химического соединения, как это всегда замечалось по настоящее время»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> См.: *Зайцева Л. Л., Фигуровский Н. А.* Исследования явлений радиоактивности в дореволюционной России. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 223 с.

<sup>2</sup> *Бекетов Н.* О химической энергии в связи с явлениями, представляемым радием. — ЖРФХО, 1903, т. 35, вып. 3, с. 195—196.

Будучи сторонником учения о сложном строении атома, Н. Н. Бекетов в 1909 г. утверждал, что «при действии самых энергических физических деятелей, например электричества высокого напряжения, атомы, несмотря на свою прочность, будут разложены»<sup>3</sup>.

В первом десятилетии XX в. русские ученые выполнили ряд оригинальных исследований, посвященных изучению радиоактивности.

Среди первых русских химиков, занявшихся исследованиями в области зарождавшейся радиохимии, был ученик Г. Таммана — Василий Андреевич Бородовский (1874—1914)<sup>4</sup>. Одним из первых в России Бородовский прочитал в 1907 г. в Юрьевском (Тартуском) университете курс по радиоактивным веществам.

На Первом Менделеевском съезде 21 сентября 1907 г. В. А. Бородовский выступил с докладом «Об энергии радия», в котором указал на значение периодического закона для развития учения о радиоактивности<sup>5</sup>.

В 1910 г. В. А. Бородовский опубликовал книгу «Поглощение бета лучей радия» (Юрьев), которую защитил в 1911 г. в Московском университете как магистерскую диссертацию (оппоненты профессор физики А. П. Соколов и И. А. Каблуков). На основании своего исследования поглощения  $\beta$ -лучей веществами Бородовский установил, что величина сравнительного поглощения зависит от величины атомного веса поглощающего химического элемента («правило Бородовского»).

В. А. Бородовский был одним из первых, кто в 1911—1913 гг. установил наличие радия в отходах переработки ферганской руды.



*Владимир Иванович  
Бородовский*

<sup>3</sup> Бекетов Н. Н. Попытка объяснения свойств радия.— Изв. имп. Академии наук. Сер. VI, 1909, т. III, № 13, с. 879.

<sup>4</sup> См.: Тверьянович О. И., Макареня А. А., Пальм У. В. В. А. Бородовский и его роль в развитии отечественной химии.— Учен. зап. Тартуского ун-та, 1972, вып. 302, с. 123—136 (Тр. по химии; Вып. 8); Макареня А. А. В. А. Бородовский—видный исследователь радиоактивности.— В кн.: Из истории естествознания и техники Прибалтики. Рига: Зинатне, 1972, т. 4, с. 137—141.

<sup>5</sup> Бородовский В. А. Об энергии радия.— ЖРФХО. Ч. хим., 1908, т. 40, вып. 3, с. 460—465.



В письме к В. И. Вернадскому от 2 декабря 1911 г. Бородовский писал: «Обработка руды (отбросов) длится уже давно. Я выработал свой метод разложения руды; мне кажется, что он более ускорит для меня выработку солей радия, чем все методы, известные до сих пор в литературе»<sup>6</sup>.

Исследование радиоактивных минералов началось в России с 1900 г. Но только в 1909 г. по инициативе В. И. Вернадского<sup>7</sup> это изучение стали вести систематически.

В 1910 г. В. И. Вернадский опубликовал записку «О необходимости исследования радиоактивных минералов Российской империи»<sup>8</sup>, сыгравшую важную роль в организации исследований отечественных месторождений радиоактивных минералов. 22 декабря 1910 г. на Общем собрании Академии наук Вернадский выступил со знаменитым докладом «Задача дня в области радия».

«...В вопросе о радии,— говорил ученый,— ни одно государство и общество не может относиться безразлично, как, каким путем, кем и когда будут использованы и изучены находящиеся в его владениях источники лучистой энергии. Ибо владение большими запасами радия даст владельцам его силу и власть, перед которыми может побледнеть то могущество, какое получают владельцы золота, земли, капитала<...>

Для нас совсем не безразлично, кем они будут изучены. Они должны быть исследованы нами, русскими учеными<...>Теперь, когда человечество вступает в новый век лучистой — атомной — энергии, мы, а не другие должны знать, должны выяснить, что хранит в себе в этом отношении почва нашей родной страны»<sup>9</sup>.

Так ярко была сформулирована актуальная научная программа исследования радиоактивных месторождений России.

В 1911 г. в Академии наук под руководством В. И. Вернадского была организована Минералогическая лаборатория, в которой группа ученых (К. А. Ненадкевич, А. Е. Ферсман, В. Г. Хлопин, Л. С. Коловрат-Червинский и др.) выполнила ряд важных исследований по изучению радиоактивных минералов различных месторождений, по синтезу соединений урана и тория, а также провела радиологические измерения.

<sup>6</sup> Цит. по кн.: *Зайцева Л. Л., Физуровский Н. А.* Указ. соч., с. 105.

<sup>7</sup> Владимир Иванович Вернадский (1863—1945), окончил Петербургский университет (1885). В 1890—1911 гг. преподавал в Московском университете (с 1898 г. — профессор минералогии и кристаллографии). С 1912 г. — действительный член Академии наук СССР. Автор многочисленных работ по минералогии, геохимии, биогеохимии, истории науки.

О жизни и деятельности В. И. Вернадского см.: *Мочалов И. И.* Владимир Иванович Вернадский. М.: Наука, 1982. 488 с. (Серия НБЛ).

<sup>8</sup> О необходимости исследования радиоактивных минералов Российской империи: Записка академика В. И. Вернадского. 2-е изд., испр. и доп. СПб., 1911. 58 с.

<sup>9</sup> *Вернадский В. И.* Задача дня в области радия. — Изв. имп. Академии наук. Сер. VI, 1911, т. V, № 1, с. 72.

В. И. Вернадский создал первую в России научную школу геохимиков и минералогов, изучавших явление радиоактивности. В Минералогической лаборатории начались классические исследования В. Г. Хлопина<sup>10</sup> по разработке методов извлечения радия из остатков урано-вапациевых руд<sup>11</sup>.



Виталий Григорьевич  
Хлопин

12 апреля 1918 г. под председательством Н. С. Курнакова состоялось совещание Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС), на котором было принято решение об организации радиевого завода и лаборатории для разработки методов извлечения радия из отечественных месторождений. Было признано целесообразным создать при КЕПС специальный Радиевый отдел.

На базе этого отдела и Радиевой лаборатории Российской Академии наук в 1922 г. был создан Государственный радиевый институт — колыбель отечественных исследований в области радиохимии<sup>12</sup>.

1921 год ознаменовался великим событием — В. Г. Хлопиным был получен первый отечественный препарат радия<sup>13</sup>.

Виталий Григорьевич Хлопин (1890—1950), окончил Гёттингенский (1911) и Петербургский (1912) университеты. Ученик Л. А. Чугаева. С 1915 г. работал в Радиологической лаборатории Российской Академии наук. С 1934 г. — профессор Ленинградского университета. В 1939—1950 гг. — директор Радиевого института в Ленинграде. С 1939 г. — действительный член Академии наук СССР.

См.: Виталий Григорьевич Хлопин. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947. 36 с. (Материалы к библиографии ученых СССР. Сер. хим. наук; Вып. 4).

См.: Хлопин В. Получение радиевых солей в России. — Успехи физ. наук, 1922, т. 3, вып. 1, с. 99—103.

См.: Записка академика В. И. Вернадского об организации при Российской Академии наук Государственного радиевого института. — Изв. Рос. Академии наук. Сер. 6, 1922, т. 16, с. 64—68.

См.: Хлопин В. Г. Радий и его получение из русского сырья. Л.: Изд-во Рос. АН, 1924. VIII+176 с.; Погодин С. А., Либман Э. П. Как добыли советский радий. 2-е изд., испр. и доп. М.: Атомиздат, 1977. 246 с.

## МОСКОВСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Московский университет, Петровская академия<sup>1</sup>, Высшее техническое училище<sup>2</sup>, Промышленное училище<sup>3</sup>, Коммерческий институт<sup>4</sup> составили московский научный центр, который вошел в историю отечественной науки как центр по разработке многих оригинальных направлений развития химии.

До 1870-х годов в области химии университетскими профессорами не было сделано чего-либо существенного<sup>5</sup>.

Ситуация коренным образом изменяется во второй половине XIX в. В 1870—1880-х годах в Московском университете формируется два основных направления исследований: 1) в области физической химии и 2) в области органической химии.

### Глава 17

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ



омимо основных курсов неорганической и аналитической химии, в 1885 г. в Московском университете на естественном отделении физико-математического факультета началось преподавание физической химии. Лекции по теоретической химии читал приват-доцент И. А. Каблуков. Курс его включал учение об элементах, методы определения атомных весов и периодическую систему элементов.

В начале 1880-х годов заведующий неорганическим отделением химической лаборатории Университета профессор А. П. Сабанеев (1842—1923) начал серию работ, посвященных определению молекулярных весов коллоидов и другим проблемам коллоидной химии.

<sup>1</sup> Академия основана в 1865 г. как Петровская земледельческая и лесная академия, в 1890—1894 гг. — Петровская сельскохозяйственная академия, в 1894—1917 гг. — Московский сельскохозяйственный институт, в 1917—1923 гг. — Петровская сельскохозяйственная академия, с 1923 г. — Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева (Тимирязевская академия).

<sup>2</sup> С 1917 г. — Московское высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана.

<sup>3</sup> С 1920 г. — Московский химико-технологический институт им. Д. И. Менделеева.

<sup>4</sup> С 1924 г. — Московский институт народного хозяйства им. Г. В. Плеханова.

<sup>5</sup> Единственно заслуживают внимания исследования Ф. Ф. Рейсса в области только еще зарождавшейся в те годы электрохимии. В 1804 г., изготовив

В 1889 г., когда в Университете была открыта специальная термохимическая лаборатория, начались систематические исследования по термохимии.

## ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В. Ф. ЛУГИНИНА И ЕГО УЧЕНИКОВ

Московская школа физико-химиков заявила о себе в разработке термохимии и теории растворов. История термохимии в Московском университете связана прежде всего с именем В. Ф. Лугинина<sup>6</sup>.

В ряде работ, выполненных в 1872—1880 гг., В. Ф. Лугинин показал, что изменения количества теплоты, выделяющейся при нейтрализации замещенных оснований или кислот, связаны с изменением реакционной способности этих соединений. В своих термохимических исследованиях Лугинин применял калориметрическую бомбу, приобретенную М. Бертло в 1880 г. Он ввел некоторые усовершенствования в методику и технику термохимического эксперимента. В статье «Об измерении теплот сгорания органических веществ» Лугинин подробно описал те экспериментальные приемы, которых он придерживался в своих исследованиях. Характеризуя введенные им усовершенствования, Лугинин писал: «Хотя ни мои экспериментальные методы, ни мои способы вычисления результатов не пред-

несколько батарей из серебряных рублей и цинковых кружков, Рейсс при помощи этих батарей изучал электропроводность речной воды и явления переноса воды в пористых телах под действием тока. Он открыл явления электрофореза, электроосмоса и тем самым стал основателем этой важной области коллоидной химии (см.: *Рейсс Ф. Ф.* Заметка о новом действии гальванического электричества.— В кн.: *Рейсс Ф. Ф.* Избранные труды по электричеству. М.: Гостехиздат, 1956, с. 159—168; см. также: *Меншуткин Б. Н.* Из прошлого русской химии: московские химики двадцатых годов XIX века.— Изв. Ин-та физ.-хим. анализа, 1928, т. 4, вып. 1, с. 1—22).

Владимир Федорович Лугинин (1834—1911), окончил Михайловское артиллерийское училище (1853). Как участник обороны Севастополя произведен в подпоручики и награжден боевыми орденами. После окончания мира возвратился в Петербург для продолжения своего образования в Артиллерийской академии. Весной 1862 г. в Гейдельберге работал в химической лаборатории Р. Бунзена, посещал лекции Г. Кариуса и Э. Эрленмейера, слушал курс теоретической физики Г. Кирхгофа и Г. Гельмгольца. Из Гейдельберга поехал в Лондон. Здесь он близко познакомился с А. И. Герценом. В конце 1860-х годов работал в Париже у М. Бертло. В 1874 г. вернулся в Петербург, где организовал термохимическую лабораторию. После убийства Александра II (1 марта 1881 г.) частная термохимическая лаборатория Лугинина сделалась объектом пристального внимания жандармов. Все чаще к нему в лабораторию стал наведываться «человек с погонами и пашкой». За лабораторией сыскное отделение установило постоянное наблюдение, агенты охраны не спускали с него глаз. По словам Лугинина, «работа творческой мысли сделалась невозможной». Поэтому он решил уехать в Париж. В конце 1888 г. Лугинин возвратился в Россию. В. В. Марковников предоставил ему возможность продолжать свои термохимические исследования в химической лаборатории Московского университета.

О жизни и деятельности В. Ф. Лугинина см.: *Соловьев Ю. И.*, *Старосельский П. И.* Владимир Федорович Лугинин. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 144 с. (Серия НБЛ).

ставляют ничего особенно нового или оригинального, будучи весьма сходны со способами Бертелло, тем не менее лица, намеренные специально заниматься определением теплот сгорания, найдут в настоящей статье моей указания на несколько частных улучшений, которые, быть может, не будут лишены для них интереса»<sup>7</sup>. Лугинин, между прочим, применил остроумный метод освещения термометра в тех случаях, когда калориметрический опыт проводился в пасмурные дни. Для этого он употреблял Гейслеровы трубки, наполненные какой-либо фосфоресцирующей жидкостью (например, раствором серпокислого хинина или флюоресцина). Гейслеровы трубки весьма хорошо освещали термометр и, будучи поставлены рядом с ним и не нагреваясь сами, не оказывали на термометр никакого влияния.

В 1880-х годах одной из актуальных проблем органической химии была проблема изомерии. Этому вопросу были посвящены многочисленные исследования В. Ф. Лугинина.

При Московском университете В. Ф. Лугинин на свои средства организовал термическую лабораторию, которая по оборудованию занимала первое место среди термических лабораторий не только России, но и всей Западной Европы. Многие исследования самого Лугинина, а также его учеников и сотрудников (А. Н. Щукарева, И. П. Осипова, И. А. Каблукова, П. В. Зубова, В. В. Свентославского, М. М. Попова и др.) были осуществлены именно в этой лаборатории. Здесь, например, Лугинин выполнил серию работ по определению теплот горения некоторых изомерных спиртов жирного ряда. Он нашел, что при сгорании первичного и вторичного пропилового спирта выделяется почти одинаковое количество теплоты — разница менее 0,5% (см.<sup>8</sup>). Отсюда Лугинин сделал вывод, что изомерия не оказывает заметного влияния на теплоту образования соединения. Но точку зрения Лугинина не разделял И. А. Каблуков, который в своей магистерской диссертации (1887), рассматривая данный вопрос, писал: «С подобного рода выводом, мы думаем, согласиться никак нельзя, основываясь даже только на числах, полученных самим В. Ф. Лугининым. Просматривая эти числа, мы везде видим, что теплота горения первичного спирта более вторичного, а вторичного более третичного. Хотя эта разность мала и, по мнению В. Ф. Лугинина, находится почти везде в пределах ошибки метода, но постоянное направление этой разности в одну сторону трудно признать случайным и приходится допустить более вероятным, что теплота образования третичного спирта более вторичного и т. д.»<sup>9</sup>. Предположение Каблукова полностью оправдалось и

<sup>7</sup> Лугинин В. Об измерении теплот сгорания органических веществ. — ЖРФХО, 1884, т. 16, вып. 7, с. 593.

<sup>8</sup> Теплота сгорания вещества вычислялась по следующей формуле:  $Q = W\Delta t/m$ , где  $Q$  — теплота сгорания вещества;  $W$  — тепловое значение калориметра;  $\Delta t$  — подъем температуры (с поправкой на теплообмен);  $m$  — навеска вещества.

<sup>9</sup> Каблуков И. Глицерины, или трехатомные спирты, и их производные. М., 1887, с. 142.



*Владимир Федорович Лугинин*

конце 1890-х годов, после того как Лугинин определил теплоемкости и скрытые теплоты испарения спиртов, а его учеником и ближайшим сотрудником П. В. Зубовым<sup>10</sup> были заново измерены (1898) теплоты горения изомерных спиртов. Зубов ввел некоторые новые приемы в метод сжигания жидкостей с помощью калориметрической бомбы, которые позволили ему определить с большой точностью теплоты горения весьма летучих веществ. Он отметил, что теплоты горения большинства исследованных им спиртов уже были определены раньше Лугининым, который пришел к заключению, что измерения жирных спиртов «не имеет ощутительного влияния на теплоту сгорания». По мнению Зубова, такой вывод объяснялся тем, что

<sup>10</sup> Павел Васильевич Зубов (1862—1921), родился в Москве. В 1881 г. поступил на естественное отделение физико-математического факультета Московского университета, которое окончил в 1885 г. В течение 20 лет (с 1894 г.) работал в термической лаборатории В. Ф. Лугинина.

См.: Соловьев Ю. И., Скуратов С. М. П. В. Зубов: К 100-летию со дня рождения.— Вopr. истории естествознания и техники, 1963, вып. 14, с. 137—141.



Павел Васильевич  
Зубов

Лугинин определял теплоты горения спиртов старым методом — путем сжигания их в струе кислорода при атмосферном давлении. Кроме того, Лугинин в то время не располагал данными о теплоемкостях и скрытых теплотах испарения исследуемых спиртов. По этим причинам, как заметил Зубов, «другого вывода и нельзя было сделать». Зубов, используя измеренные Лугининым удельные теплоемкости и скрытые теплоты испарения спиртов, перешел от измерения теплот горения жидких спиртов к измерению новых величин, выражающих теплоты горения спиртов в парообразном состоянии. Рассматривая свой экспериментальный материал, Зубов пришел к выводу, что «теплота горения изомерных жирных спиртов уменьшается по мере уклоне-

ния соединения от нормального строения. Хотя разности в теплотах горения изомерных спиртов и невелики, однако важно принципиальное их признание, так как оно может оказать услугу при некоторых исследованиях, например при изучении направлений химических реакций, их скоростей и т. д.»<sup>11</sup>.

Теплоты горения изомерных кетонов полностью подтвердили сделанное В. П. Зубовым заключение. На основании этих исследований ученый пришел к важному теоретическому обобщению, что теплоты горения изомерных соединений одинаковой химической функции не тождественны. В связи с этим В. Ф. Лугинин писал Зубову: «Статью Вашу получил и вторично внимательно прочел и с содержанием ее согласен... Заключение Ваше о разности между теплотами горения изомерных спиртов совершенно верно и впервые высказывается на основании серьезных опытов. Оствальд во втором томе своего сочинения<sup>12</sup> говорит следующее об изомерных алкоголях: „...изомеры часто имеют различные теплоты сгорания, которые оказываются у первичных больше, чем у вторичных и третичных“, следовательно, говорит то же, что и Вы, но основывается на ненадежных опытах Томсена»<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> Зубов П. Определения теплот горения некоторых органических соединений. — ЖРФХО, 1898, т. 30, вып. 8, с. 948.

<sup>12</sup> Речь идет об учебном руководстве В. Оствальда «Lehrbuch der allgemeinen Chemie» (1885, Bd. 1; 1887, Bd. 2). — Ю. С.

<sup>13</sup> Из личного архива сына П. В. Зубова — советского историка науки профессора В. П. Зубова.

Касаясь этого же вопроса в своем «Кратком курсе термохимии», П. Ф. Лугинин писал: «По новейшим наблюдениям Зубова оказывается, что ему удалось подметить некоторые закономерности относительно теплот горения подобных изомеров, а именно, что теплоты горения первичных алкоголов более теплоты горения вторичных, а последних — более третичных. Впрочем, разницы между этими величинами могут быть подмечены только благодаря необыкновенной точности, с которой производится в настоящее время определение теплот горения»<sup>14</sup>.

В 1901 г. П. В. Зубов осуществляет термохимические исследования некоторых соединений циклического ряда. Он определил теплоты горения многочисленных представителей углеводов, спиртов и кетонов, а также некоторых азотистых соединений циклического строения. Полученные данные показали, что теплоты горения циклических изомеров близки между собой. Зубов отмечал, что его исследования не позволяют отрицать тождественности теплот горения изомеров циклических соединений. Однако он тут же подчеркнул, что этот вывод не должен рассматриваться как окончательный. «Я полагаю, — писал П. В. Зубов, — что когда циклические соединения сделаются доступными в более значительных количествах и будут определены их теплоемкости и скрытые теплоты испарения, настоящий мой вывод... придется формулировать... таким образом, что теплоты горения изомерных циклических соединений хотя и близки между собою, но не тождественные»<sup>15</sup>. В 1903 г. Зубов значительно расширил группу исследуемых им спиртов. Новый экспериментальный материал дал возможность сравнить теплоты горения веществ жирного ряда и изомерных с ними циклических соединений и сделать вывод, что соединения с открытой цепью обладают соответственно большим запасом энергии, чем изомерные вещества, имеющие замкнутую структуру<sup>16</sup>. Зубов оставил открытым вопрос о причинах, обуславливающих это различие, — зависит ли оно от способа группировки атомов или же от присутствия двойной связи между атомами углерода в соединениях жирного ряда. Впоследствии круг объектов термохимических измерений Зубова были вовлечены новые представители циклических углеводов, спиртов и кетонов, а также кислоты и эфиры. В статье «О стойкости соединений циклического строения с точки зрения термохимии»<sup>17</sup> Зубов дал теоретический анализ всего экспериментального материала, относящегося к теплотам горения циклических соединений.

<sup>14</sup> Лугинин В. Ф. Краткий курс термохимии. М., 1903, с. 77.

<sup>15</sup> Зубов П. В. Данные о теплоте горения соединений циклического строения: Статья первая. — ЖРФХО, 1901, т. 33, вып. 8, с. 721.

<sup>16</sup> См.: Зубов П. Определение теплот горения некоторых спиртов жирного ряда и одного оксима. — ЖРФХО, 1903, т. 35, вып. 7, с. 815—824; Зубов П. Данные о теплоте горения соединений циклического строения: Статья вторая. — ЖРФХО, Ч. хим., 1913, т. 45, вып. 2, с. 240.

<sup>17</sup> ЖРФХО. Ч. хим., 1913, т. 45, вып. 4, с. 753—766.



П. В. Зубов, излагая свои взгляды на атомные связи в молекулах, подчеркивал, что они находятся «в полном согласии с теорией химического строения Бутлерова». Это высказывание представляет большой интерес, так как показывает, что теория химического строения Бутлерова была признана не только химиками-органиками, но и физико-химиками. Зубов принимал, что атомы удерживаются в молекуле действующими между ними силами, причем действие каждого атома распространяется на все другие атомы, входящие в состав данной молекулы. Анализируя с теоретической стороны процесс усложнения молекулы, он указывал: «Каждый атом при вхождении своем в состав какой-либо частицы вызывает действие межуатомных сил всех находящихся уже в ней атомов, вследствие чего образует новую частицу, в которой и удерживается этими силами»<sup>18</sup>.

По представлениям П. В. Зубова, теплоты образования атомных связей являются функциями, по крайней мере, трех переменных — природы атомов, входящих в состав молекулы, их количества и их взаимного расположения.

С 1911 г. в термической лаборатории Московского университета одновременно с П. В. Зубовым работал талантливый исследователь В. В. Свентославский<sup>19</sup>. Первоначально в Киевском политехническом институте, а затем в термической лаборатории Московского университета Свентославский выполнил серию термохимических исследований, обобщенных в монографии «Диазосоединения. Термохимические исследования» (1917). В своих термохимических исследованиях Свентославский так же, как и Зубов, стремился связать термохимические данные с теорией химического строения Бутлерова и обогатить ее энергетическими характеристиками. «Руководящей идеей нашей работы, — указывал ученый, — являлось предположение, что атомные связи вообще переменны»<sup>20</sup>. Вывод Свентославского, что теплоты образования атомных связей являются величинами переменными, представляет наибольший интерес.

В 1913 г. В. В. Свентославский создал адиабатический калориметр оригинальной конструкции. В 1914 г. он предложил, чтобы все термохимические лаборатории определяли константы своих приборов по единому методу, а именно «по теплоте горения *одного и*

<sup>18</sup> Там же, с. 762.

<sup>19</sup> Войцех Вацлавович Свентославский (1881—1968), польский физико-химик, родился на Украине. Окончил химическое отделение Киевского политехнического института (1906), где с 1908 г. начал серию работ по термохимии органических соединений. В 1911—1918 гг. — руководитель термохимической лаборатории Московского университета, с 1918 г. — заведующий кафедрой физической химии Варшавского политехнического института. С 1952 г. — академик Польской Академии наук.

См.: Соловьев Ю. И., Старосельский П. И. Научная деятельность В. В. Свентославского в России. — В кн.: Очерки по истории химии. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 292—312.

<sup>20</sup> Свентославский В. Термохимия азотистой кислоты. — ЖРФХО. Ч. хим., 1909, т. 41, вып. 5, с. 640.

только одного какого-нибудь тела, принятого за эталон»<sup>21</sup>. Константы калориметрических бомб во всех лабораториях необходимо определять лишь по одному методу — сжиганием эталона (в качестве эталона Свентославский предложил бензойную кислоту).

Для развития термохимии, привлечения к ней новых специалистов важное значение имели руководства по термохимии, излагающие методику термохимических исследований.

В 1890-х годах В. Ф. Лугинин написал несколько учебных руководств: «Введение в курс калориметрии»<sup>22</sup>, «О паровом калориметре»<sup>23</sup>, «О ледяном калориметре»<sup>24</sup> и, наконец, «Описание различных методов определения теплот горения органических соединений». Трудно переоценить роль, которую сыграли эти труды в распространении термохимических знаний в нашей стране.

Важнейшим из этих сочинений была монография «Описание различных методов...». Она стала настольной книгой многих поколений русских термохимиков, да и не только русских, так как труд В. Ф. Лугинина был переведен на иностранные языки. В предисловии к монографии Лугинин писал: «Только в последнее время, когда термохимия, благодаря классическим трудам Гесса, Томсена и Бертело, основываясь на общих законах термодинамики, развилась в совершенно самостоятельную отрасль знания, определение теплот горения органических соединений стало одним из самых действительных средств, при помощи которого можно судить о строении изучаемого тела. Из всех физических методов, применяемых к изучению строения органических соединений, определение теплот горения одно лишь может привести к знанию тех сил, которыми отдельные атомы связаны в молекуле. Очевидно, что теплота, выделяемая при горении всякого органического соединения, должна равняться теплоте, которая выделилась бы при горении отдельных атомов углерода, водорода и т. д., входящих в молекулу исследуемого вещества, без той теплоты, которая должна быть затрачена на разрыв связей, соединяющих эти атомы в молекулу. При определении теплот горения приходится, следовательно, считаться с этими силами и глубже проникать в строение молекулы, нежели то возможно при употреблении иных физических методов изучения строения органических соединений»<sup>25</sup>. В этой работе Лугинин привел таблицу теплот горения около 1000 веществ.

Большой интерес представляет «Краткий курс термохимии» (1903) — издание лекций В. Ф. Лугинина, читанных им в Москов-

<sup>21</sup> Свентославский В., Попов М. О калориметрической бомбе и теплоте горения бензойной кислоты. — ЖРФХО. Ч. хим., 1914, т. 46, вып. 5, с. 936.  
<sup>22</sup> Лугинин В. Ф. Введение в курс калориметрии. М., 1893. 64 с. (Литогр. изд.).  
<sup>23</sup> Лугинин В. Ф. О паровом калориметре. М., 1893. 63 с. (Литогр. изд.).  
<sup>24</sup> Лугинин В. Ф. О ледяном калориметре. М., 1893. 52 с. (Литогр. изд.).  
<sup>25</sup> Лугинин В. Ф. Описание различных методов определения теплот горения органических соединений. М., 1894, с. 1.

ском университете. Ученый в сжатой и строго научной форме излагает основные положения термохимии того времени. Каждое теоретическое положение иллюстрировано богатым экспериментальным материалом. Подробно изложена одна из важнейших теоретических проблем — «соотношение между количествами тепла, выделяющегося при химических реакциях, и действующими при этом силами химического сродства». Автор отмечает, что количество теплоты, выделяющейся при химическом процессе, зависит от температуры реакции. Тепловые эффекты различных химических процессов можно сравнивать только в том случае, если они измерены при одинаковой температуре. Тепловой эффект зависит от физических явлений, сопровождающих химическое взаимодействие. «Нейтрализация сил химического сродства различных тел, — пишет В. Ф. Лугинин, — сопровождается вообще потерей энергии, а следовательно, и выделением тепла<...> Числа, полученные опытом, вовсе не представляют потерю тепла, соответствующую одной только нейтрализации химической энергии... для определения потери собственно химической энергии необходимо тщательно отделить от количества тепла, найденного на опыте, те тепловые явления, которые соответствуют физическим изменениям тела...»<sup>26</sup>.

В. Ф. Лугинин отмечает также, что часто химическая реакция не протекает до конца, так как одновременно возникает другая реакция, ей противоположная, и между ними устанавливается равновесие. По этой причине «мы... не будем иметь возможности определить с помощью изучения одних только теплотных явлений, сопровождающих химические процессы, силу химического сродства»<sup>27</sup>. Лугинин обращает внимание и на то, что «химическое сродство различно для каждого из веществ природы и не есть постоянная величина, но изменяется вместе с температурой и давлением»<sup>28</sup>. Для химических процессов, осуществляемых при сравнительно низких температурах, тепловой эффект характеризует химическое сродство реагирующих веществ приблизительно: «Выделяемое тепло не есть вообще мерило силы химического сродства — строгого закона термохимия дать не может; но, с другой стороны, термодинамика показывает нам, при каких условиях это соотношение, по крайней мере приблизительно, имеет место, и мы можем принять выделяемое при реакции тепло до некоторой степени за мерило действующего при них химического сродства...

Одного этого указания достаточно для того, чтобы стало ясно, какое видное место термохимия может занять в ряду физико-химических наук»<sup>29</sup>.

<sup>26</sup> Лугинин В. Ф. Краткий курс термохимии..., с. 10.

<sup>27</sup> Там же, с. 16.

<sup>28</sup> Там же, с. 7.

<sup>29</sup> Там же, с. 3.

В 1905 г. В. Ф. Лугинин и А. Н. Щукарев<sup>30</sup> опубликовали оригинальное «Руководство к калориметрии...» В руководстве отражена многолетняя работа авторов, приведен обширный материал по калориметрическим измерениям, описаны детали постановки отдельных опытов, разработанных впервые преимущественно самими авторами в термической лаборатории Московского университета. В книге подробно описаны приборы, применяемые в практике калориметрических исследований, изложена методика опытов по определению теплоемкости жидкостей и твердых тел, скрытой теплоты испарения жидкостей, описаны методы определения теплоты растворения твердых тел, нейтрализации кислот основаниями и т. д. Этот труд сыграл большую роль в развитии термохимии в нашей стране<sup>30а</sup>.

В 1903 г. В. Ф. Лугинин принял решение передать в собственность Московскому университету все лично ему принадлежащее уникальное оборудование термохимической лаборатории. Он обратился в физико-математический факультет с заявлением, в котором, в частности, говорилось: «Имею честь покорнейше просить принять от меня в дар для устраиваемого при Московском университете Физического института все инструменты и мебель, составляющие устроенную мной термохимическую лабораторию, с тем, чтобы эти инструменты и мебель составляли инвентарь самостоятельной лаборатории института под наименованием „Термическая лаборатория“, но отнюдь не были бы рассеяны или смешаны с инструментами других отделов института».

В 1903 г. термохимическая лаборатория была размещена в новом здании Физического института и ей было присвоено название «Термическая лаборатория имени профессора В. Ф. Лугинина». В этой лаборатории учениками и последователями Лугинина были выполнены многочисленные термохимические исследования, которые имели важное значение для изучения свойств и строения органических и неорганических соединений.

## ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРОВ

Долгое время считалось общепризнанным, что растворы электролитов в неводных растворителях не обладают сколько-нибудь значительной электролитической проводимостью, так как в этих растворителях они не диссоциированы. Об этом не раз говорили и С. Арениус, и В. Оствальд, и другие физико-химики. Но было ли

<sup>30</sup> Александр Николаевич Щукарев (1864—1936), окончил естественное отделение Московского университета (1889). С 1893 г. работал в термической лаборатории В. Ф. Лугинина. В 1896 г., изучая скорость растворения твердого тела в растворителе, вывел уравнение растворения. В 1906—1910 гг. — приват-доцент Московского университета.

<sup>30а</sup> См.: Лугинин В. Ф., Щукарев А. Н. Руководство к калориметрии: На основании методов, выработанных или испытанных в термической лаборатории при Физическом институте Московского университета. М., 1905, VI+185 с.



Иван Алексеевич  
Каблуков

правильным это широко принятое в 80—90-х годах прошлого века мнение об исключительной роли воды?

Данный вопрос требовал решения. При этом на первый план выступало изучение влияния неводных растворителей на процесс диссоциации электролитов. Для дальнейшего развития учения о растворах важно было знать, можно ли распространить на область неводных растворов те закономерности, которые были найдены при изучении водных растворов.

В то же время для рационального внедрения в промышленность экономически выгодных электролитических методов необходимо было знать механизм электролиза как в водных, так и в неводных растворах. Необходимо было также детально изучить влияние среды и

физико-химических условий электролиза в неводных системах.

В решении этих проблем важное место занимают исследования И. А. Каблукова<sup>31</sup>.

В 1889 г. в лаборатории В. Оствальда, под непосредственным руководством С. Аррениуса, И. А. Каблуков выполнил исследование, посвященное изучению электропроводности неводных растворов, и опубликовал работу «О электропроводности хлористого водорода в различных растворителях»<sup>32</sup>, положившую начало целой серии работ ученого, посвященных изучению природы неводных растворов.

<sup>31</sup> Иван Алексеевич Каблуков (1857—1942), окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета (1880). В 1880 г. за работу «Многоатомные спирты и их производные» Каблукову присудили кандидатскую степень. Он был оставлен на два года при Университете для подготовки к профессорскому званию. В 1881—1882 гг. Каблуков работал в химической лаборатории А. М. Булгера при Петербургском университете, где открыл новый способ получения оксиметилен (формальдегида). С 1882 г. началась научная и педагогическая деятельность Каблукова в Московском университете: первоначально в качестве лаборанта, а затем приват-доцента (с 1885 г.) и профессора (с 1903 г.). И. А. Каблуков — автор известных в свое время учебных руководств по неорганической и физической химии. С 1932 г. — почетный член Академии наук СССР.

О жизни и деятельности И. А. Каблукова см.: Соловьев Ю. И., Каблукова М. И., Колесников Е. В. Иван Алексеевич Каблуков: Сто лет со дня рождения. 1857—1957. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 214 с.

<sup>32</sup> Kablukoff I. Über die elektrische Leitfähigkeit von Chlorwasserstoff in verschiedenen Lösungsmitteln. — Ztschr. phys. Chem., 1889, Bd. 4, S. 429—434.

И. А. Каблуков, заинтересовавшись вопросом о том, как влияет природа растворителя на свойства кислот, изучил электропроводность хлористого водорода в различных растворителях: бензоле, ксилоле, гексане, эфире, изобутиловом и амилловом спиртах. Он нашел, что электропроводность хлористого водорода в эфире приблизительно в 5 раз больше электропроводности такого же раствора хлористого водорода в ксилоле. В бензоле же электропроводность хлористого водорода еще ниже. Определяя молекулярную электропроводность растворов хлористого водорода в эфире, Каблуков нашел, что она очень незначительна и уменьшается с разведением. «Явление, — писал Каблуков, — неожиданное, так как для большинства водных растворов наблюдается обратное. Подобное уменьшение молекулярной электропроводности показывают также... растворы HCl в изоамильном спирте»<sup>33</sup>. Эти экспериментальные данные шли вразрез с установленным Кольраушем, Аррениусом, Оствальдом и другими учеными положением о том, что молекулярная электропроводность увеличивается с разведением раствора. Каблуков, таким образом, впервые обнаружил явление аномальной электропроводности в неводных растворах.

Открытие аномальной электропроводности показало, что чисто физическая трактовка растворов недостаточна и что химизм своеобразного взаимодействия растворенного вещества и растворителя, о котором говорил Д. И. Менделеев (см. главу 11), определяет физико-химические свойства растворов.

И. А. Каблуков отмечал, что нельзя рассматривать растворитель как среду, индифферентную к растворенному телу, а необходимо допустить наличие некоторого химического взаимодействия растворенного тела и растворителя. По мнению Каблукова, при растворении электролита в воде частицы его как бы втягиваются внутрь частиц электролита и расплывают связь между атомами; разлагая молекулы растворенного вещества, вода образует с ионами непрочные соединения, которые находятся в состоянии диссоциации.

Так рождались основы прогрессивной теории гидратации ионов, сыгравшей впоследствии важную роль в развитии современного учения о природе растворов.

Важным событием в истории развития учения о растворах в России было появление в 1891 г. докторской диссертации И. А. Каблукова под названием «Современные теории растворов (Вант-Гоффа и Аррениуса) в связи с учениями о химическом равновесии». Каблуков установил, что электропроводность водно-спиртовых растворов хлористого водорода гораздо ниже, чем электропроводность соответствующих водных растворов. С. Аррениус считал, что уменьшение электропроводности в водно-спиртовых растворах зависит в основном не от понижения диссоциации электролита, а от увеличения

<sup>33</sup> Каблуков И. А. Современные теории растворов (Вант-Гоффа и Аррениуса) в связи с учениями о химическом равновесии. М., 1891, с. 130.

трения ионов в смешанных растворителях<sup>34</sup>. Однако наблюдения Каблукова показывали, что электропроводность уменьшается быстрее, чем увеличивается вязкость среды, и что, следовательно, «уменьшение электропроводности нельзя объяснить только увеличением сопротивления, которое оказывают частицы спирта движущимся ионам, но приходится принять также, что спирты действуют на хлористый водород менее диссоциирующим образом, чем вода»<sup>35</sup>.

В своей диссертации И. А. Каблуков отметил следующее различие между взглядом Аррениуса и тем взглядом, который можно развить, основываясь на теории Д. И. Менделеева. Он писал: «По нашему мнению, вода, разлагая молекулы растворенного тела, входит с ионами в непрочные соединения, находящиеся в состоянии диссоциации; по мнению же Аррениуса, ионы свободно движутся, подобно тем отдельным атомам, которые происходят при диссоциации молекулы галоидов (Cl, Br, I) при высокой температуре»<sup>36</sup>. В заключение диссертации, формулируя главный вывод своего исследования, Каблуков писал, что «на раствор одного тела в другом следует смотреть как на такую среду, в которой находится смесь различного рода продуктов химического 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 раствора»<sup>37</sup>.

В дальнейшем И. А. Каблуков неоднократно возвращался к тематике, связанной с теорией электролитической диссоциации. В 1902 г. он еще раз дал полное ее изложение для водных и неводных растворов в книге «Основные начала физической химии», где писал: «Теорию электролитической диссоциации очень часто противопоставляют так называемой химической теории растворов, или гидратной, одним из творцов которой является Д. И. Менделеев. Такое противопоставление, по нашему мнению, неправильно; в будущей, более полной, теории растворов обе теории сольются»<sup>38</sup>.

<sup>34</sup> В 1894 г. С. М. Танатар (1849—1917) попытался с помощью термохимических измерений подойти к решению вопроса об уменьшении диссоциации хлористого водорода при переходе от водного раствора к водно-спиртовому. На основании своих исследований Танатар пришел к выводу, что сильное уменьшение молекулярной электропроводности хлористого водорода в водно-спиртовых растворах можно приписать всецело трению ионов. Автор высказал предположение, что, может быть, «следует принять, что есть различие между ионами в воде и ионами в других растворителях? Может быть, следует принять химическое взаимодействие между ионами и частицами растворителя?» (Танатар С. К теории Аррениуса.—ЖРФХО, 1894, т. 26, вып. 5, с. 262; см. также: Танатар С., Писаржевский Л. Термохимические исследования некоторых реакций в алкогольных растворах.—ЖРФХО, 1897, т. 29, вып. 3, с. 185—194).

<sup>35</sup> Каблуков Ив. Указ. соч., с. 137.

<sup>36</sup> Там же, с. 86.

<sup>37</sup> Там же, с. 215.

<sup>38</sup> Каблуков И. А. Основные начала физической химии. М., 1902, вып. 2. Электрохимия. с. 86.

И. А. Каблуков принимал деятельное участие в пропаганде и развитии новых идей, которые популяризировал путем издания научных работ, составления руководств и, наконец, выступлений с докладами на диспутах в научных обществах, в которых он защищал основные положения физической теории растворов и теории электролитической диссоциации. Так, в журнале «Русская мысль» за 1891 г. (февраль) была опубликована статья Каблукова «Современная теория растворов», которая имела большое значение для популяризации физической теории растворов Вант-Гоффа—Аррениуса. В 1901 г. он опубликовал «Очерки из истории электрохимии за XIX век» и др.



Александр Александрович  
Яковкин

Начиная с 1884 г. И. А. Каблуков читал систематический курс физической химии<sup>39</sup>, в котором излагал вопросы термехимии, теории строения и химического сродства, учения о растворах. В 1892—1893 г. Каблуков впервые прочитал курс электрохимии. Этими лекциями он хотел «привлечь внимание молодых сил к изучению этой интересной и важной не только в практическом, но и в теоретическом отношении отрасли знания»<sup>40</sup>.

Одновременно с И. А. Каблуковым оригинальные исследования в области теории растворов были выполнены А. А. Яковкиным<sup>41</sup>.

Основные исследования А. А. Яковкина в области химии посвящены вопросам распределения вещества между двумя растворителями, гидролизу хлора и брома и теории растворов.

<sup>39</sup> В предисловии к первому выпуску своего учебника «Основные начала физической химии» (1900) И. А. Каблуков писал: «С 1884 года я, в качестве приват-доцента Московского университета, читал лекции по разным отделам физической химии. В настоящее время я решился обработать и дополнить эти лекции для печати».

<sup>40</sup> Цит. по кн.: Соловьев Ю. И., Каблукова М. И., Колесников Е. В. Указ. соч., с. 178.

<sup>41</sup> Александр Александрович Яковкин (1860—1936), окончил естественное отделение Московского университета (1884). В 1895 г. защитил магистерскую диссертацию. В 1896 г. назначается адъюнкт-профессором кафедры химии Петербургского технологического института, а в 1899 г., после защиты докторской диссертации, — ординарным профессором этого института. С 1925 г. — член-корреспондент Академии наук СССР.

См.: Порай-Кошиц А. Е. А. А. Яковкин. — Журн. общ. химии, 1937, т. 7 (19), вып. 15, с. 2039—2043.



Вклад А. А. Яковкина в развитие учения о растворах<sup>42</sup> освещен в специальной монографии<sup>43</sup>. Здесь следует особо подчеркнуть роль работ Яковкина, в первую очередь его монографии «О гидролизе хлора», в утверждении теории электролитической диссоциации в России. На основании многочисленных опытов ученый пришел к следующему важному выводу: «Поставленные мной опыты гидролиза (хлора.— Ю. С.) во всех случаях подтверждают теорию электролитической диссоциации [...] Едва ли можно сомневаться, что основанием будущей теории послужит химическое взаимодействие растворенного тела с растворителем, а следствием ее — явление электролитической диссоциации»<sup>44</sup>.

Во время защиты А. А. Яковкиным диссертации «О гидролизе хлора» в Московском университете И. А. Каблуков, выступавший в качестве официального оппонента, говорил: «Руководимые теорией электролитической диссоциации, Вы прекрасно разобрались в таком сложном вопросе, каким является вопрос о том, что такое раствор хлора в воде»<sup>45</sup>.

Будучи одним из сторонников в России теории электролитической диссоциации С. Аррениуса, А. А. Яковкин, вместе с тем, своими работами осуществлял тесную связь этой теории с учением Д. И. Менделеева о растворах, неоднократно говорил о необходимости объединения этих, неправильно противопоставлявшихся одна другой, точек зрения. Так, в протоколе сообщения Яковкина в Отделении химии Русского физико-химического общества от 6 февраля 1897 г. говорится: «В заключение автор указал, что, вопреки общераспространенному мнению, он не видит противоречия между теорией электролитической диссоциации и химическими воззрениями на природу растворов; без сомнения, в основе электролитических явлений лежит химическое взаимодействие растворенного вещества с растворителем, но более глубокое, чем обычная гидратация (проявляющая, по данным автора, нормальное осмотическое давление и нормальное распределение); закон этого взаимодействия пока остается нам неизвестным, почему мы и относимся к самому явлению скептически»<sup>46</sup>.

<sup>42</sup> См.: Яковкин А. А. Распределение веществ между двумя растворителями в применении к изучению явлений химической статистики. М., 1895. IV+175 с. (эта работа удостоена премии Московского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии); Яковкин А. А. О гидролизе хлора. СПб., 1898. IV+159 с.; Яковкин А. А. Опыт теории растворов.— Изв. СПб. техн. ин-та, 1911, т. 20, с. 81—130.

<sup>43</sup> См.: Соловьев Ю. И. История учения о растворах. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 224—229, 280—291, 306, 307, 382, 383, 413, 414.

<sup>44</sup> Яковкин А. А. О гидролизе хлора, с. 135—136.

<sup>45</sup> Архив АН СССР, ф. 474, оп. 1, № 21.

<sup>46</sup> [Яковкин А. А. О диссоциации хлора в водном растворе.] — ЖРФХО, 1897, т. 29, вып. 2, с. 141. Протокол. Интересно отметить, что попытка выяснить характер взаимодействий, вызывающих отклонения от теории Аррениуса, сделала А. А. Яковкиным еще в 1890 г. (К гипотезе Вильямсона и Клаузиуса.— ЖРФХО, 1891, т. 23, вып. 1, отд. II, с. 1. Протокол).

Несколько позже, полемизируя с Д. П. Коноваловым, противопоставлявшим теорию Аррениуса химической теории Менделеева, А. А. Яковкин говорил: «Задача нашего времени состоит в примирении этих теорий, а не в разъединении их»<sup>47</sup>.

А. А. Яковкин — один из первых исследователей в области химической термодинамики в России. Интерес к этой области у него проявился еще в 1892 г. при выборе темы вступительной лекции «О химическом равновесии разнородных фаз», которую Яковкин должен был прочитать как приват-доцент. Вопрос этот являлся главным в исследованиях Яковкина, посвященных изучению распределения вещества между двумя растворителями. К его изучению ученый подходил прежде всего с позиции правила фаз<sup>48</sup>.

А. А. Яковкин был первым русским ученым, применившим в своей исследовательской работе правило фаз. На основании этого правила он рассмотрел, в частности, вопрос о состоянии красителя, поглощенного тканью, охарактеризовав (для простейших случаев) это состояние как состояние твердого раствора<sup>49</sup>. «Закон фаз дает нам путеводную нить, позволяющую разобраться в самых сложных случаях равновесия»<sup>50</sup>, — писал Яковкин в статье «Задачи физической химии»; в этой статье он дал одно из первых в отечественной литературе изложение правила фаз.

Не менее важное значение А. А. Яковкин придавал закону действия масс. «Изучение равновесий только с точки зрения закона фаз является недостаточным, так как законы состояния веществ в отдельных фазах при этом не выясняются»<sup>51</sup>. Решению этой последней задачи и помогает закон действия масс. Именно используя закон действия масс, Яковкин объясняет установленные им явления зависимости коэффициента распределения от концентрации. Важнейший вывод Яковкина о справедливости теории электролитической диссоциации основывается на применении закона действия масс к гидролизу хлора. Наконец, на использовании этого закона применительно к равновесиям ассоциации и диссоциации основаны исследования Яковкина в области теории растворов. Правило фаз и закон действия масс принадлежат к числу фундаментальных положений химической термодинамики; таким образом, как подчеркивает Яковкин, «область применения термодинамики к химии является почти безграничной»<sup>52</sup>.

<sup>47</sup> ЖРФХО, 1899, т. 31, вып. 1, с. 5. Протоколы.

<sup>48</sup> См.: Яковкин А. А. Распределение веществ между двумя растворителями..., с. 2 и сл.

<sup>49</sup> См.: Там же, с. 66—71; Яковкин А. А. Применение метода распределения к изучению твердых растворов.— ЖРФХО, 1895, т. 27, вып. 1, отд. II, с. 2. Протоколы; Яковкин А. А. Задачи физической химии.— Изв. СПб. технол. ин-та, 1901, т. 14, с. 37.

<sup>50</sup> Яковкин А. А. Задачи физической химии.— Там же.

<sup>51</sup> Там же, с. 38.

<sup>52</sup> Там же, с. 34.



Николай Александрович  
Шилов

Рассмотренные работы А. А. Яковкина представляют единый комплекс физико-химических исследований в области учения о процессах и химической термодинамики, поскольку они охватывают почти все основные проблемы, которыми занималась физическая химия конца XIX — начала XX в.

#### РАБОТЫ Н. А. ШИЛОВА ПО ИЗУЧЕНИЮ СОПРЯЖЕННЫХ РЕАКЦИЙ ОКИСЛЕНИЯ

В 1905 г. в Москве Н. А. Шилов<sup>53</sup> опубликовал свою магистерскую диссертацию «О сопряженных реакциях окисления», где систематизировал огромный экспериментальный материал по изуче-

нию сопряженных реакций, под которыми он понимал систему «двух протекающих в одной среде реакций, из которых одна зависит в своем течении от другой»<sup>54</sup>. Для последующего развития химической кинетики особое значение имели представления Шилова о роли промежуточных продуктов в химических реакциях. Шилов пришел к выводу, что сопряжение реакций возможно лишь в том случае, «когда существует *промежуточное вещество*, которое служит связующим звеном первичного и вторичного процессов и обуславливает их общее течение»<sup>55</sup>. В связи с этим главной задачей при изучении этих реакций является «*определение природы промежуточного вещества, благодаря которому один процесс зависит в своем течении от другого*»<sup>56</sup>.

Большой интерес представляли результаты работ Н. А. Шилова по изучению самоиндуктивных реакций, ускорение которых проис-

<sup>53</sup> Николай Александрович Шилов (1872—1930), окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета (1895). Ученик Н. Д. Зелинского. В 1901—1904 гг. работал в Физико-химическом институте В. Оствальда в Лейпциге. С 1910 г. — профессор Московского высшего технического училища и одновременно Московского коммерческого института.

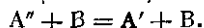
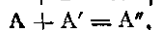
О жизни и деятельности Н. А. Шилова см.: Ушакова Н. Н. Николай Александрович Шилов. М.: Наука, 1966. 134 с. (Серия НБЛ).

<sup>54</sup> Шилов Н. А. О сопряженных реакциях окисления. М., 1905, с. 1.

<sup>55</sup> Там же, с. 7.

<sup>56</sup> Там же, с. 8.

ходит за счет взаимодействия одного из конечных продуктов и одного из начальных по следующей схеме:



Эта схема, где  $A''$  — промежуточное вещество, является типичной для некоторых современных схем цепных реакций<sup>57</sup>.

Свою книгу «О сопряженных реакциях окисления» Н. А. Шилов закончил общим выводом: «Явления химической индукции представляют не что иное, как вовлечение в реакцию тех промежуточных продуктов, которые по своей неустойчивости или малой концентрации в большинстве случаев не могут быть выделены в свободном состоянии. Заставляя эти продукты входить во взаимодействие с посторонними веществами, мы получаем представление об их составе и свойствах и об истинном ходе химической реакции (...) В этом, мне кажется, заключается главный интерес вопроса о сопряженных реакциях и отсюда вытекает его связь с другими вопросами и общими задачами химической динамики»<sup>58</sup>.

Оригинальные исследования в области химической кинетики, катализа и электрохимии выполнил воспитанник Московского университета Евгений Иванович Шпитальский (1879–1931).

## Глава 18

### ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

В 1873 г. из Одессы в Москву приехал В. В. Марковников и в Московском университете возглавил кафедру химии, ставшую вакантной после смерти профессора Н. Э. Ляковского. По инициативе Марковникова была переоборудована старая химическая лаборатория Университета, а 14 сентября 1887 г. открыта новая лаборатория.

В 1876 г. химическая лаборатория Университета была разделена на две: лаборатория неорганической химии и лаборатория аналитической и органической химии. Заведующим лабораторией аналитической и органической химии стал В. В. Марковников. Здесь он в начале 1880 г. приступил к систематическим исследованиям углеводородов кавказской нефти.

<sup>57</sup> См.: Родный Н. И. Развитие химической кинетики в России. — В кн.: Очерки по истории химии. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 145.

<sup>58</sup> Шилов Н. А. Указ. соч., с. 303–304.

## ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДЫ КАВКАЗСКОЙ НЕФТИ

Возникает вопрос, почему ближайший ученик и соратник А. М. Бутлерова, который своими выдающимися работами по изучению взаимного влияния атомов содействовал утверждению теории химического строения, стал вдруг заниматься таким, казалось бы, чисто техническим объектом, каким в то время являлась нефть. Крутой поворот в исследовательской программе В. В. Марковникова произошел в результате нескольких причин.

К 1880-м годам теория химического строения уже прочно утвердилась в химии. Исследования в этом направлении уже не «дышали» новизной. Новые объекты и методы исследования «просились» в химические лаборатории.

1870—1880-е годы были отмечены бурным развитием нефтяной промышленности Кавказа. Неуклонно возрастала добыча нефти. Для химиков было очевидно, что, подобно каменноугольной смоле, нефть состоит из множества компонентов, природа которых была совершенно не ясна. Поэтому не случайно в эти годы интерес к нефти стал проявляться в самых различных научных кругах.

В 1870 г. в Петербурге была организована Всероссийская мануфактурная выставка, на которой были представлены различные химические продукты (соли, кислоты, масла, керосин и др.). Особое внимание привлекли продукты, получаемые из нефти<sup>1</sup>.

В начале 1880 г. крупный русский нефтепромышленник В. И. Рагозин<sup>2</sup>, который верил в науку и ожидал, что наука о нефти должна дать практическую пользу, предложил В. В. Марковникову заняться исследованием кавказской нефти и предложил субсидировать эту работу, что, несомненно, сыграло свою немаловажную роль в решении ученого заняться изучением кавказской нефти. Располагая необходимыми средствами, он смог приступить к выполнению широкой программы исследований состава нефти.

«Я взялся за эту работу,— говорил В. В. Марковников 25 февраля 1901 г.,— еще потому, что такого рода исследования совпадали с моим взглядом на обязанности русского натуралиста. Мне всегда было непонятным, почему наши натуралисты не хотят выбрать для своих исследований такой научный вопрос, материалом для которого служила бы русская природа <...>

... я вовсе не нахожу что-либо позорное для русского профессора химии работать в прикладном направлении»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Керосин нашел широкое практическое применение после изобретения львовским фармацевтом и химиком-технологом Игнатием Лукасевичем (1822—1882) керосиновой лампы. В 1853 г. он впервые ввел керосиновое освещение в одной из больниц Львова (см.: Волков В. А., Вонский Е. В., Кузнецова Г. И. Химики: Биографический справочник/Под ред. В. И. Кузнецова. М.: Наукова думка, 1984, с. 313).

<sup>2</sup> В. И. Рагозин — автор книги «Нефть и нефтяная промышленность в России» (СПб., 1884. VIII+56 с.).

<sup>3</sup> Марковников В. В. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 710 (Классики науки).

К своим исследованиям В. В. Марковников привлёк В. Н. Оглоблина, который получил химическое образование в Киевском университете. В 1883 г. на страницах «Журнала Русского физико-химического общества» была опубликована большая статья Марковникова и Оглоблина «Исследование кавказской нефти». По полноте и богатству собранных материалов исследование Марковникова и Оглоблина, совершенно бесспорно, занимает среди аналогичных работ одно из первых мест. Открытый ими новый класс циклических углеводов, названный, по предложению Марковникова, «нафтенами», оказался наиболее характерным классом соединений для нефти всех месторождений мира.

«Высокий научный интерес, связанный с изучением нафтенов, — писал В. В. Марковников в 1890 г., — ...заставляет ближе ознакомиться с своеобразностями характера этого вновь формирующегося класса и установить его связь и отношения к другим группам и отдельным веществам, уже известным»<sup>4</sup>.

В 1892 г. вышла в свет отдельным изданием статья В. В. Марковникова «Нафтенны и их производные в общей системе органических соединений». В заключение этого сочинения автор писал: «По мере возрастания числа тел, относящихся к классу нафтеннов, все более и более увеличивается интерес их изучения. Нахождение их как в мертвой, так и в живой природе даёт обильный материал для всестороннего исследования этих веществ, отличающихся во многих отношениях новым и своеобразным химическим характером»<sup>5</sup>.

Совместно со своими учениками В. В. Марковников изучил физико-химические характеристики отдельных фракций кавказской нефти. Были подвергнуты тщательному изучению ароматические, парафиновые и, особенно, нафтенные углеводороды, а также нафтенные кислоты. Была установлена химическая природа этих углеводов<sup>6</sup>. Перед химиками был раскрыт богатейший мир тех органических соединений, из которых состоит кавказская нефть.

Так думал не один В. В. Марковников. «В настоящее время, — писал А. Н. Попов в 1871 г., — когда Россия вступает в новую эру своей промышленной деятельности, когда в ней с каждым годом все более и более появляются железных путей и возникают ежегодно сотнями промышленные заведения, всего естественнее обратить внимание на те природные богатства страны, которые могут и должны быть эксплуатируемы деятелями, и указать на те или другие наиболее выгодные пути такой эксплуатации» (Варшавские ун-в. изв., 1871, № 4, Офиц. отдел, с. 379).

<sup>4</sup> Марковников В. В. Избр. тр., с. 465.

<sup>5</sup> Там же, с. 522.

<sup>6</sup> Более подробно о работах В. В. Марковникова по химии нефти см.: Коновалов М. И. О работах Вл. Вас. Марковникова в области исследования кавказской нефти, а также в областях, сопрягающихся с этим исследованием. — В кн.: Памяти Владимира Васильевича Марковникова. М., 1905, с. 77—89; Сергиенко С. Р. Роль русских ученых и инженеров в развитии химии и технологии нефти. М.; Л.: Гостоптехиздат, 1949. 140 с.; Кузнецов В. И. Возникновение химии алициклических соединений. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 186 с.; Лисичкин С. М. Выдающиеся деятели отечественной нефтяной науки и техники. М.: Недра, 1967. 283 с.



Михаил Иванович  
Коновалов

В своих воспоминаниях о студенческих годах в Московском университете в 1890-х годах С. С. Наметкин описал методы проведения органического практикума в лабораториях Н. Д. Зелинского и В. В. Марковникова. «У Н. Д. Зелинского студенты проходили прежде всего большой органический практикум по синтезу и анализу органических соединений. Марковников не признавал этого „баловства“, как он иногда выражался в адрес такой системы. Он придерживался старого, бутлеровского, метода: новому практиканту для ознакомления с основами методики органической химии предлагали приготовить два-три препарата различной сложности, а затем пускали его „на глубокое место“, давали специальную тему из области, в которой велась эк-

спериментальная работа лаборатории, т. е. по химии нефти»<sup>7</sup>.

Среди учебников В. В. Марковникова видное место занимает М. И. Коновалов<sup>8</sup>. Его кандидатская диссертация «О нефтяных углеводородах» (1884) и магистерская диссертация «Нафтенны, гексагидробензолы и их производные» (1889) были выполнены в русле основных исследований Марковникова по химии нефти. Обсуждая вопрос, что такое нафтенны, какое положение они занимают в ряду органических соединений, Коновалов пришел к выводу, что нафтенны относятся к классу полиметиленовых соединений. Сопоставив химические и физические свойства нафтеннов и гексагидробензолов,

<sup>7</sup> Из архива академика С. С. Наметкина (Институт истории естествознания и техники АН СССР); см. также: *Наметкин С. С. Химия в Московском университете за 185 лет.*— Успехи химии, 1940, т. 9, вып. 6, с. 703—726; *Каблуков И. А. Владимир Васильевич Марковников: Биографические сведения и краткий очерк научных работ.*— ЖРФХО, 1905, т. 37, вып. 3, с. 247—303; *Попов М. Н. Владимир Васильевич Марковников и его школа.*— Учен. зап. МГУ, 1940, вып. 53, с. 13—45.

<sup>8</sup> Михаил Иванович Коновалов (1858—1906), окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета, где работал до 1896 г. В 1896—1899 гг.— профессор Московского сельскохозяйственного института, с 1899 г.— профессор Киевского политехнического института.

О жизни и деятельности М. И. Коновалова см.: *Старосельский П. Н., Никулина Е. П. Михаил Иванович Коновалов.* М.: Наука, 1981. 232 с. (Серия НБЛ).

Коновалов заключил: «Итак, до сих пор нет ни одного свойства — химического или физического, — которое резко отличало бы нафтенны от гексагидробензолов; вся сумма известных — правда, быть может, еще в довольно ограниченном числе — фактов говорит за то, что между нафтенами и гексагидробензолами нет никакой разницы»<sup>9</sup>. Для последующего развития нефтехимии этот вывод имел первостепенное значение.

## ОТКРЫТИЕ РЕАКЦИИ НИТРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

В 1891 г. М. И. Коновалов приступает к исследованиям в новом направлении — изучение нитрующего действия азотной кислоты на углеводороды предельного характера. В основу этих исследований лег открытый им в 1888 г. метод окисления предельных углеводородов азотной кислотой. «Неожиданные результаты первых опытов действия азотной кислоты на нафенафтен, опубликованные мною 6 лет тому назад, — писал Коновалов в 1893 г., — заставили меня предпринять систематическое исследование нитрующего действия азотной кислоты вообще на органические соединения и прежде всего на простейшие из них — на углеводороды предельного характера: нафены, гомологи метана и гомологи бензола <...> Продуктами действия азотной кислоты оказались такие нитросоединения, которые в большинстве случаев никак еще не были получены. Явилась необходимость... охарактеризовать ряд таких соединений, определить их строение и изучить по пути несколько их производных <...> Из всей суммы своих наблюдений я должен вывести такое заключение: азотная кислота способна непосредственно нитровать все углеводороды предельного характера: она нитрует парафины, гексагидробензолы и жирные цепи ароматических углеводородов. В этом отношении качественной разницы между ароматическим и жирным рядом нет»<sup>10</sup>.

Предельные углеводороды, по образному выражению М. И. Коновалова, — это «химические мертвецы», оживить которые позволяет открытая им реакция. «Метод нитрования, — писал А. Е. Чичибабин, — оживляет их, превращая в более характерные и активные вещества, заставляет их во многих случаях рассказать свою историю, выяснить свое происхождение и свой характер, взаимное отношение атомов внутри химической частицы»<sup>11</sup>.

Исследования М. И. Коновалова по нитрованию углеводородов вошли в золотой фонд органической химии. Метод Коновалова нашел

<sup>9</sup> Коновалов М. И. Нафены, гексагидробензолы и их производные. Тверь, 1889, с. 192.

<sup>10</sup> Коновалов М. И. Нитрующее действие азотной кислоты на углеводороды предельного характера. М., 1893, с. 1, 161—162.

<sup>11</sup> Чичибабин А. Е. Научные работы М. И. Коновалова. — В кн.: Памяти Михаила Ивановича Коновалова. М., 1908, с. 29.





Сергей Семенович  
Наметкин

широкое применение в химических лабораториях и в промышленности<sup>12</sup>. Реакция нитрования по Коновалову была применена С. С. Наметкиным<sup>13</sup> для глубокого изучения строения и свойств бициклических углеводов предельного характера. В 1911 г. состоялась защита магистерской диссертации Наметкина «К вопросу о действии азотной кислоты на углеводороды предельного характера», а в 1917 г. — докторской диссертации «Исследование в области бициклических соединений». Многолетние исследования в области химии терпенов и камфоры привели Наметкина к открытию нового вида камфеной перегруппировки — камфеной перегруппировки 2-го рода, или перегруппировки Наметкина, — в отличие от камфеной

перегруппировки Вагнера (или перегруппировки 1-го рода).

Открытия С. С. Наметкина послужили началом многочисленных исследований ученых различных стран в области гетероциклических соединений, занявшей в XX в. одно из лидирующих мест в органической химии.

<sup>12</sup> Непрерывным методом нитрования парафинов в паровой фазе сейчас широко пользуются в многотоннажном производстве нитропарафинов.

<sup>13</sup> Сергей Семенович Наметкин (1876—1950), окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета (1902). Еще будучи студентом, под руководством Н. Д. Зелинского выполнил дипломную работу «Углеводороды кавказской нефти, их свойства и химические реакции». По представлению Зелинского был оставлен при Университете. В 1911 г. вместе с большой группой преподавателей и профессором покинул Университет, протестуя против насильственного удаления Правления Университета министром народного просвещения Кассо. С 1912 г. — профессор Московских высших женских курсов. Здесь были выполнены классические исследования в области терпеновых углеводов (бициклических терпенов, камфоры и ее аналогов). С 1939 г. — действительный член Академии наук СССР. Исследования Наметкина в области химии и технологии нефти сыграли выдающуюся роль в развитии нефтехимической промышленности СССР.

О жизни и деятельности С. С. Наметкина см.: Родионов В. М., Руженцева А. К., Некрасов А. С., Мельников Н. Н. Академик Сергей Семенович Наметкин: Очерк жизни и деятельности. — В кн.: Наметкин С. С. Собрание трудов. М.: Изд-во АН СССР, 1954, с. 5—40; Сергей Семенович Наметкин: По воспоминаниям современников. М.: Наука, 1982. 144 с.

## ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИИ МАЛЫХ ЦИКЛОВ



*Николай Матвеевич  
Кижнер*

Не менее важные исследования принадлежат ученикам В. В. Марковникова — Н. М. Кижнеру и Н. Я. Демьянову<sup>14</sup>. Еще будучи студентом, Н. М. Кижнер<sup>15</sup> под руководством Марковникова выполнил свои первые работы по органической химии. Он первым изучал природу  $C_6$ -нафтенов. Затем он выбрал новое направление своих исследований и начал его с изучения аминов и гидразинов полиметиленового ряда. Исследования аминов циклопарафинового ряда была посвящена магистерская диссертация Кижнера «Амины и гидразины полиметиленового ряда, методы образования их и превращения» (1895). В ней он впервые дал полную характеристику этого класса веществ, доказав, что «...полиметиленовые основания стоят в совершенно таком же отношении к основаниям жирным, в каком полиметиленовые углеводороды к углеводородам парафиновым»<sup>16</sup>.

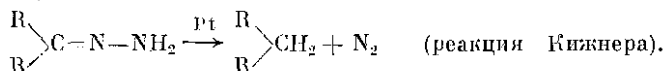
В 1900 г. Н. М. Кижнер защитил в Московском университете докторскую диссертацию «О действии окиси серебра и гидроксил-мина на бромины. О строении гексагидробензола». В 1901 г. он переехал в Томск, где в Технологическом институте возглавил кафедру органической химии, организовав хорошо оборудованную лабораторию. Здесь в 1910 г. Кижнер разработал универсальный метод превращения альдегидов и кетонов в углеводороды (катали-

О работах Н. Я. Демьянова см. в главе 19 настоящей книги.

Николай Матвеевич Кижнер (1867—1935), окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета (1890). В 1890—1893 гг. — лаборант, а с 1893 г. — приват-доцент Московского университета. С 1901 г. — профессор Томского технологического института по кафедре органической химии. В 1914—1917 гг. работал в Университете Шапшиского. С 1918 г. — консультант и научный руководитель Научно-исследовательского института Анилтреста (впоследствии НИОПиК). С 1934 г. — почетный член Академии наук СССР.

См.: *Наметкин С. С.* Н. М. Кижнер: Жизнь и деятельность. — В кн.: Кижнер Н. М. Исследования в области органической химии. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937, с. 5—22; *Домов Н. И.* К биографии Н. М. Кижнера (1867—1935). — *Тр. Томского ун-та*, 1954, т. 126, с. 240—250.  
*Кижнер Н. М.* Указ. соч., с. 95.

тическое разложение гидразидов в присутствии сильных оснований<sup>17</sup>):



С помощью этого метода, нашедшего широкое применение в химических лабораториях, Кижнер открыл способ синтеза циклопентановых углеводородов, в частности наиболее труднодоступного из них — карана, и стал одним из основоположников химии малых циклов<sup>18</sup>.

## ИССЛЕДОВАНИЯ Н. Д. ЗЕЛИНСКОГО ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

В 1893 г. кафедра органической и аналитической химии в Московском университете, которую занимал В. В. Марковников, освободилась в связи с уходом его на пенсию по выслуге лет. Министерство народного просвещения обратилось к Н. А. Меншуткину с просьбой указать, «кого из молодых химиков он смог бы рекомендовать на кафедру в Московский университет». Меншуткин рекомендует Н. Д. Зелинского<sup>19</sup>, автора известных работ по стереохимии, выполненных в Новороссийском университете.

В Московском университете Н. Д. Зелинский совместно со своими учениками в 1894—1911 гг. выполнил большую серию работ, в результате которых были синтезированы многочисленные углеводороды, содержащиеся в нефти, что позволило значительно прояснить вопрос о ее составе.

В 1895 г. Н. Д. Зелинский получил нафтен — первый синтетический углеводород кавказской нефти (диметилциклогексан), сопоставление свойств которого с природным октанафеном «подтверди-

<sup>17</sup> Кижнер Н. Каталитическое разложение алкилидгидразидов как метод получения углеводородов. — ЖРФХО. Ч. хим., 1911, т. 43, вып. 4, с. 582—589, 1231; 1398—1402; 1554—1562; 1563—1565; 1829.

<sup>18</sup> Содержательный обзор работ Н. Я. Демьянова и Н. М. Кижнера дан в монографии Н. А. Розанова «Исследование в области изомерных превращений пиклических соединений» (М., 1916, 103 с.); см. также: Меншуткин В. и Карбоциклические соединения. Л.: Науч. хим.-техн. изд-во, 1926, с. 18—23.

<sup>19</sup> Николай Дмитриевич Зелинский (1861—1953), окончил естественное отделение физико-математического факультета Новороссийского университета в Одессе (1884). Ученик А. А. Вериги и П. Г. Меликова (Меликишвили). В 1889 г. защитил магистерскую диссертацию «К вопросу об изомерии в тиофеновом ряду», а в 1891 г. — докторскую «Исследование явлений стереоизомерии среди насыщенных углеродистых соединений». В 1893—1910 гг. — профессор Московского университета. В 1911 г. вместе с группой прогрессивных ученых покинул Университет, в который вернулся только в 1917 г. С 1929 г. — действительный член Академии наук СССР.

О жизни и деятельности Н. Д. Зелинского см.: Учен. зап. МГУ. Вып. 3: Посвящается 50-летию научной деятельности академика Н. Д. Зелинского. М.: Гос. техн.-теор. изд-во, 1937. 326 с.; Юрьев Ю. К., Левина Р. Я. Жизнь и деятельность академика Николая Дмитриевича Зелинского. М.: Моск. о по испытателей природы, 1953, 118 с.



*Николай Дмитриевич Зелинский*

их принципиальное тождество, что явилось крупнейшим достижением в этой области. В 1894 г., когда Н. Д. приступил к работе в области химии нефти, было кратко описано лишь семь нафтенов, для большинства из них не были определены даже их физические константы. К 1911 г. Н. Д. и его учениками было синтезировано более сорока нафтенов, детально описаны их физико-химические свойства и разработаны методы их превращения в ароматические углеводороды высокой цепности <...> Для химика ароматизация нефти была единственной дорогой, которая через ароматические углеводороды должна была привести от нефти к краскам, фармацевтическим препаратам, взрывчатым веществам и другим продуктам высокой химической ценности»<sup>20</sup>.

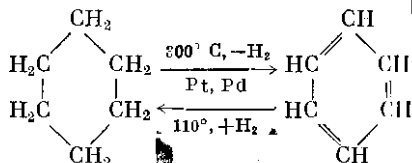
С 1911 г. начинается новый, наиболее плодотворный, период научной деятельности Н. Д. Зелинского, посвященный развитию ка-

<sup>20</sup> Баландин А. А., Зелинская П. Е., Зелинский А. П. Жизнь и научная деятельность Н. Д. Зелинского.— В кн.: Зелинский Н. Д. Избранные труды. М.: Наука, 1968, с. 588—592 (Классики науки).



Егор Иванович Орлов

талитического органического синтеза с применением платины и палладия в качестве катализаторов. Эти работы, наряду с исследованиями П. Сабатье и В. Н. Ипатьева, положили начало каталитической химии углеводородов<sup>21</sup>. Зелинский показал, что платиновая и палладиевая черни при 300° С нацело дегидрируют циклогексан до бензола; при 110° С, наоборот, те же катализаторы гидрируют бензол до циклогексана<sup>22</sup>.



«Так был открыт дегидрогенизационный катализ, ставший с тех

пор важнейшим методом в исследовании природы углеводородов и представляющий собою замечательную реакцию перехода от гексагидроароматических углеводородов к ароматическим»<sup>23</sup>.

Важные исследования в области гетерогенного катализа в органической химии выполнил ученик В. В. Марковникова — Е. И. Орлов<sup>24</sup>. Он разработал способ получения формальдегида из метилового спирта (на медной сетке в присутствии кислорода)<sup>25</sup>. В 1909—1910 гг. под руководством Орлова был построен первый в России завод по производству формалина. В 1908—1909 гг. Е. И. Орлов опубликовал работы, в которых изложил результаты своих исследований синтеза углеводородов на основе окиси углерода с при-

<sup>21</sup> См.: Кузнецов В. И. Развитие каталитического органического синтеза. М.: Наука, 1964. 434 с.

<sup>22</sup> См.: Зелинский Н. Д. О дегидрогенизации катализом. — ЖРФХО. Ч. хим., 1911, т. 43, вып. 7, с. 1220; Зелинский Н. Д. О гидрогенизации и дегидрогенизации катализом. — Там же, 1912, т. 44, вып. 1, с. 274. Протоколы.

<sup>23</sup> Баландин А. А., Зелинская Н. Е., Зелинский А. Н. Указ. соч., с. 596.

<sup>24</sup> Егор Иванович Орлов (1865—1944), окончил Московский университет (1894). В 1894—1910 гг. преподавал в Костромском химико-техническом училище; в 1911—1927 гг. — профессор Харьковского технологического института.

См.: Агрошенко В. И., Пекряч М. И. Егор Иванович Орлов — виднейший ученый нашей страны. — Тр. Харьков. политехн. ин-та, 1956, т. 8, с. 3—12.

<sup>25</sup> См.: Орлов Е. И. Формальдегид: Его добывание, свойства и применение. Кострома, 1908. В 1909 г. эта монография была переведена на немецкий язык. В 1935 г. вышло ее второе издание (Л.: ОНТИ — Химтеорет., 1935. 448 с.).

иснением никель-палладиевого катализатора, отложенного на коксе<sup>26</sup>.

Е. И. Орлову принадлежит монография, в которой автор подробно рассмотрел многие каталитические реакции с кинетической точки зрения<sup>27</sup>.

## Глава 19

# ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИИ В ПЕТРОВСКОЙ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ И ЛЕСНОЙ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ) АКАДЕМИИ

Петровская академия была призвана готовить специалистов в области сельского хозяйства. Кафедра химии и химическая лаборатория занимали в структуре академии важное место. Первым профессором химии и руководителем этой химической лаборатории стал Н. А. Ильенков (см. в главе 6), который уделял большое внимание практическим работам студентов по агрохимии. Ю. Либих в письме от 13 марта 1866 г. писал П. А. Ильенкову: «С удовольствием узнал из Вашего письма о процветании вашей сельскохозяйственной академии; русскому помещичьему дворянству, если оно не хочет погибнуть, совершенно необходимо приобретать сельскохозяйственное образование <...> чрезвычайно важно выбить из голов владельцев идеею о неистощимости этой почвы...»<sup>1</sup>.

Книга Ю. Либиха «Письма о нынешнем состоянии сельского хозяйства», переведенная на русский язык П. А. Ильенковым<sup>2</sup>, ярко и убедительно доказывала актуальность агрономической химии для сельского хозяйства.

<sup>1</sup> Более подробно о работах Е. И. Орлова см.: *Ерофеев Б. В.* О реакции Е. И. Орлова. — *Успехи химии*, 1948, т. 17, вып. 3, с. 370—371; *Пузицкий К. В.*, *Эйдус Я. Т.* Работы Е. И. Орлова в области органического синтеза и катализа. — *Тр. Ин-та истории естествознания и техники*, 1961, т. 35, с. 185—196; *Кузнецов В. И.* Развитие каталитического органического синтеза, с. 61—67.

<sup>2</sup> См.: *Орлов Е. И.* Исследования в области кинетики химических реакций и катализа. Харьков, 1913. 346 с. В 1936 г. эта монография была переиздана с соответствующими изменениями (Харьков; Киев: ГНТИ Украины, 1936. 297 с.).

<sup>3</sup> Цит. по ст.: *Лукьянов П. М.* О неизвестных письмах Ю. Либиха к П. А. Ильенкову. — *Тр. Ин-та истории естествознания и техники*, 1956, т. 12, с. 358.

<sup>4</sup> См.: *Письма Либиха о нынешнем состоянии сельского хозяйства*. СПб., 1861. IV+194 с.; см. также: *Ильенков П. А.* Либих и его значение для сельского хозяйства: Речь, прочитанная в Годичном заседании Моск. о-ва сельского хоз-ва 7 апр. 1874 г. М., 1874. 20 с. (отд. изд.).

После П. А. Ильенкова кафедру химии Академии в 1875 г. возглавил профессор Э. Б. Шёне<sup>3</sup>. Основную часть своих работ Шёне посвятил изучению перекиси водорода и перекиси бария, отношения перекиси водорода к различным соединениям таллия и калия. Он занимался также изучением количественного содержания перекиси водорода в атмосферном воздухе и атмосферных осадках.

В последней четверти XIX в. Петровская академия сосредоточивает крупные научные силы в области химии.

В 1875—1890 гг. кафедру органической химии Петровской земледельческой и лесной академии возглавлял Г. Г. Густавсон, выдающийся представитель бутлеровской школы<sup>4</sup>. Здесь он, организовав хорошо оборудованную химическую лабораторию, выполнил ряд важных работ в области органической химии.

1883 год в истории отечественной химии был ознаменован важным событием: вышла в свет монография Г. Г. Густавсона «Органические соединения в их отношениях к галлоидным солям алюминия»<sup>5</sup>, в которой были обобщены результаты начатых еще в Петербурге исследований каталитического действия галогенидов алюминия на органические реакции. В марте 1877 г. Густавсон впервые наблюдал каталитическое действие галогенидов алюминия на реакцию галлоидирования углеводородов ароматического ряда. В последующих своих работах он подробно исследовал механизм данных реакций и высказал мнение, что в каталитическом действии галлоидных солей алюминия основную роль играют промежуточные алюминийорганические комплексы как своеобразные «ферменты». Данные современных исследований подтвердили эту точку зрения. «Г. Г. Густавсон сейчас по праву считается пионером той отрасли химии и технологии нефти, которая известна под названием „крекинг с хлористым алюминием“»<sup>6</sup>.

Известный французский химик Ш. Фридель отмечал, что работа Г. Г. Густавсона по каталитическому действию подистого алюминия

<sup>3</sup> Эмилий Богданович Шёне (? — 1896), родился в Германии, где окончил Гёттингенский университет. В 1863 г. приехал в Россию и в 1865 г. стал ассистентом П. А. Ильенкова в Петровской академии. После защиты магистерской диссертации получил в 1875 г. звание экстраординарного, а в 1876 г. — ординарного профессора. Докторскую диссертацию «Об отношении перекиси водорода к соединениям калия» защитил в 1881 г. в Дерптском университете (см.: Шёне Э. Б. О законностях в колебаниях количеств атмосферной перекиси водорода. М., 1881. 88 с.).

<sup>4</sup> См.: Мусабеков Ю. С. Профессор Петровский сельскохозяйственной академии Г. Г. Густавсон. — Изв. Тимирязевской с.-х. академии, 1954, вып. 3(7) с. 234—238; см. также: Казанский Б. А. Г. Г. Густавсон: к 100-летию со дня рождения. — Успехи химии, 1943, т. 12, вып. 4, с. 318—328.

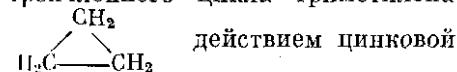
<sup>5</sup> Данную монографию Г. Г. Густавсон успешно защитил в качестве докторской диссертации в Петербургском университете.

<sup>6</sup> Мусабеков Ю. С. История органического синтеза в России. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 153; см. также: Ниотровский Р. Б. К истории открытия каталитического действия галогенидов алюминия. — Тр. Ин-та истории естественных наук и техники, 1956, т. 12, с. 246—257.

на галоидирование явилась первоисточником открытия реакции алкилирования ароматических углеводородов под влиянием хлористого алюминия.

В 1880-х годах Г. Г. Густавсон начал серию работ по синтезу простейших циклических углеводов и их производных.

В 1887 г. Г. Г. Густавсон предложил удобный способ получения трехчленного цикла триметилена



шляпи в спирте на дигалоидопроизводные. Этот способ был применен Н. Я. Демьяновым для синтеза метилциклопропана (1887).

Ученик В. В. Марковникова Н. Я. Демьянов<sup>7</sup> в июне 1887 г. начал работать в Петровской земледельческой и лесной академии. Здесь в лице Г. Г. Густавсона

Демьянов нашел авторитетного руководителя, под руководством которого начал исследования простейших циклических соединений, приведшие его к важным открытиям. В 1895 г. в Петербургском университете Демьянов успешно защитил магистерскую диссертацию «О действии азотистой кислоты на три-, тетра- и пентаметиленидиамин и о метилтриметиле».

В 1899 г. в Москве была опубликована докторская диссертация Н. Я. Демьянова «О действии азотного ангидрида и азотноватой окиси на этиленовые углеводороды»<sup>8</sup>, которую он представил в Московский университет и успешно защитил осенью 1899 г.

Академик А. Е. Фаворский, характеризуя работы Н. Я. Демьянова, связанные с получением и исследованием свойств простейших



Николай Яковлевич  
Демьянов

<sup>7</sup> Николай Яковлевич Демьянов (1861—1938), окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета (1886). В 1887—1894 гг. — ассистент кафедры неорганической и аналитической химии Петровской сельскохозяйственной академии. С 1894 г. — профессор Московского сельскохозяйственного института (позже Тимирязевской сельскохозяйственной академии). С 1929 г. — действительный член Академии наук СССР. Комитет по химизации народного хозяйства СССР при СНК СССР присудил в 1929 г. Н. Я. Демьянову премию имени В. И. Ленина за лучшие научно-исследовательские работы по химии.

О жизни и деятельности Н. Я. Демьянова см.: Академик Николай Яковлевич Демьянов: К сорокалетию научной и педагогической деятельности. 1887—1933. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. 67 с.

<sup>8</sup> См.: Сборник избранных трудов академика Н. Я. Демьянова: К 50-летию его научной деятельности. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936, с. 110—171.



циклических углеводородов и их производных, писал: «В то время, когда Н. Я. начал свою самостоятельную научно-исследовательскую работу, область циклических углеводородов представляла исключительный интерес, потому что до того времени в органической химии существовало два совершенно обособленных, за крайне редкими исключениями, не связанных взаимными переходами, отдела: отдел соединений жирных с открытыми цепями углеродных атомов и отдел соединений ароматических, производных бензола, содержащих в своих частях шестичленные циклические группировки углеродных атомов. Природа открытых В. В. Марковниковым в составе бакинской нефти циклических нафтен, устанавливающих в настоящее время связь между этими отделами, не была еще твердо установлена, и окончательное установление этой связи и взаимных переходов от соединений с открытыми цепями углеродных атомов к соединениям ароматическим и обратно, установление моста между ранее совершенно обособленными отделами науки, показавшего, что в строении жирных и ароматических соединений нет принципиальных различий, следует поставить в заслугу главным образом русским химикам начиная с В. В. Марковникова, и вслед за ним львиная доля заслуги принадлежит Н. Я. Демьянову.

Но, кроме указанного общего значения, работы Н. Я. по циклическим соединениям имеют и особый специальный интерес. Частицы синтезированных им углеводородов и их производных оказались сравнительно мало устойчивыми, способными менять свое строение, претерпевая так называемые изомерные превращения: один изомер превращается в другой, одна связь углеродных атомов в частице заменяется другой, и получаются частицы с новым измененным углеродным скелетом, как можно видеть на примере:



где в первом случае трехчленный цикл превращается в четырехчленный и во втором — шестичленный в семичленный. В некоторых случаях Н. Я. констатировал возможность обратных переходов»<sup>9</sup>.

Плодотворная научная деятельность Н. Я. Демьянова в Петровской (Тимирязевской) сельскохозяйственной академии продолжалась многие годы. Широкую известность получили его работы по агрономической химии и химии растений.

В 1896—1899 гг. кафедру химии Московского сельскохозяйственного института возглавил М. И. Коновалов. Здесь он, совместно со своими учениками, продолжил магистральное направление своих исследований — изучение питрующего действия азотной кислоты на

<sup>9</sup> Фаворский А. Е. Академик Николай Яковлевич Демьянов. — В кн.: Академик Н. Я. Демьянов..., с. 26—27.

различные органические соединения. В 1898 г. Коновалов разработал удобный способ превращения первичных и вторичных нитросоединений в соответствующие оксимы и кетоны или альдегиды<sup>10</sup>.

В 90-е годы XIX в. сильно возрос интерес к изучению комплексных соединений, о чем мы уже говорили в главе 14.

По инициативе М. И. Коновалова в Московском сельскохозяйственном институте в 1897 г. начались исследования в этом новом, перспективном направлении — изучение комплексных соединений бромистого алюминия с органическими и минеральными веществами. «Реакция образования комплекса такого типа  $[CS_2(AlBr_3C_2H_5Br)_2]$  — Ю. С., — указывал М. И. Коновалов, — вероятно, может иметь широкое применение (...) Мне кажется, мои комплексы заслуживают внимательного изучения (...) Состав таких комплексов имеет интерес с точки зрения учения об атомности (валентности. — Ю. С.) элементов и невольно вызывает мысль на сравнение этих комплексов со сложными минеральными комплексами»<sup>11</sup>.

Исследования комплексов галогенидов алюминия с органическими и минеральными веществами продолжил ученик М. И. Коновалова — В. А. Плотников<sup>12</sup>. «Исследование... было пачато мною, — писал Плотников, — по предложению и под руководством проф. М. И. Коновалова в лаборатории Московского сельскохозяйственного института; главная же часть работы была исполнена в Киевском политехническом институте, в лаборатории профессора В. Ф. Тимофеева»<sup>13</sup>.

<sup>10</sup> См.: [Коновалов М. И.] Нитрование предельных углеводородов в запаянных трубках и открытых сосудах. — ЖРФХО, 1898, т. 30, вып. 8, с. 880; см. также: [Коновалов М. И.] Нитрующее действие азотной кислоты на углеводороды предельного характера: Сообщ. VII... Продукты нитрования диизобутила и диизоамила и их производные. — ЖРФХО, 1899, т. 31, вып. 5, с. 507.

<sup>11</sup> Коновалов М. И. Новые соединения бромистого алюминия с органическими веществами. Спитез серпистых соединений: Сообщ. I. — Изв. Моск. с.-х. ин-та, 1897, Год III, кн. 3, с. 99.

<sup>12</sup> Владимир Александрович Плотников (1873—1948), окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета (1895). В 1899 г. переезжает в Киев на должность лаборанта вновь организованного Киевского политехнического института. В 1901 г. командировается в Гёттинген, где в лаборатории В. Нернста изучает методы физической химии и работает в области электрохимии. В 1904 г. в Московском университете защитил магистерскую диссертацию «О сложных соединениях хлористого и бромистого алюминия», а в 1909 г. докторскую: «Исследования по электрохимии неводных растворов». С 1909 г. — экстраординарный, а с 1911 г. — ординарный профессор, заведующий кафедрой физической химии Киевского политехнического института. В 1922 г. организовал научно-исследовательскую кафедру Наркомпроса в Киеве, которая в 1933 г. была преобразована в Институт химии АН УССР. С 1920 г. — действительный член Академии наук УССР, с 1931 г. — член-корреспондент Академии наук СССР.

См.: Збірник, присвячений 35-літтю наукової діяльності академіка Володимира Олександровича Плотнікова. Київ: Видавництво АН УРСР, 1936.

<sup>13</sup> Плотников В. А. О сложных соединениях хлористого и бромистого алюминия. — Изв. Киевского политехн. ин-та. Отд. физ.-мат. и хим., 1902, Год II, кн. 2, с. 100 (отд. паг.).

В 1899 г. адъюнкт-профессором неорганической и аналитической химии Московского сельскохозяйственного института был избран И. А. Каблуков. Рекомендую Каблукова, академик Н. Н. Бекетов писал: «Приват-доцент Московского университета, доктор химии И. А. Каблуков может вести занятия по сельскохозяйственному анализу — предмет, с которым г-н Каблуков специально знаком. Именно под его руководством произведены исследования пчелиного воска и русских сортов меда»<sup>14</sup>. Неорганическую и аналитическую химию И. А. Каблуков читал в этом институте на протяжении 43 лет.

И. А. Каблуков и Н. Я. Демьянов приняли активное участие в постройке нового химического корпуса Сельскохозяйственного института. На первой лекции в новом здании химической лаборатории 22 октября 1914 г. Каблуков сказал: «Возникшая в 1864 году она (химическая лаборатория. — Ю. С.) уже через десять лет оказалась тесной, как можно судить по тому, что еще в 1873 г. профессор Э. Б. Шэне был выработан проект расширения лаборатории, но этому проекту суждено было лежать многие годы без движения: протекло 30 лет, прежде чем совершилось расширение лаборатории (...)

Славу лаборатории создают не ее стены и обстановка, а труды и исследования, из нее выходящие; и «старая» химическая лаборатория в Петровско-Разумовском благодаря трудам покойных профессоров: Ильенкова, Э. Б. Шэне, М. И. Коновалова и Г. Г. Густавсона заслужила почетную известность в ученом мире.

Благодаря им в ней создалась бодрящая научная атмосфера, давшая возможность молодым силам начать и с успехом закончить свои первые научные труды; многие бывшие ассистенты в настоящее время с честью занимают профессорские кафедры в различных высших учебных заведениях, как то: Н. Я. Демьянов, В. П. Ижевский, И. В. Егоров, А. Е. Чичибабин и др.»<sup>15</sup>.

В 1903 г. А. Е. Чичибабин<sup>16</sup>, ученик В. В. Марковникова и М. И. Коновалова, разработал реакцию получения алифатических и ароматических альдегидов взаимодействием магнийорганических соединений и ортомуравьиного эфира с последующим гидролизом образовавшегося ацетала. В том же 1903 г. Чичибабин защитил магистерскую диссертацию «О продуктах действия галоидных соединений на пиридин и хинолин».

<sup>14</sup> Архив АН СССР, ф. 474, оп. 1, № 20а.

<sup>15</sup> Каблуков И. А. К истории кафедры химии в Петровско-Разумовском. — Земледельческая газ., 1915, № 47, с. 1288.

<sup>16</sup> Алексей Евгеньевич Чичибабин (1871—1945), окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета (1892). В 1899—1909 гг. работал на кафедре химии Московского сельскохозяйственного института. С 1909 г. — профессор Московского технического училища.

См.: Евсеева П. М. А. Е. Чичибабин. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1958, т. 18, с. 296—356.

В 1906 г. А. Е. Чичибабин предложил способ получения производных пиридина термической циклоконденсацией альдегидов с аммиаком. Широкое применение в химии ароматических азотсодержащих гетероциклов получила реакция амидирования пиридиновых соединений при помощи амида натрия, открытая Чичибабиным в 1914 г.

Исследования А. Е. Чичибабина в области химии пиридина и других азотистых гетероциклов имели важное значение для изучения алкалоидов и других растительных веществ, обладающих физиологическим действием. «Разработка химии пиридина,— писал Чичибабин,— обогатит медицину и технику фармацевтических препаратов рядом новых целебных веществ. Можно надеяться, что и ряд красок, производных пиридина, сделавшись доступным, приобретет и техническое значение»<sup>17</sup>.

В 1915 г. А. Е. Чичибабин и В. М. Родионов<sup>18</sup> организовали в Московском техническом училище мастерскую медикаментов. Здесь Родионов начал свои исследования в области алкалоидов, которые привели к открытию метода синтеза  $\beta$ -аминокислот и получению ряда гетероциклических соединений. Исследования в области химии гетероциклических соединений успешно продолжили ученики Чичибабина.

Итак, мы видим, что в Московском научном центре были выполнены оригинальные исследования по физической и органической химии. Работы Марковникова и Зелинского, Демьянова и Кижнера, М. Коновалова и Наметкина, Лугинина и Шилова обогатили отечественную и мировую химию выдающимися открытиями.

<sup>17</sup> Чичибабин А. Е. Исследования из области пиридиновых оснований.— Тр. Моск. научн. ин-та. Хим. отдел, 1918, вып. 1, с. 1; цит. по ст.: Евтеева П. М. Указ. соч., с. 317.

<sup>18</sup> Владимир Михайлович Родионов (1878—1954), окончил Дрезденский политехнический институт (1901) и Московское техническое училище (1906). В 1906—1920 гг.— инженер на различных химических предприятиях. В 1920—1934 гг.— профессор Московского университета. С 1943 г.— действительный член Академии наук СССР.

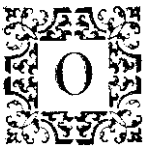
См.: Шемякин М. Академик Вл. Мих. Родионов: К 75-летию со дня рождения. — Журн. общ. химии, 1953, т. 23, вып. 11, с. 1785—1794.

## НАУЧНЫЕ ЦЕНТРЫ В ХАРЬКОВЕ, ДЕРПТЕ, РИГЕ, КИЕВЕ, ОДЕССЕ, ВАРШАВЕ

В предыдущих разделах мы рассмотрели основные направления развития химии в двух больших научных центрах: петербургском и московском. Теперь нам предстоит ознакомиться с развитием химии в таких научных центрах, как Харьков, Дерпт (ныне Тарту), Рига, Киев, Одесса, Варшава. В различных научных учреждениях этих городов возникли свои научные школы, представители которых выполнили ценные исследования в области физической, неорганической и органической химии. Мы начнем наше изложение с характеристики физико-химической школы П. Н. Бекетова, созданной в Харьковском университете.

### Глава 20

## ХАРЬКОВСКАЯ ШКОЛА ФИЗИКО-ХИМИКОВ. ИССЛЕДОВАНИЯ Н. Н. БЕКЕТОВА

рганизация и становление школы физико-химиков в Харьковском университете<sup>1</sup> связано с именем Н. Н. Бекетова. Николай Николаевич Бекетов<sup>2</sup> родился 1 января 1827 г. в семье морского офицера. В 1844 г. поступил в Петербургский университет, но с третьего курса перешел в Казанский университет, где стал учеником Н. Н. Зинина. Казалось бы, будучи учеником Зинина, Бекетов должен был свои научные интересы приковать к органической

<sup>1</sup> Первым профессором химии Харьковского университета был Ф. И. Гизе, о деятельности которого мы уже говорили. С 1816 по 1836 г. кафедру химии Харьковского университета занимал ученик Гизе профессор И. И. Сухомлинов (1793—1836). Он занимался главным образом преподавательской деятельностью, читая курсы лекций по руководству Ф. И. Гизе, Г. И. Гесса, Л. Гмелина. После отставки Сухомлинова (1836) кафедра химии была несколько лет вакантной. Только в феврале 1842 г. ее занял П. И. Эйnbrотт (1809—1857). Он руководил кафедрой в течение 12 лет, до 1854 г. Ему принадлежит ряд работ, из которых заслуживают внимания статьи по электрохимии и докторская диссертация об атомном весе азота (*Einbrodt P. Considérations sur la théorie électrochimique.*—*Ann. chim. phys.*, 1836, t. 61, p. 264—276; [Эйnbrотт П.]) Об атомическом весе азота: Рассуждение, писанное для получения степени доктора физики и химии. Харьков, 1846. XVI+51 с.).

<sup>2</sup> О жизни и деятельности Н. Н. Бекетова см.: В память 50-летия ученой деятельности Николая Николаевича Бекетова (1853—1903). Харьков, 1904. 175 с.; Тимофеев В. Научная деятельность Н. Н. Бекетова (1853—1903).—ЖРФХО. Ч. хим., 1913, т. 45, вып. 3, с. 383—433; Турченко Я. И. Николай Николаевич Бекетов. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 208 с.

химии. Но, видимо, мы полностью не знаем всего спектра научных интересов Зинина и его воздействия как химика широкого плана на своих учеников. Вспомним, что магистерская диссертация Зинина была написана на тему «О явлениях химического сродства и о превосходстве теории Берцелиуса о постоянных химических пропорциях перед химическою статикою Бертолле» (1836). В тезисах к этой диссертации отмечалось, что «различные состояния тел суть различные случаи равновесия системы частичек (...) Законы постоянных пропорций можно объяснить, рассматривая составы как различные случаи прочности равновесия»<sup>2а</sup>.

И. Н. Бекетов, видимо, слушал речь Н. Н. Зинина «Взгляд на современное направление органической химии», произнесенную на торжественном собрании Казанского университета 8 июня 1847 г. Зинин говорил, что химия стала наукой тогда, когда был «найден способ сравнения химических явлений; этот способ — взвешивание (...) Вес есть главное, что в химических явлениях может быть и должно быть сравниваемо; он остается до сих пор почти единственным элементом явлений, который приводит к открытию законов соединения и разложения тел, позволяющих не только объяснять наблюдаемые явления, определять взаимные действия прикосновенных веществ, но предсказывать их вперед»<sup>3</sup>. Эти пророческие слова, как мы знаем, полностью оправдались; тому свидетельство — научные открытия Д. И. Менделеева и Н. Н. Бекетова.

Но вернемся к тому времени, когда в лаборатории Н. Н. Зинина И. Н. Бекетов формировался как физико-химик. В 1846/47 г. Бекетов слушал лекции Зинина и в 1848 г. под его руководством выполнил дипломную работу «Рассуждение о действии возвышенной температуры на органические соединения». После окончания Казанского университета Бекетов возвратился в Петербург. Здесь в химической лаборатории Зинина в Медико-хирургической академии он выполнил магистерскую диссертацию «О некоторых новых случаях химического сочетания и общие замечания об этих явлениях», которую защитил 17 мая 1853 г. Эта работа выполнена в русле органической химии, но в ней уже звучат те мотивы (найти различия между «химическим значением» отдельных атомов в соединениях и выяснить их влияние на ход химических реакций), которые разовьются впоследствии в широкую программу физико-химических исследований.

20 июня 1855 г. Н. Н. Бекетов избирается экстраординарным профессором Харьковского университета. Молодому профессору предстояло выработать программу своей научной и педагогической деятельности. Чем больше он вникал в суть тех изменений, кото-

<sup>2а</sup> Цит. по: Меншуткин Б. П. Н. Н. Зинин (рукопись, 1937). — Архив АН СССР, ф. 327, оп. 1, № 72.

<sup>3</sup> Зинин Н. Н. Взгляд на современное направление органической химии. — В кн.: Зинин Н. Н. Труды по органической химии. М.: Наука, 1982, с. 169 (Классики науки).

рые происходили в химии в конце 1850-х годов, тем больше он понимал, что проблемы, стоящие на стыке химии и физики, заслуживают особого внимания и изучения. «Был ли он (Бекетов.— Ю. С.) достаточно подготовлен для этой работы экспериментатора и теоретика в новой области физико-химии?» — спрашивает П. И. Вальден и сам же отвечает: «С современной точки зрения на это следует ответить отрицательно. По ходу образования он не получил достаточно основательной подготовки по теоретической физике и математике, т. е. по тем наукам, без которых успешная деятельность физико-химика весьма затруднительна». С присущей Николаю Николаевичу откровенностью он сам пишет (1865 г.): «Не обладая сам необходимыми для этого математическими сведениями, я и не мог взяться за это (т. е. за приложение строго математического метода к изучению химических явлений), а только указал на возможность и путь такого применения»<sup>4</sup>. Поэтому *качественные*, а не *количественные* выводы следовали из его экспериментальных исследований причин прочности соединений. Но эти качественные выводы подготовили почву для количественных закономерностей, они помогли выбрать путь изучения тех объектов и условий, который ближе подвел физико-химиков к количественной формулировке основных положений учения о химическом равновесии.

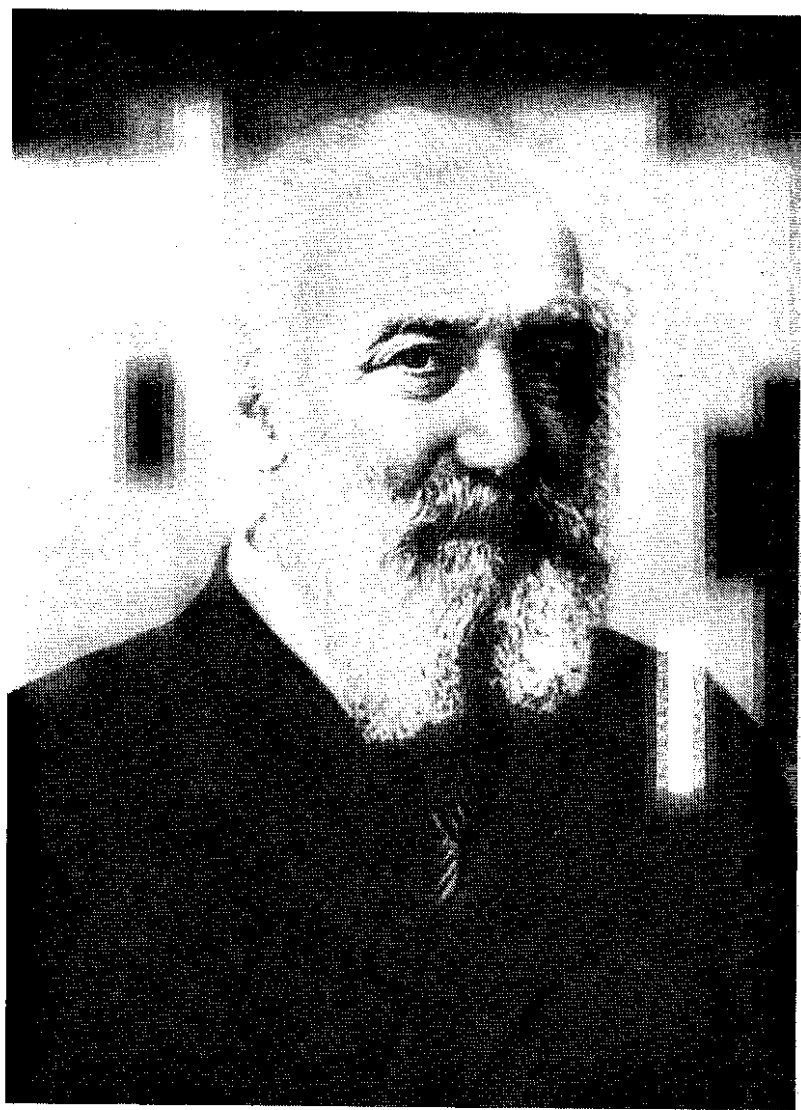
11 января 1858 г. Н. Н. Бекетов поехал в заграничную научную командировку. Он побывал во многих европейских странах, где слушал лекции выдающихся химиков (Ф. Вёлера, Г. Коппа, Р. Бунзена, А. Сент-Клер Девиля и др.). «Из знакомства своего с положением и движением науки и с многочисленными ее деятелями,— писал Бекетов в отчете о заграничной командировке,— я могу заключить, что быстрое развитие химии и практических ее применений в Западной Европе происходит преимущественно оттого, что преподавание и изучение ее идет рука об руку с самостоятельными исследованиями»<sup>5</sup>.

### ОРГАНИЗАЦИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ В ХАРЬКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Чтобы организовать в Университете самостоятельные исследования, необходимы были соответствующая лаборатория и коллектив сотрудников-единомышленников. Для этого надо было организационно оформить новые физико-химические знания в структуре существующих наук, оформить физическую химию как учебную дисциплину. С этой целью Н. Н. Бекетов принимает решение создать на

<sup>4</sup> Вальден П. Николай Николаевич Бекетов. 1827—1911: Некролог.— Изв. имп. Академии наук. Сер. VI. 1912, т. VI, № 2, с. 126.

<sup>5</sup> Цит. по кн.: Турченко Я. И. Указ. соч., с. 43.



НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ  
БЕКЕТОВ



физико-математическом факультете Харьковского университета специальное, физико-химическое, отделение<sup>6</sup>.

В мае 1864 г. Н. Н. Бекетов представил физико-математическому факультету следующую докладную записку:

«Между науками, входящими в состав физико-математического факультета, физика и химия составляют особенную группу сведений. В этом, конечно, никто из знакомых с делом не сомневается. По своей цели — изучения общих свойств и строения материи, по своему исключительно опытному методу, наконец, по литературе, физика и химия вполне отделяются от так называемых естественных наук. С другой стороны, связь между химией и физикой с каждым днем увеличивается; особенно в последнее время сведения наши обогатились рядом исследований, одинаково относящихся к обеим наукам. Эти исследования, начавшись со времен Лавуазье, продолжались такими замечательными учеными, каковы были Гей-Люссак, Дюлон и Пти, Реньо, Дюма во Франции, Деви и Грегем (Грэм. — Ю. С.) в Англии, Митчерлих, Копи и в последнее время Бунзен и Кирхгоф в Германии. Знать химию и еще больше — производить химические исследования невозможно без основательного знакомства с физикой, а потому также и с математикой. Физика, в свою очередь, все более и более переходит границы, отделявшие ее от химии; изучение так называемых общих физических свойств разных тел получает рациональное значение только в связи с их химическим составом. Большая часть явлений электрических и теплородных находится в близкой связи с явлениями химическими и часто изучаются вместе, как тому служат доказательством работы Бекереля, Дюлона и Пти, Фавра и Зильбермана и мн. др. Поэтому естественно, что преподавание и вообще изучение этих наук в университете должно быть обставлено согласно их современному состоянию и направлению; т. е., во-первых, они должны стать главными предметами в одном разряде и, во-вторых, должны опираться на все то науки, знание которых помогает их изучению или дополняет его (...)

Всего сказанного достаточно, чтобы убедиться в необходимости учредить в физико-математическом факультете третий разряд *физико-химический*, основанием которого служили бы физика и химия»<sup>7</sup>.

Поставленный Н. Н. Бекетовым вопрос был быстро решен, и впервые в русском университете — Харьковском — было открыто физико-химическое отделение, которое просуществовало до 1884 г.

<sup>6</sup> См.: Физико-математический факультет Харьковского университета за первые сто лет его существования (1805—1905). Харьков, 1908, с. 16; *Тимофеев В. Ф.* О научных заслугах Н. Н. Бекетова в области физико-химии. Харьков, 1914. См. также серию статей, посвященных памяти Н. Н. Бекетова: ЖРФХО, Ч. хим., 1913, т. 45, вып. 3, с. 383—433; *Измайлов Н. А.* Развитие физической химии в Харьковском университете за 150 лет его существования. — Уч. зап. Харьк. ун-та, 1955, т. 58, с. 113 (Гр. Хим. факультета и Научно-исслед. ин-та химии; Т. 13).

<sup>7</sup> Физико-математический факультет Харьковского университета..., с. 16—17.

На этом отделении Бекетов не только читал студентам курс физической химии, но и руководил практическими занятиями; ставил задачи по определению плотности пара, молекулярного веса, по получению и изучению спектров и т. д. Он читал здесь также ряд специальных курсов, преимущественно физико-химического направления: «Анализ газов, определение удельного веса пара и другие специальные упражнения» (1869), «Физико-химия» (1871), «Теоретическая химия» (1876), «Термофото- и электрохимия» (1878), «Упражнения над исследованием различных химико-аналитических и физико-химических вопросов» (1878) и др.

В 1886 г. Н. Н. Бекетов издал свой курс физической химии, который по своему содержанию и по своей структуре явился оригинальным учебным пособием. Основное содержание лекций Бекетова по курсу «Физико-химия» было посвящено изложению соотношений свойств элементов и их соединений. «Хотя мы различаем физические и химические свойства тел,— говорил Бекетов,— тем не менее, те и другие суть выражение строения и свойств малейших частиц ...» Если вспомнить свойства элементов химии, то вы увидите, что самые простые физические свойства тел, например удельный вес во всех физических состояниях, имеют самое ближайшее отношение к химическим свойствам: к весу атомов, весу частиц (молекул.— Н. С.) <...>

Определив преломляющую способность сложного тела, особенно органического соединения, мы в состоянии судить о составе <...>

Тесная связь с качеством и весом атомов открыта и в способности тел испускать и поглощать те или другие световые тепловые лучи, на чем, как известно, и основан спектральный анализ <...>

Мы видим, что соотношение между физическими и химическими свойствами проявляется почти в каждом явлении»<sup>8</sup>.

Свой курс физической химии Н. Н. Бекетов делил на две части. Первая часть была посвящена изучению свойств газов, жидкостей и твердых тел, связи между физическими свойствами и химическим составом соединений, изучению эмиссионных спектров простых тел и соединений, а также химическому действию электрического тока; вторая часть была посвящена термохимии, изучению диссоциации и сродства. Здесь же рассматривались тепловые эффекты химических реакций. Особенно большое внимание придавалось в лекциях термохимии и основам термодинамики. Излагался закон сохранения энергии и массы, как следствие из этого рассматривался закон постоянства сумм тепла Гесса.

Таким образом, курс Н. Н. Бекетова являлся систематическим изложением физической химии. Бекетов заботился не только об организации преподавания физико-химии, но и об организации физико-химических исследований. По его инициативе в 1872 г. было со-

<sup>8</sup> Бекетов Н. Н. Избранные произведения по физической химии. Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1955, с. 125—128.

здано при Харьковском университете Общество опытных наук с физико-химической секцией<sup>9</sup>, где проводились физико-химические исследования и читались научные доклады. «Русские ученые — мы с гордостью можем это отметить, — писал профессор И. П. Осипов, — одни из первых провидели такое направление в движении химии по пути развития: уже с 50-х годов Д. И. Менделеев и Н. Н. Бекетов словом и делом пропагандировали изучение физико-химических соотношений»<sup>10</sup>.

Научная деятельность Н. Н. Бекетова продолжалась 58 лет. Все это время он занимался исследованиями в области физической химии. Умер Н. Н. Бекетов 30 ноября 1911 г.

### «ИССЛЕДОВАНИЯ НАД ЯВЛЕНИЯМИ ВЫТЕСНЕНИЯ ОДНИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДРУГИМИ» (1865)

В 1859 г. в Париже, в химической лаборатории Ж. Дюма (автора известных работ по металлепсии), Н. Н. Бекетов выполнил научную работу, которая во многом определила характер его дальнейших исследований. В статье «О действии водорода под различными давлениями на некоторые металлические растворы», отражающей результаты этой работы, Бекетов сформулировал вывод: «...действие водорода зависит от давления газа и от крепости металлического раствора, или, другими словами, от химической массы восстанавливающего тела, как и в других действиях этого рода»<sup>11</sup>. Вывод этот представлял значительный интерес. С давних времен было известно, что при взаимодействии металлов и кислот выделяется водород. Возникал вопрос, не будет ли *сжатый* водород в свою очередь выделять некоторые металлы из водных растворов их солей. Так родилась программа оригинального исследования.

Н. Н. Бекетов установил, что: 1) водород в газообразном состоянии или в водном растворе может выделять некоторые металлы (например, серебро и ртуть) из их соляных растворов; 2) действие водорода зависит от *давления* водорода и от *концентрации* раствора.

11 марта 1859 г. на заседании Парижского химического общества Н. Н. Бекетов сделал доклад о своей новой работе: «О некоторых явлениях восстановления». В нем он сообщил, что при действии металлического алюминия на кислородные соединения бария выделяется металлический барий, и сформулировал правило: «Нап-

<sup>9</sup> См.: *Андреасов Л. М.* Деятельность физико-химического общества при Харьковском университете (1872—1915 гг.). — В кн.: *Из истории отечественной химии: Роль ученых Харьковского университета в развитии химической науки.* Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1952, с. 225—281.

<sup>10</sup> *Осипов И. П.* Очерк развития химии в XIX в.: Речь, произнесенная на торжественном акте Университета 17-го января 1898 года. Харьков, 1898, с. 17.

<sup>11</sup> *Бекетов Н. Н.* О действии водорода под различными давлениями на некоторые металлические растворы. — *Хим. журн. Н. Соколова и А. Энгельгардта*, 1859, т. 1, кн. 3, с. 213. Эта статья вначале была опубликована на французском языке (*Compt. rend. Acad. sci.*, 1859, t. 48, p. 442).

более прочными соединениями оказываются те, в которых вес обоих паев наиболее приближается к равенству и с увеличением разницы в весе соединенных паев уменьшается прочность соединений»<sup>12</sup>.

Указанные две работы молодого ученого послужили зародышем тех научных взглядов, которых он придерживался и развивал в течение всей последующей научной деятельности. В одной из своих первых экспериментальных работ Н. Н. Бекетов установил, что на прочность образующегося химического соединения, а также и на количество выделяющейся при этом теплоты оказывает большое влияние близость весовых количеств вступающих в реакцию элементов. К этому наблюдению он возвращается в своей докторской диссертации «Исследования над явлениями вытеснения одних элементов другими», опубликованной в 1865 г. Диссертация была посвящена изучению влияния различных факторов (прежде всего давления и концентрации реагирующих веществ) на ход реакций вытеснения одних элементов другими.

«Выделение одних элементов другими из соединений,— писал Н. Н. Бекетов,— представляет явление, имеющее самый глубокий научный интерес, потому что здесь мы прямо сталкиваемся с первоначальными химическими свойствами этих элементов. Это явление обнаруживает в самом простом виде то, что называют химическим средством, тотчас указывая на химическое различие элементов, чего не обнаруживают явления прямого соединения <...>

Химические действия, проявляясь между малейшими частицами тела, должны быть в совершенной зависимости от масс и взаимного расстояния этих частиц, то есть, вообще говоря, от внутреннего строения материи, которое по преимуществу и определяет химический характер данного элемента; с другой стороны, и внешние физические условия... могут изменить в то же время химическое их действие»<sup>13</sup>.

Н. Н. Бекетов, рассматривая условия прочности химических соединений, отмечал, что чем ближе по величине эквиваленты элементов, образующих соединение, тем большей стойкостью будет отличаться данное соединение к действию высоких температур.

Изучая вытеснение водородом различных металлов (серебра, ртути) из растворов их солей (под давлением), Н. Н. Бекетов установил, что действие газа пропорционально давлению. Оказалось возможным прекартировать реакцию растворения металла в кислоте путем сильного повышения давления водорода; это позволило сместить равновесие в сторону обратной реакции.

Н. Н. Бекетов осуществил восстановление кремния цинком, бая — алюминием и т. д. Он писал, что этот метод «окажется удоб-

<sup>12</sup> Бекетов Н. Н. О некоторых явлениях восстановления.— Хим. журн. Н. Солодова и А. Энгельгардта, 1859, т. 2, кн. 1, с. 24.

<sup>13</sup> Бекетов Н. Н. Исследования над явлениями вытеснения одних элементов другими.— В кн.: Бекетов Н. Н. Избр. произв. по физической химии, с. 33, 54.

ным для практики, так как цена глиния (алюминия.— Ю. С.) не высока»<sup>14</sup>. Действительно, этот метод лег в основу алюмотермического метода восстановления окиси металла до чистого металла алюминием.

В 1898 г. в работе «Новый способ получения металлов, сплавов и т. д.» немецкий ученый Г. Гольдшмидт описал алюмотермический метод восстановления металлов из их окислов. Освещая историю возникновения алюмотермического метода, В. В. Курилов писал: «Кто не поражался несколько лет тому назад опытом Гольдшмидта над получением при помощи алюминия чистого железа восстановлением этого металла непосредственно из руды. Опыт этот ставился в лабораториях всего света и вызывал справедливое удивление по элементарной простоте выполнения задачи получения чистых металлов, с одной стороны, и по достижению высоких температур — с другой. Идея введения алюминия как восстановителя, путь теоретических обоснований этого процесса — все это всецело принадлежит Н. Н. Бекетову; эта идея... относится еще к шестидесятым годам прошлого столетия; плодотворность же ее понята опять-таки только в настоящее время»<sup>15</sup>.

На работы Н. Н. Бекетова опирался В. Н. Ипатьев, который отмечал: «До моих исследований в этой области (изучение реакций при высоких давлениях.— Ю. С.) было только две работы: академика Н. Н. Бекетова и известных химиков Таммана и Нернста. Н. Н. Бекетов показал, что благородные металлы могут быть осаждены водородом, но ему не удалось осадить из растворов меди. Точно так же Тамман и Нернст в 1895 г. не были в состоянии осадить медь из раствора медного купороса водородом под давлением до 40 атмосфер. При таких давлениях у них начинали уже разрываться приборы, и они не смогли продолжать свои опыты. Первые мои опыты... тоже дали отрицательные результаты, хотя мы производили опыты под давлением до 600 атмосфер при температуре 40—50 град. Но когда были произведены опыты при давлении не выше 100 атмосфер, но при температуре около 200 град., то медь целиком выделилась из раствора медного купороса в виде прекрасных образцованных кристаллов <...> Так было установлено, что для каждого металла существуют особые „критическая температура и давление“, при которых возможно его вытеснение из раствора водородом».

В 1878—1894 гг. Н. Н. Бекетов выполнил серию работ, посвященных изучению прочности кислородных соединений щелочных металлов при помощи термохимических измерений теплот образования окисей и теплот их гидратации<sup>16</sup>. Водород здесь вновь применяется как восстановитель. В 1879 г. он осуществляет восстановление

<sup>14</sup> Там же, с. 54.

<sup>15</sup> Курилов В. В. Светлой памяти Н. Н. Бекетова. — ЖРФХО. Ч. хим., 1913, т. 4, вып. 3, с. 432—433.

<sup>16</sup> См.: [Бекетов Н. Н.] Основные начала термохимии: Четыре лекции, читанные академиком Н. Н. Бекетовым. М., 1890, 38 с.

$\text{Na}_2\text{O}$  в металлический натрий, в 1881 г. получает металлический калий, в 1883 — литий<sup>17</sup>, в 1885 — рубидий, в 1894 — цезий<sup>18</sup>.

Н. Н. Бекетов на основании того, что теплота образования окисей щелочных металлов, а следовательно, и прочность их уменьшаются с увеличением атомного веса, делает вывод, что восстанавливающее действие водорода на окиси щелочных металлов будет проявляться тем легче, чем больше атомный вес металла. Экспериментальные исследования подтвердили этот вывод. Наиболее прочной оказалась окись лития, которая водородом не восстанавливается; восстановление окиси натрия водородом наблюдается только при повышенной температуре<sup>19</sup>. Что же касается окиси калия, то она легче восстанавливается, чем окись натрия; для этого достаточно лишь легкого нагревания<sup>20</sup>.

Изучая свойства окиси натрия<sup>21</sup>, Н. Н. Бекетов сделал термодинамические расчеты взаимодействия ее с угольным ангидридом, которые убедительно показали, что можно ожидать непосредственного соединения  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$ , так как этот процесс должен быть экзотермическим. И действительно, при нагревании окиси натрия в атмосфере угольного ангидрида наблюдалось интенсивное раскаливание и при этом угольный ангидрид быстро поглощался. На эти наблюдения Бекетова обратил внимание А. М. Бутлеров, который отметил их важное значение: «...Исследование вопросов о химических отношениях безводной окиси натрия побудило г. Бекетова высчитать количество теплоты, долженствующей выделяться при соединении безводной окиси натрия с углекислотой. Количество это оказалось весьма значительным и привело нашего ученого к заключению, что прямое соединение этих двух веществ должно быть возможным и произойдет с большой энергией. Такой вывод... являлся неожиданным. Правда, прежде соли рассматривались как продукт соединения безводных кислот (ангидридов) с безводной окисью металла, но этот бинарный взгляд уже давно заменился унитарным, по которому соль есть продукт замещения водорода кислоты металлом — замещения, совершающегося при взаимодействии кислоты и щелочи. Но щелочи и кислоты, следуя тому же взгляду, суть гидратные соединения; ангидриды же не имеют ни кислотных, ни щелочных свойств. Возможность получения солей прямым соединением ангидридов выходило из границ такого воззрения: проф. Бекетов существенно расширил эти границы, показав, что соединение безводной окиси натрия с углекислотой совершается весьма энергично, со-

<sup>17</sup> См.: Бекетов Н. Н. Об окиси лития. — ЖРФХО, 1883, т. 15, вып. 7, отд. II, с. 374—375.

<sup>18</sup> См.: [Бекетов Н. Н. О действии водорода на безводную окись цезия.] — ЖРФХО, 1893, т. 25, с. 433—434. Протоколы.

<sup>19</sup> См.: Бекетов Н. Исследование образования и свойств безводной окиси натрия. — ЖРФХО, 1883, т. 15, вып. 5, с. 277—295.

<sup>20</sup> См.: Бекетов Н. Н. Об окиси калия. — ЖРФХО, 1881, т. 13, вып. 6, с. 394—395.

<sup>21</sup> См.: Бекетов Н. Н. Исследование образования и свойств безводной окиси натрия, с. 292—295.

проводящаяся накаливанием <...> Смейем думать, что описанные, открытые г. Бекетовым факты должны быть признаны „существенно обогащающими науку“, они тесно связаны с важнейшими основными понятиями общей химии»<sup>22</sup>.

Важный результат был получен при действии водорода как восстановителя на соли уголекислоты ( $\text{NaHCO}_3$ ). При этом образовывалась муравьиная кислота ( $\text{HCOOH}$ ). С физиологической точки зрения это наблюдение имело важное значение для изучения механизма превращения  $\text{CO}_2$  (из атмосферы) в растениях в сложные органические соединения.

29 декабря 1880 г. Петербургская Академия наук присудила Н. Н. Бекетову премию имени М. В. Ломоносова за исследование вопроса о химических отношениях безводной окиси натрия к водороду и уголекислоте.

Данные термохимических исследований позволили Н. Н. Бекетову сделать вывод, что закон максимальной работы справедлив лишь при температуре абсолютного нуля. Анализируя положение М. Бергго, в котором утверждается, что всякая система стремится перейти в конечную систему, отвечающую наибольшему выделению теплоты, Бекетов писал: «Это явление ни в коем случае нельзя пазвать общим, и оно, очевидно, находится еще в большей зависимости как от внешних условий, в которых находится система, так и от внутренних; условия же эти или нам в большинстве случаев вовсе неизвестны, или известны крайне мало»<sup>23</sup>.

Н. Н. Бекетов, делая разбор теоретических воззрений М. Бергго, подчеркивал, что принцип максимальной работы является неполным и односторонним. Он считал, что важнейшая задача термохимии состоит в том, чтобы «изучить условия, при которых внешняя энергия переходит в химическую; нужно изучить, какие условия способствуют переходу света, теплоты, электричества в химическую энергию, как и обратное, то есть выделение всех этих родов сил при химических процессах»<sup>24</sup>.

Вывод Н. Н. Бекетова о том, что закон максимальной работы оправдывается только при определенных температурных условиях, согласуется с учением современной термодинамики.

### «ДИНАМИЧЕСКАЯ СТОРОНА ХИМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ» (1879)

Решение проблемы химического сродства Н. Н. Бекетов видел в изучении «химического действия» в зависимости от масс, взаимного расстояния и движения атомов.

В 1879 г. Н. Н. Бекетов выступил с докладом «Динамическая сторона химических явлений», в котором высказал ряд оригиналь-

<sup>22</sup> Цит. по кн.: Турченко Я. И. Указ. соч., с. 131.

<sup>23</sup> Бекетов Н. Н. Избр. произв. по физической химии, с. 227.

<sup>24</sup> Там же, с. 228.

ных мыслей о глубокой связи движения атомов с «динамическим электричеством». Согласно его взглядам, «... в акте взаимодействия, или интерференции движений, всегда будут две противоположные стороны, соответствующие электроположительному и электроотрицательному движениям. Таким образом, интерференция двух противоположных движений и является как бы соединением двух противоположных электричеств»<sup>25</sup>.

В 1902 г. в журнале «Научное обозрение» Н. Н. Бекетов опубликовал статьи «О значении периодической системы Д. И. Менделеева»<sup>26</sup> и «О превращении химических элементов», в которых развил мысль, что периодический закон — это закон эволюции атомов, что это «закон образования элементов из другого, еще более простого, вещества». Эти идеи были восторженно приняты Н. А. Морозовым, автором замечательной книги «Периодические системы строения вещества. Теория образования химических элементов», опубликованной в 1907 г.<sup>27</sup>

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧЕНИКОВ Н. Н. БЕКЕТОВА

Ученик Н. Н. Бекетова профессор В. Ф. Тимофеев подчеркивал, что «научная деятельность химиков Харькова лежит... главным образом в области физико-химических вопросов»<sup>28</sup>.

В своих исследованиях ученики Н. Н. Бекетова использовали два метода — термохимический и термодинамический. Термохимический метод позволял измерять *энергию* химической реакции через теплоту, термодинамический — *работу* химической энергии. Эти два направления ярко проявились в исследованиях таких ученых, как И. П. Осипов, В. Ф. Тимофеев, П. Д. Хрущов, Н. Д. Пильчиков и др.

И. П. Осипов<sup>29</sup> в своих термохимических исследованиях пришел к следующим выводам: «1. Ни в рядах (ароматическом и жирном), ни в различных классах рядов *постоянства разностей* теплот горения, соответствующих приращению частицы на  $\text{CH}_2$ , не замечается. 2. Более *правильные изменения* разности теплот горения наблюдаются в классах углеводов, спиртов, фенолов, нитрилов и ами-

<sup>25</sup> Бекетов Н. Н. Динамическая сторона химических явлений. — В кн.: Бекетов Н. Н.: Речи химика. СПб., 1908, с. 39—40.

<sup>26</sup> См.: Научное обозрение, 1902, № 2, с. 17—25; № 6, с. 1—9.

<sup>27</sup> Более подробно см. ст.: Соловьев Ю. И. Н. А. Морозов в истории отечественного естествознания. — В кн.: Николай Александрович Морозов: Ученый-энциклопедист. М.: Наука, 1982, с. 30—54.

<sup>28</sup> Тимофеев В. Научная деятельность Н. Н. Бекетова..., с. 422.

<sup>29</sup> Иван Павлович Осипов (1855—1918), окончил физико-химическое отделение Харьковского университета (1876); с 1893 г. — профессор Харьковского университета. С 1906 г. — профессор, а с 1915 г. — директор Харьковского технологического института.

См.: XXX-летие служебной, педагогической и общественной деятельности проф. И. П. Осипова. Харьков, 1910.



нов. 3. Вступление карбоксильных групп — свободных или алкилированных — нарушает, по-видимому, правильный ход измерений»<sup>30</sup>. Ученый установил, что:

«1) Теплоты горения простых (и смешанных) эфиров больше теплот горения метамерных с ними спиртов.

2) Теплоты горения сложных эфиров больше теплот горения изомерных с ними кислот <...>

3) Теплоты горения непасыщенных спиртов больше теплот горения изомерных с ними альдегидов и кетонов.

4) Теплоты горения оптических изомеров очень близки друг другу.

5) Теплоты горения геометрических (пространственных) изомеров заметно отличаются друг от друга.

6) Теплоты горения изомеров одинаковой функции очень близки»<sup>31</sup>.

В Харьковском университете И. П. Осипов читал два курса: «Принципы теоретической химии» (1886) и «Методы к решению вопросов химической статики; явления диссоциации и химического обмена; учение о средстве» (1886—1887).

Многолетние исследования В. Ф. Тимофеева<sup>32</sup> были посвящены изучению неводных растворов. Он автор «Исследований над растворимостью веществ в органических растворителях» (1894). Большой цикл исследований Тимофеева был связан с определением теплот образования неводных растворов и обобщен в монографии «О теплоте образования неводных растворов». По богатству экспериментального материала монография Тимофеева представляла выдающееся явление для своего времени. Отправным пунктом всех исследований Тимофеева было признание важнейшего значения химизма в процессе образования растворов.

На основании своих многочисленных термохимических опытов В. Ф. Тимофеев сделал попытку обнаружить связь между тепловыми явлениями, происходящими при процессе растворения, и свойствами растворов. «Разнообразие таковых [тепловых] эффектов,— писал Тимофеев,— несмотря на всю свою сложность, почти во всех случаях может быть разъяснено комбинированием различных процессов ассоциационного и диссоциационного характера, которым подвергаются агрегаты молекул смешиваемых веществ. Само собой разумеется, что эти процессы должны так или иначе отозваться на

<sup>30</sup> Осипов И. Теплота горения органических соединений в ее отношениях к явлениям гомологии, изомерии и конституции. Харьков, 1893, ч. 1, с. 59.

<sup>31</sup> См.: Там же, с. 77—119.

<sup>32</sup> Владимир Федорович Тимофеев (1858—1923), окончил физико-химическое отделение Харьковского университета (1881); с 1894 г.— профессор Харьковского университета. В 1900—1908 гг.— профессор физической химии Киевского политехнического института. В 1908 г. вернулся в Харьковский университет; в 1922—1923 гг.— организатор и директор Украинского института прикладной химии (Харьков).

См.: Комарь Н. П. Жизнь и деятельность профессора В. Ф. Тимофеева. В кн.: Из истории отечественной химии..., с. 132—159.

свойствах образующихся смесей или растворов, и потому представляется интересным сопоставить изменения энергии при образовании растворов с изменением свойств последних (курсив наш. — Ю. С.)»<sup>33</sup>. Ученый пришел к выводу, что признание существования химизма в растворах, основанное на тепловых явлениях, находит себе подтверждение также и в изменениях диэлектрических постоянных веществ, происходящих при их смешении. Автор отметил, что обнаружить какую-либо определенную связь между изменением энергии и изменением свойств веществ при образовании растворов не удалось. Этот отрицательный результат исследования объясняется, по его мнению, сложностью и многообразием процессов, протекающих при растворении.

В. Ф. Тимофеев высказал также свои взгляды относительно направления дальнейшего изучения растворов: «Настоятельно необходимы как всестороннее исследование явлений растворимости, так и определение тепловых эффектов образования растворов, так как только при помощи сведений из этой области станет возможным рациональное развитие теории концентрированных растворов; это настоятельно необходимо, так как современные теории растворов, базирующиеся на явлениях из области слабых (разбавленных. — Ю. С.) растворов, являются односторонними и узкими»<sup>34</sup>.

Большой вклад в развитие физико-химических исследований в России принадлежит П. Д. Хрущову<sup>35</sup>. С 1882 г. он начинает заниматься проблемами термодинамики и «старается ввести в круг ее понятий русских работников в области химии»<sup>36</sup>. Заслуживает большого внимания монография Хрущова «Введение в изучение химических равновесий», опубликованная в 1894 г. в Харькове. Эта книга, «мастерски написанное оригинальное руководство по химической термодинамике»<sup>37</sup>, была переведена на французский язык.

Перед учеными, начавшими впервые чтение курса по химической термодинамике, стояли трудные задачи. Нужно было ознакомить слушателей с совершенно новым кругом идей и приемов исследования, с которыми химики еще мало были знакомы. Надо было внести их в область новых категорий, не боясь некоторых отвлеченных понятий и математических формул. Во вступительной лекции к курсу «Введение в изучение химических равновесий», прочитанной

<sup>33</sup> Тимофеев В. О теплоте образования неводных растворов. Киев, 1904, с. 312.

<sup>34</sup> Там же, с. 335.

Павел Дмитриевич Хрущов (1849—1909), окончил Дерптский университет (1871). В 1890 г. удостоен Харьковским университетом степени доктора химии без защиты диссертации. В качестве приват-доцента читал в Харьковском университете курс по различным вопросам физической химии.

См.: Памяти Павла Дмитриевича Хрущова, почетного члена Общества физико-химических наук. Харьков, 1912. 38 с.

<sup>36</sup> Тимофеев В. Ф. Научная деятельность П. Д. Хрущова. — В кн.: Памяти Павла Дмитриевича Хрущова..., с. 21.

<sup>37</sup> Кипнис А. Я. Развитие химической термодинамики в России. М.; Л.: Наука, 1964, с. 130.



Павел Дмитриевич Хрущов

в Харьковском университете в 1892/93 г., П. Д. Хрущов говорил: «Химикам необходимо вполне проникнуться общим смыслом этих (физико-химических.— Ю. С.) методов, если они хотят быть участниками в разработке вопросов, выдвинутых новой эпохой теоретической химии. Тут целый круг новых идей и приемов рассуждения, с которыми химики еще мало знакомы; но необходимо с ними сродниться, научиться думать согласно новым образцам <...>. Я твердо уверен, что русская химическая молодежь стоит за себя и в эту новую пору нашей науки. Раз этот первый шаг усвоения будет сделан — мы увидим между русскими работниками этой обновленной отрасли знания не только европейских ученых, в смысле знатоков

всего сделанного в данной области науки, но и настоящих творцов знания»<sup>38</sup>.

Характеризуя деятельность П. Д. Хрущова, В. Ф. Тимофеев писал: «Процесс признания главенства за термодинамическими началами в общих химических вопросах совершался не так легко ввиду трудности обращения с термодинамическими понятиями многих химиков, не получивших соответствующей физико-математической подготовки <...> Тем ярче и рельефнее обрисовывается перед нами научное чутье и высота теоретической мысли Павла Дмитриевича, который уже с 1882 года, т. е. с эпохи появления Гельмгольцевского мемуара, усиленно обращает внимание на значение термодинамики»<sup>39</sup>.

В 1865 г. в Харьковский университет поступил Ф. М. Флавицкий. «В это время,— писал он в автобиографии,— устав 1863 г. был уже в полном развитии, и благодаря этому пришлось слушать многих новых доцентов, недавно вернувшихся из-за границы. Лучшим из профессоров был Н. Н. Бекетов, теперь академик, которому главным образом и обязан выбором научной карьеры по химии»<sup>40</sup>.

<sup>38</sup> [Хрущов П. Д.] Основания теории химического равновесия: Вступительная лекция... — Зап. имп. Харьков. ун-та. Ч. неофиц., 1893, кн. 2, с. 55—56.

<sup>39</sup> Тимофеев В. Ф. Научная деятельность П. Д. Хрущова. — В кн.: Памяти Павла Дмитриевича Хрущова..., с. 20—21.

<sup>40</sup> Цит. по ст.: Быков Г. В. Автобиографические записки Ф. М. Флавицкого. — Вопр. истории естествознания и техники, 1956, вып. 1, с. 250.

Н. Н. Бекетову Ф. М. Флавицкий был, по его словам, «целиком обязан своим научным мировоззрением». Навсегда «плененный идеями своего учителя», он через всю свою жизнь пронес интерес к физической химии.

На кафедре Н. Н. Бекетова работал А. П. Эльтеков<sup>41</sup>, который выбрал своей специальностью органическую химию. В 1884 г. он представил к защите магистерскую диссертацию «Материалы по вопросу о молекулярных перемещениях между углеводородами ряда этилена и между предельными спиртами». Высокий научный уровень диссертации позволил Харьковскому университету присудить Эльтекову докторскую степень (весьма редкое событие в научной жизни русских университетов).

Еще в 1878 г. А. П. Эльтеков открыл реакцию метилирования олефинов подистым метилом над окисью свинца. В наше время эта реакция была усовершенствована советским химиком Б. Л. Молдавским с сотрудниками и нашла промышленное применение для синтеза разветвленных углеводородов с высоким октановым числом<sup>42</sup>.

\*

При оценке научной деятельности Н. Н. Бекетова и его учеников необходимо учитывать ряд обстоятельств, которые определили конечные результаты их многочисленных исследований. Уже в самом начале своей научной деятельности Бекетов поставил перед собой сложнейшую задачу — изучить *источник химического сродства, измерить его силу и выяснить физическую сущность*, т. е. те самые общие вопросы химии, которые всегда интересовали ученых, но решение которых оставалось долгое время открытым. Его докторская диссертация «Исследования над явлениями вытеснения одних элементов другими» — важная веха на пути развития учения о химическом равновесии и закона действия масс.

Научные интересы Н. Н. Бекетова были сосредоточены на исследовании химических превращений веществ на основе изучения тепловых явлений, которыми сопровождается химическое превращение. Ученый стремился выяснить причинную связь между химическим превращением веществ и выделением при этом энергии, чтобы глубже проникнуть в природу химических процессов и химического сродства.

<sup>41</sup> Александр Павлович Эльтеков (1846—1894), окончил Харьковский университет (1868). С 1887 г. — профессор Харьковского, а с 1889 г. — Киевского университета.

См.: Хотинский Е. С. Александр Павлович Эльтеков и его роль в развитии органической химии. — В кн.: Из истории отечественной химии..., с. 92—131; Мусабегов Ю. С. Выдающийся представитель бутлеровского направления в химии — А. П. Эльтеков. — Сообщ. о науч. работах членов ВХО им. Д. И. Менделеева. 1952, вып. 3, с. 43—49.

<sup>42</sup> См.: Исагулянц В. И. О реакции метилирования олефинов А. Эльтекова. — Успехи химии, 1951, т. 20, вып. 2, с. 253—255.

В лекциях «Основные начала термохимии» Н. Н. Бекетов подчеркивал, что изменение свойств реагирующих веществ, происходящее при химическом процессе, неразрывно связано с теми тепловыми явлениями, которыми сопровождается данное химическое превращение. «Во что, напр., обратились необыкновенно характерные, как физические, так и химические, свойства хлора и натрия при их соединении <...> Эти свойства, так сказать, выделились в виде теплоты, определяемой калориметром; без этой причинной связи между химическим превращением вещества и выделением энергии не было бы возможности сколько-нибудь рационально уяснить себе смысл химических процессов <...> Изменение свойств элементов при их соединении было бы ... совершенно необъяснимым мистическим явлением без этого термохимического объяснения. Но если такова тесная причинная связь между этими двумя явлениями, то, конечно, она должна объяснять все разнообразные случаи изменений свойств при химических реакциях, и она действительно их объясняет; эта связь проходит через все химические процессы — для этого стоит только проследить свойства элементов в их соединениях»<sup>43</sup>.

Далеко не все из этой программы Н. Н. Бекетову удалось осуществить<sup>44</sup>. Его концепция динамического химического сродства (химическая энергия зависит «от движения атомов элементов») хорошо вписывалась в «химическую механику» тех лет, но она только «рисовала» механистическую картину, которая окажется в свете последующих открытий значительно сложнее, чем представлялось ученым конца XIX в. Как бы там ни было, но то, что свои усилия и усилия своих учеников Бекетов направил на решение наиболее актуальной проблемы теоретической химии, заслуживает большого внимания и высокой оценки. Именно на этом пути в химии на рубеже XIX и XX столетий произойдут самые крупные события.

<sup>43</sup> Бекетов Н. Н. Основные начала термохимии, с. 12—13.

<sup>44</sup> По словам Д. И. Менделеева, «для понимания истинных отношений сродств еще далеко недостаточно и тех дополнений к механической теории химических явлений, которые дает Бекетов» (Основы химии. 5-е изд. СПб., 1889, с. 744).

## Глава 21

# ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИИ В ДЕРПТСКОМ (ТАРТУСКОМ) УНИВЕРСИТЕТЕ

Организованный в 1802 г. Дерптский университет сыграл выдающуюся роль в подготовке высококвалифицированных специалистов<sup>1</sup>. Учеником профессора Г. В. Озанна был академик Г. И. Гесс, к ученикам профессора химии и фармации К. Гёбеля<sup>2</sup> принадлежали Г. В. Струве и К. К. Клаус.

## ХИМИЧЕСКАЯ ШКОЛА К. Г. ШМИДТА

К. Г. Шмидт<sup>3</sup> возглавил кафедру химии Дерптского университета в 1852 г. В начале своей научной деятельности Шмидт занимался физиологической химией, затем он откликается на практические запросы и начинает серию работ по изучению природных ископаемых России. Он исследовал залежи торфа, известняков, глин и минералогические источники Прибалтики, изучал фосфориты в различных районах России. В сотрудничестве с Д. И. Менде-

<sup>1</sup> См.: Мартинсон Э. Э. История основания Тартуского (б. Дерптского—Юрьевского) университета. Л.: Изд-во ЛГУ, 1954, 192 с.; Рыго Н. Я. Из истории химического отделения Тартуского государственного университета.— Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 112.

<sup>2</sup> Карл Гёбель (1794—1851), заведовал кафедрой химии и фармации Дерптского университета в 1828—1851 гг. В 1837 г. выделил из семян могилика алкалоид гармалин. Разработал способ получения нитроклетчатки для изготовления пироксилина (1846). Ему принадлежит создание методов получения красок, приготовления водонепроницаемой бумаги, чернил. С 1839 по 1846 г. читал в Дерпте бесплатные, общедоступные лекции по технической химии. Эти лекции привлекали много слушателей, преимущественно из ремесленных кругов. В качестве примера приведем темы его некоторых лекций: «О добывании металлов и употреблении их в искусствах и ремеслах» (1839), «О кислороде, водороде и азоте и их техническом применении» (1841), «О важнейших кислотах и солях и употреблении их в художествах и промышленности» (1846).

<sup>3</sup> Карл Генрихович (Карл Эрнст Генрих) Шмидт (1822—1894), родился в Митава (ныне Елгава, Латв. ССР). Образование получил в Берлинском, Гисенском и Геттингенском университетах. С 1846 г. работал в Дерптском университете, с 1850 г.— профессор этого университета. В 1846 г. защитил докторскую диссертацию, в которой усовершенствовал микроскопические методы идентификации различных соединений в организме по форме их кристаллов и по кинетике их роста. В 1846—1852 гг. выполнил исследования в области физиологической химии (в частности, было показано наличие свободной соляной кислоты в желудочном соке). В последующие годы проводил многочисленные исследования в области гидрохимии и агрохимии (были получены данные о составе минеральных источников, почв, минералов, удобрений). В 1873 г. избран членом-корреспондентом Петербургской АН.

См.: Пальм У. В. Значение научного наследия Карла Шмидта для развития химии.— В кн.: Из истории естествознания и техники Прибалтики. Рига: Зинатне, 1970, т. 2, с. 169—178.



Карл Шмидт

леевым и В. В. Докучаевым Шмидт занимался исследованием чернозема различных областей России.

«Кроме воспитания плеяды выдающихся физиологов, заслугой К. Шмидта является подготовка целого поколения химиков. Я. Натансон, Г. Трей, В. Рихтер, И. Лемберг, В. Книрим, П. Д. Хрущов, В. Оствальд, Г. Тамман, ставшие профессорами в различных русских и зарубежных университетах, были учениками К. Шмидта»<sup>4</sup>.

В 1850 г. в Дерптском университете, первом университете России, было создано отделение химии. На этом отделении до 1917 г. диплом химика получили 305 студентов, из них в различные лаборатории направилось 95, в науку — 64, 28 выпускников отделе-

ния химии стали учителями. Наибольшая часть выпускников (127) работала в Петербурге и Москве, 73 выпускника в Прибалтике<sup>5</sup>.

Многие ученые, окончившие Дерптский университет (Г. И. Гесс, Г. Бунге, Я. Натансон, В. Рихтер, В. Оствальд, Г. Тамман и др.), переехав работать в другие университеты, служили как бы живыми мостиками, соединяющими традиции Дерптского университета с традициями других научных центров. Вместе с перемещением специалистов мигрировали идеи и навыки, полученные ими в Дерптском университете<sup>6</sup>.

О каких навыках и традициях идет речь?

Подчеркивая характерную черту преподавания химии в Дерптском университете, Г. Тамман писал, что программа обучения хи-

<sup>4</sup> Пальм У. В. О связях тартуских химиков с русскими и зарубежными научными центрами в XIX столетии. — В кн.: Из истории естествознания и техники Прибалтики. Рига: Зинатне, 1968, т. 1, с. 30.

<sup>5</sup> См.: Мартинсон Х. Р., Мартинсон К. А. Состав студентов отделения химии Тартуского университета и его роль при подготовке кадров химиков для России до 1917 г. — В кн.: Роль Тартуского университета в развитии отечественной науки и в подготовке научно-педагогических кадров: Тез. докл. XI Прибалтийской конф. по истории науки и техники. Тарту, 1977, с. 109—110.

<sup>6</sup> См.: Пальм У. В. Указ. соч., с. 25—33; Елисеєв Э. Н. Тартуский университет и история химии в России XIX века. — В кн.: Роль Тартуского университета в развитии отечественной науки..., с. 89—94; см. также: Пальм У. В. Связи кафедры химии Тартуского университета с Петербургской Академией наук в XIX столетии. — В кн.: Петербургская Академия наук и Эстония. Таллин: Валгус, 1978, с. 87—91.

ников в этом университете «несколько отличается от программ, проходимых в других наших, а также и зарубежных университетах. Так как главными предметами здесь являются, кроме химии во всем научном объеме, математика и физика, то образование, даваемое студентам здешнего университета, химико-физическое, не естественное, как в других наших университетах<sup>7</sup>, и не чисто химическое, даваемое зарубежными университетами»<sup>8</sup>.

Прочные физико-химические традиции, существовавшие в Дерптском университете, создали благоприятную атмосферу для формирования специалистов с новым стилем научного мышления. В чем выкристаллизовался этот новый стиль? Прежде всего в понимании задач и целей химии: химик должен не только описывать состав и свойства химических соединений, но и объяснить и вникать в природу химических превращений, раскрывать смысл химического сродства, условия химического равновесия, т. е. тех проблем, которые находились на стыке химии и физики и требовали также знания математики.

## НАЧАЛО НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В. ОСТВАЛЬДА

В 1872 г. студентом Дерптского университета стал Вильгельм Оствальд<sup>9</sup>. Здесь под влиянием К. Шмидта, И. Лемберга (1842—1902) формировалось научное мировоззрение молодого ученого.

И. Лемберг был руководителем практических работ студентов на химическом отделении. По воспоминаниям В. Оствальда и Г. Таммана, «его влияние на студентов-практикантов было необыкновенным»<sup>10</sup>. Широко эрудированный приват-доцент учил студентов самостоятельно мыслить и выдвигать свои научные проблемы. Лемберг, по словам Таммана, «знал хорошо неорганическую и физическую химию, последнюю тогда называли стехиометрией»<sup>11</sup>. На коллоквиуме по «стехиометрии» Лемберг знакомил студентов с законом действия масс Гульдберга и Вааге, с учением Бертолле о химическом сродстве, с работами Ю. Томсена по термохимии. Лемберг уверенно говорил, что наиболее существенных результатов надо ожидать от развития физической химии.

<sup>7</sup> В Харьковском университете (см. главу 20) студенты также получали химико-физическое образование.— Ю. С.

<sup>8</sup> Тамман Г. Очерк развития химической лаборатории Дерптско-Юрьевского университета с 1802 по 1892 год.— Ломоносовский сборник: Материалы для развития истории химии в России. М., 1901, с. 2 (отд. паг.).

<sup>9</sup> Вильгельм Фридрих Оствальд (1853—1932), родился в Риге. Окончил Дерптский университет (1875). Работал там же. В 1881—1887 гг.— профессор Рижского политехникума, с 1887 г.— профессор Лейпцигского университета. С 1896 г.— член-корреспондент Петербургской Академии наук.

О жизни и деятельности В. Оствальда см.: *Родный Н. И., Соловьев Ю. И.* Вильгельм Оствальд. М.: Наука, 1969. 375 с. (Серия НБЛ).

<sup>10</sup> *Нильм У. В.* Материалы к биографии Густава Таммана.— В кн.: Из истории естествознания и техники Прибалтики. Рига: Зинатне, 1976, т. 5, с. 138.

<sup>11</sup> Там же.





Вильгельм Оствальд

Много лет спустя, уже будучи маститым ученым, В. Оствальд напишет, что И. Лемберг с самого пачала заложил в нем «основы химического мышления и сделал способным к тем работам, в которых он мог осуществить свою долю воздействия на развитие химии, которая ему была суждена»<sup>12</sup>. Так мог сказать не только В. Оствальд, но и Г. Тамман, и многие другие, кто слушал лекции и проводил практические занятия под руководством Лемберга. В химической лаборатории Лемберг вводил студентов в «новый мир измерений».

В атмосфере таких условий и традиций у В. Оствальда — тогда молодого приват-доцента Дерптского университета — созрела смелая мысль написать не химиче-

скую «поваренную книгу», а фундаментальный учебник по физической химии. Учителя В. Оствальда — профессор химии К. Шмидт и профессор физики А. Эттинген всячески поддерживали это начинание Оствальда.

В ноябре 1877 г. К. Шмидт написал положительный отзыв о магистерской диссертации В. Оствальда «Объемно-химическое изучение сродства», в выводах которой было сказано, что «теплота образования химического соединения не представляет характеристики его сродства» (смелое и правильное суждение о принципе максимальной работы Томсена—Бертло.— Ю. С.), что «закон постоянной валентности элементарных атомов непрочеп», что «новая» химия нуждается в реформе.

К. Шмидту, видимо, импонировало такое суждение молодого ученого. Он предсказал, что В. Оствальд «будет звездой первой величины в пограничной области между физикой и химией, области, которую он разрабатывает с удивительной основательностью и полнотой»<sup>13</sup>.

В архиве Тартуского университета сохранилась интересная характеристика, данная В. Оствальду деканом физико-математического факультета профессором, доктором Л. Шварцем:

«В качестве приват-доцента г. Оствальд читал лекции по стехиометрии и вел практические занятия по физической химии.

<sup>12</sup> Ostwald W. Lebenslinien: Eine Selbstbiographie. Berlin, 1926, Bd. 1, S. 99.

<sup>13</sup> Walden P. Wilhelm Ostwald. Leipzig, 1904, S. 38—40.

Он всегда выполнял свои обязанности в строго научном духе. Многие члены Совета неоднократно имели случай убедиться в ясности и точности его изложения и пришли к заключению, что в лице д-ра Оствальда университет получил ценного преподавателя.

Сочинения В. Оствальда свидетельствуют о неутомимом прилежании автора и его выдающемся критическом даровании. Кроме того, он развил в них новый метод исследования, который уже оказался весьма плодотворным. Автору помогло в его экспериментах редкое искусство — умение работать с приборами. На избранном им пути г-ну В. Оствальду, вероятно, удастся осветить еще не вполне ясные качественные отношения, касающиеся химического сродства, с новых точек зрения и существенно продвинуть вперед решение этой трудной задачи»<sup>14</sup>.

Начатые в Дерптском университете физико-химические исследования были с успехом продолжены В. Оствальдом в Риге<sup>15</sup>, а затем в Лейпциге.

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ Г. ТАММАНА И ЕГО УЧЕНИКОВ

Научные интересы Г. Таммана<sup>16</sup> также сформировались под непосредственным влиянием преподавателей Дерптского университета К. Шмидта, А. Эттингена и И. Лемберга. Тамман учился в Дерптском университете в те годы (1878—1882), когда все отчетливей вырисовывалось большое значение исследований в новом направлении — в области физической химии. На научное направление работ Таммана оказали сильное влияние физико-химические исследования Д. И. Менделеева, Н. Н. Бекетова, Н. А. Меншуткина, Д. П. Коновалова.

Между Д. И. Менделеевым и Г. Тамманом установились отношения, основанные на глубоком взаимном уважении. В одном из писем к С. Аррениусу Тамман писал: «Все мои надежды возложены на Менделеева и Бекетова»<sup>16а</sup>. После выхода в свет книги «Исследования водных растворов по удельному весу» Менделеев послал ее Тамману. В январе 1888 г. Менделеев получил от Таммана письмо следующего содержания:

«Примите мою искреннюю благодарность за любезную присылку Вашей ценнейшей книги. Вы меня одарили таким письмом, благо-

<sup>14</sup> ЦГИА ЭстССР, ф. 402, оп. 3, д. 1251, л. 36.

<sup>15</sup> См.: *Страдынь Я. И.* Рижский период деятельности Вильгельма Оствальда и становление классической физической химии. — Изв. АН ЛатвССР, 1979, № 7, с. 33—44.

<sup>16</sup> Густав Генрихович Тамман (1861—1938), родился в г. Ямбург (ныне Клингсепл, Ленинградская область), окончил Дерптский университет (1882), с 1892 г. — профессор Дерптского университета, в 1903—1930 гг. — профессор Университета в Гёттингене.

См.: *Пальм У. В.* Материалы к биографии Густава Таммана. — В кн.: *Из истории естествознания и техники Прибалтики*, т. 5, с. 134—141.

<sup>16а</sup> Архив С. Аррениуса (Стокгольм).



*Густав Тамман*

дарить за которое у меня не хватает слов. Я счастлив сознанием, что могу посвятить себя задаче, которая занимала первейшего исследователя России. Полученный мной материал об упругости пара растворов, конечно, недостаточно проверен для плодотворного сравнения с Вашими результатами, касающимися зависимости удельного веса от концентрации растворов. Поэтому первые шаги в этом направлении должны иметь целью лишь грубое сравнение. Моей главной задачей на последующие годы будет разработка других методов измерения упругости паров»<sup>17</sup>.

По словам Д. И. Менделеева, Г. Тамман разрабатывал «необыкновенно интересные отрасли физической химии»<sup>18</sup>.

В начале 1892 г. Д. И. Менделеев и Н. Н. Бекетов поддержали кандидатуру Г. Таммана на должность заведующего кафедрой химии Дерптского университета (кафедра освободилась в связи с уходом К. Шмидта на пенсию). Возглавив кафедру химии, Тамман регулярно читал основные курсы — аналитическую, неорганическую, органическую и физическую химию, — в которых большое внимание уделял новейшим достижениям химической науки.

Научные исследования Г. Таммана и его учеников были направлены на разработку физико-химических проблем. 27 декабря 1901 г. на заседании секции физики и химии XI Съезда русских естествоиспытателей и врачей Тамман выступил с докладом, в котором охарактеризовал свои исследования и исследования своих учеников в области гетерогенного равновесия и кинетики фазовых превращений<sup>19</sup>. Широкое привлечение химической термодинамики являлось характерной чертой этих работ.

С именем Г. Таммана связано создание термического анализа, история которого начинается с публикации в 1903 г. его статьи «Об определении состава химических соединений без помощи ана-

<sup>17</sup> Цит. по ст.: Макареня А. А., Пальм У. В. Д. И. Менделеев и Г. Тамман. — В кн.: Из истории естествознания и техники Прибалтики. Рига: Зинатно, 1980, т. 6, с. 156—157.

<sup>18</sup> Там же, с. 160.

<sup>19</sup> См.: Дневник XI Съезда русских естествоиспытателей и врачей. СПб., 1901, № 9, с. 382.

иза»<sup>20</sup>. В этой работе приведены три диаграммы, на которых, отличие от диаграмм всех предшествующих исследователей, над кривой плавкости показано время эвтектической остановки.

В Тарту Г. Тамман подготовил рукопись книги «Кристаллизация и плавление», которая вышла в свет в 1903 г. в Лейпциге. Немецкий физико-химик В. Бильц рассматривает эту книгу как «ценнейший подарок, привезенный Г. Тамманом в Гёттинген»<sup>21</sup>. Можно полностью согласиться с мнением, что «направление научной деятельности Таммана в Гёттингене было им разработано еще в России»<sup>22</sup>. Влияние здесь оказала и общая обстановка<sup>23</sup>, и направленность исследований Н. С. Курнакова, за работами которого Тамман внимательно следил. Напомним, что в 1901 г. была опубликована статья Курнакова «Нахождение состава определенных соединений в сплавах по методу плавкости»<sup>24</sup>. Через два года Тамман опубликовал статью (закончена 30 августа 1903 г.) под заглавием «Об определении состава химических соединений без помощи анализа». Приведем ее начало: «Учение о равновесии разнородных систем дает ряд способов для разрешения вопроса о том, образуют ли два вещества друг с другом химические соединения и каков количественный состав образовавшегося соединения. Из диаграммы плавкости и из зависимости свойств закристаллизовавшихся сплавов двух тел от их состава можно получить ответы на эти вопросы»<sup>25</sup>.

Затем Г. Тамман дает подробные указания, как исследовать кривую охлаждения и как на основании этих кривых строить диаграмму состояния системы. В указанной статье еще нет выражения «термический анализ»; нет его и в тех работах, которые вышли из лаборатории Таммана в конце 1903 г. и в 1904 г. Этот термин применяется в 1905 г. в статье «О применении термического анализа к ненормальным случаям»<sup>26</sup>, в которой автор писал: «Как известно, *термический анализ*, который позволяет на основании кривых охлаждения определять состав кристаллических веществ без их механического выделения, составляет единственный способ, практи-

<sup>20</sup> *Tamman G.* Über die Ermittlung der Zusammensetzung chemischer Verbindungen ohne Hilfe der Analyse.— *Ztschr. anorg. Chem.*, 1903, Bd. 37, H. 2, S. 303—313.

<sup>21</sup> *Biltz W.* Gustav Tamman zum siebzigsten Geburtstag 28 Mai 1931.— *Ztschr. anorg. allgem. Chem.*, 1931, Bd. 198, H. 1, S. 13.

<sup>22</sup> *Ряго Н. Я.* Указ. соч., с. 119.

<sup>23</sup> В 1889 г. С. Аррениус писал Г. Тамману (из письма от 21 ноября): «Русские, насколько мне известно, ставят физическую химию очень высоко, а при таких условиях ты можешь питать в отношении будущего самые большие надежды» (Архив Аррениуса, Стокгольм).

<sup>24</sup> *Курнаков Н. С.*— *Зап. Рус. техн. о-ва*, 1901, т. 35, № 1, с. 7—30. Более подробно см. главу 15. См. также: *Курнаков Н. С.* Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 2, с. 19—34.

<sup>25</sup> *Tamman G.* Über die Ermittlung der Zusammensetzung..., S. 303.

<sup>26</sup> *Tamman G.* Über die Anwendung der thermischen Analyse in abnormen Fällen.— *Ztschr. anorg. Chem.*, 1905, Bd. 43, H. 1, S. 24—30; H. 3, S. 289—313.

чески применимый для исследования очень трудноплавких кристаллических конгломератов»<sup>27</sup>.

Подводя итог сделанному Г. Тамманом в 1903—1905 гг., Б. Н. Меншуткин пишет, что он «произвел замечательный синтез, связав в одно целое факты, открытые и описанные многочисленными предшественниками, и указав все значение совокупности их»<sup>28</sup>.

Ученики Г. Таммана (А. Д. Богоявленский, В. А. Бородовский, Р. Ф. Холлман, Г. Ландезен, И. Нарбутт и др.) выполнили ценные физико-химические исследования.

В 1904 г. Александр Дмитриевич Богоявленский (1868—1941) закончил большое исследование, посвященное изучению зависимости теплоемкости кристаллических веществ (двойных систем) от состава и температуры. Результаты своего исследования автор сформулировал в следующих выводах:

«1) Теплоемкость кристаллических веществ, при условии чистоты и однородности их, может быть представлена в виде линейной функции от температуры.

2) Неправильности в ходе кривой, выражающей зависимость теплоемкости от температуры, во многих случаях могут быть объяснены присутствием примесей.

3) Природа примесей влияет на вид кривых теплоемкости.

4) Калориметрическими данными можно пользоваться при составлении диаграмм состояний <...>

5) Для окончательного обоснования закона Dulong'a и Petit необходимы новые определения теплоемкостей элементов»<sup>29</sup>.

В 1905 г. в Петербургском университете А. Д. Богоявленский защитил работу «Об изменении теплоемкости кристаллических веществ с температурой» в качестве магистерской диссертации. Д. И. Менделеев так оценил физико-химические исследования Богоявленского: «Как и его учитель Густав Тамман, от которого, очевидно, он и наследовал пылливость и настойчивость в решении интереснейших вопросов современной химии <...> г. Богоявленский своими работами внесет новое освещение в трудные и деликатнейшие вопросы физической химии, связанные со всеми остальными частями нашей науки.

Недавнее же (1904 г.) исследование А. Д. Богоявленского „Об изменении теплоемкости кристаллических веществ с температурой“ принадлежит к таким же оригинальным капитальным трудам в области физической химии, как и первоначальная работа Таммана об упругости паров; как там, так и здесь приходится иметь дело

<sup>27</sup> Цит. по ст.: Меншуткин Б. Н. Материалы для истории термического анализа. — Изв. Сектора физ.-хим. анализа, 1936, т. 8, отд. 2, с. 404.

<sup>28</sup> Там же.

<sup>29</sup> Богоявленский А. Д. Об изменении теплоемкости кристаллических веществ с температурой. — Тр. О-ва естествоиспытателей при имп. Юрьевском ун-те, 1904, т. XIII, с. 48.

с разнообразнейшими веществами и со способами исследования их полнейшего очищения и с новыми приемами для получения чисел, имеющих решающее значение в остальных вопросах нашей науки и в соответствии таких наблюдений с выводами теоретической химии»<sup>30</sup>.

В. А. Кистяковский в рецензии на работу А. Д. Богоявленского отметил, что «неизменяемость теплоемкости по мере очистки вещества может быть в некоторых случаях лучшим критерием для чистоты вещества, чем даже неизменяемость точки плавления. Получается почти парадоксальный вывод, что калориметр является более чувствительным, чем термометр»<sup>31</sup>. Отметив, что Богоявленский работал «не с обычным водяным калориметром, а с почти не применявшимся раньше ртутным», Кистяковский писал далее, что Богоявленским «построен был также совершенно новый прибор, обратимый калориметр, в котором исследование велось не только обычным методом охлаждения нагретого тела, но также возможно было, нагревая предварительно сам калориметр, наблюдать ход изменения температуры при нагревании введенного в него холодного тела и соответственно по ходу температуры вычислять теплоемкость»<sup>32</sup>.

Затем рецензент приводит ряд выводов из немецкого резюме А. Д. Богоявленского, после чего заканчивает рецензию следующим общим суждением: «Прибавим от себя, что всеобщность закона Джоуля—Коппа в связи с законом Dulong—Petit дает для твердых тел то, что не дали до сих пор кинетические гипотезы, т. е. теплоемкость становится таким же основным стехиометрическим свойством твердых тел, как капиллярность для жидкостей и упругость для газов. Законы Джоуля—Коппа, Этвеза (Этвеша.—Ю. С.)—Гамзая и Бойля—Мариотта становятся на одинаковую высоту»<sup>33</sup>.

Ученик Г. Таммана Рейнгард Фридрихович Холлман (1877—1921), еще будучи студентом физико-математического факультета Юрьевского университета<sup>34</sup>, выполнил работу «Об упругости паров над смешанными кристаллами некоторых изоморфных солей-гидратов» (1900). С 1903 г. Холлман — приват-доцент Юрьевского университета по физической химии. Он автор монографии «Об образовании и расщеплении смешанных кристаллогидратов изоморфных веществ с точки зрения правила фаз Gibbs'a» (Юрьев, 1907).

Пользуясь методом Вал-Рейн Ван-Алкемаде и Розебома, который Р. Ф. Холлман развил применительно к тройным системам, он обстоятельно проанализировал условия устойчивости разных гидра-

<sup>30</sup> Менделеев Д. И. Соч. Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1952, т. 23, с. 378—379.

<sup>31</sup> [Кистяковский В.] Рецензия на работу: А. Д. Богоявленский. «Об изменении теплоемкости кристаллических веществ с температурой». — Изв. С.-Петербургского политехн. ин-та, 1904, т. 1, вып. 3/4, с. 509—510.

<sup>32</sup> Там же, с. 512.

<sup>33</sup> Там же, с. 513.

<sup>34</sup> С 1893 г. Дерптский университет стал именоваться Юрьевским.

тов смешанных кристаллов изоморфных веществ в зависимости от температуры и вывел 15 типов диаграмм состояния для таких систем. В капитальной монографии «Н термодинамике насыщенных растворов» (Саратов, 1917) Холлман создал детальную картину фазовых соотношений в двойных системах и установил ряд закономерностей. В историко-химической литературе Холлман рассматривается как «выдающийся деятель в области термодинамики фазовых равновесий»<sup>35</sup>. «Труд Р. Ф. Холлмана является единственным в мировой термодинамической литературе капитальным сочинением по термодинамике двойных конденсированных систем, сочинением, общетермодинамическое значение которого едва ли может быть переоценено»<sup>36</sup>.

Учеником Г. Таммана был известный польский физико-химик Л. Э. Брунер<sup>37</sup>. Под руководством Таммана он выполнил диссертацию на степень кандидата химии «Гидролиз водных растворов солей» (1893). В 1898 г. Брунер защитил докторскую диссертацию о растворимости иода в органических растворителях и иодистом калии. В 1911 г. он возглавил первую в Польше кафедру физической химии в Краковском университете. Здесь совместно со своими учениками он выполнил серию работ по электрохимии неводных растворов, по кинетике бромирования органических соединений и по фотохимии.

Физико-химические традиции после Г. Таммана продолжили Л. В. Писаржевский<sup>38</sup>. Он был приглашен в Дерпт как уже известный специалист в области неорганической химии. Исследования Писаржевского по химии перекисных соединений, высоко оцененные Д. И. Менделеевым (см. стр. 381), создали ученому авторитет ординарного исследователя. В Дерпте Писаржевский начал новую большую серию исследований в области теории растворов. Почему он изменил программу своих научных работ? Видимо, потому, что проблема растворов была одной из самых актуальных в физической химии того времени. В своих лекциях и научных исследованиях, выполненных в 1904—1908 гг. в Юрьевском университете, Писар-

<sup>35</sup> Кипнис А. Я. Развитие химической термодинамики в России. М.; Л.: Наука, 1964, с. 335.

<sup>36</sup> Там же, с. 257.

<sup>37</sup> Людвиг Эдуардович Брунер (1871—1913), родился в Варшаве, где окончил гимназию (1888). Поступил на физико-математический факультет Варшавского университета, но затем перешел в Дерптский университет, который окончил в 1893 г.

<sup>38</sup> Лев Владимирович Писаржевский (1874—1938), окончил Новороссийский университет (1896). В 1904—1908 гг. — профессор Юрьевского университета, в 1908—1911 гг. — профессор Киевского политехнического института, с 1913 г. — профессор Горного института и Университета в Екатеринославе (ныне Днепрпетровск). С 1930 г. — действительный член Академии наук СССР.

О жизни и деятельности Л. В. Писаржевского см.: Бродский А. И. Лев Владимирович Писаржевский. — Журн. общ. химии, 1939, т. 9, вып. 1., с. 86—96; Ляликов Ю. С. Человек, который «видел» электроны. Кишинев: Карта Молдовеняскэ, 1978. 160 с.

жевский стремился избежать крайних воззрений сторошиков физической и химической теорий растворов. Он выступал за синтез обоих, противоположных, направлений. В большом цикле своих работ по неводным растворам Писаржевский основное внимание обратил на роль растворителя в химических реакциях. Исследования в этом направлении были начаты в 1903 г. и закончились докторской диссертацией «Свободная энергия химических реакций и растворитель» (1912), защищенной в 1913 г.

Л. В. Писаржевский исследовал девять реакций в 47 различных растворителях, вычислил свыше ста констант равновесия и установил, что растворитель очень сильно влияет на состояние равновесия.

«Одним из выводов настоящего исследования,— писал Л. В. Писаржевский,— будет необходимость признания химического взаимодействия растворителя с растворенными в нем веществами, необходимость признания процесса растворения чисто химическим явлением»<sup>39</sup>.

\*

Итак, мы видим, что в Дерптском (Тартуском) университете были выполнены ценные физико-химические исследования. Особая роль этого университета заключалась в том, что он служил «поставщиком» многих талантливых физико-химиков. Питомцы Дерптского университета разъехались по разным городам и странам и продолжали традиции *alma mater*. Смелые идеи (научные и организационные), родившиеся в Дерпте, они развивали в других научных центрах.

## Глава 22

# ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИИ В РИЖСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

Центром химических исследований в Риге стал Политехникум, организованный в 1862 г.<sup>1</sup> В состав Рижского политехникума входило химическое отделение с химической лабораторией, которая начала функционировать в 1869 г., когда ее руководителем стал профессор Ф. Вебер (1834—1881), ученик Генриха Розе. В 1881 г.,

<sup>39</sup> [Писаржевский Л. В.] Свободная энергия химической реакции и растворителей. М., 1912, с. 188.

<sup>1</sup> В 1896 г. Рижский политехникум был реорганизован в Политехнический институт.



после смерти Вебера, кафедру химии занял В. Оствальд. Кроме чтения курса химии и руководства практикумом, Оствальд в химической лаборатории Политехникума<sup>2</sup> проводил физико-химические исследования. Продолжая начатые еще в Дерпте работы по изучению химического сродства, Оствальд в 1881—1884 гг. опубликовал серию статей под общим названием «Изучение химической динамики». В этих исследованиях на первый план выдвигались проблемы химической кинетики и катализа на примере изучения влияния кислот и оснований на скорость реакций<sup>3</sup>.

### ОРГАНИЗАЦИЯ

#### «ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIKALISCHE CHEMIE»

В октябре 1886 г. Д. И. Менделеев получил письмо из Риги от В. Оствальда. В этом письме обсуждался важный вопрос об организации «Журнала физической химии».

В. Оствальд писал:

«Уважаемый коллега! С Нового года я собираюсь, после окончания своего учебника, основать журнал по общей (физической) химии. Он будет носить, в известной мере, международный характер и должен служить общим органом для всех представителей этой молодой отрасли знания. Смею ли я надеяться, что и Вы, уважаемый коллега, поддержите это начинание присылкой своих статей, а также тем, что разрешите поставить Ваше имя среди имен основателей журнала?»

Я позволил себе эту просьбу, потому что питаю большое желание с помощью журнала положить конец досадной раздробленности физико-химических работ. Для этого нужно, чтобы товарищи по специальности выступали по возможности единым фронтом, а это, в свою очередь, может быть достигнуто вернее всего, если новое предприятие будет связано с именами, имеющими такой вес, как Ваше.

В надежде, что моя просьба будет встречена согласием, остаюсь преданный Вам В. Оствальд, профессор Рижского политехникума»<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> В 1885 г. по инициативе В. Оствальда была построена новая хорошо оборудованная химическая лаборатория Рижского политехникума.

<sup>3</sup> См.: *Страдынь Я. П.* Химия в Рижском политехническом институте (1862—1918).— Уч. зап. Латв. ун-та, 1958, т. 22, № 6, с. 307—325; *Страдынь Я. П.* Связи рижских ученых с научными центрами России в конце XIX — начале XX века.— В кн.: Из истории техники Латвийской ССР. Рига: Зинатне, 1964, т. 5, с. 197—211.

<sup>4</sup> Научный архив Д. И. Менделеева при Ленинградском государственном университете им. А. А. Жданова; см. также: *Соловьев Ю. И.* Неопубликованные письма Д. И. Менделеева и В. Оствальда.— *Вопр. истории естествознания и техники*, 1974, вып. 2/3, с. 128—131.

Следовало ожидать, что такое письмо не останется без ответа. Поэтому мы обратились в архив-музей В. Оствальда с просьбой сообщить, имеются ли в нем письма Д. И. Менделеева. Мы получили фотокопии четырех писем, содержание которых представляет большой историко-научный интерес. Первое письмо Менделеева к Оствальду датировано 25 ноября 1886 г. Отвечая на предложение Оствальда, Менделеев писал:

«Многоуважаемый собрат! Ваша мысль основать специальный журнал для статей, касающихся так называемой теоретической и физической химии, встретит, вероятно, общее сочувствие. Со своей стороны я готов принять участие в Вашем общепользном научном деле <...>

Я глубоко сочувствую Вашей мысли — об издании особого органа общей химии, что предоставляю, если Вам это покажется полезным, поставить мое имя в числе Ваших сотрудников. Много или мало, я во всяком случае готов принять участие в Вашем журнале, потому что интересы, им преследуемые, были и остаются мне близкими.

Прошу принять уверение в совершенном почтении и братском уважении. Д. Менделеев. Пишу по-русски, потому что желаю ответить немедленно, а перевод — дело длинное»<sup>5</sup>.

28 ноября 1886 г. В. Оствальд получил это письмо и в скором времени написал Д. И. Менделееву, что, как только получит статью, он переведет ее на немецкий язык.

В январе 1887 г. Д. И. Менделеев начал писать для нового журнала статью «Удельный вес растворов серной кислоты», в которой показал «наличие химических соотношений, которые приводят тела при их растворении к образованию определенных соединений»<sup>6</sup>. Свою статью Менделеев закончил важным положением о том, что растворы «можно согласовать с атомной теорией, если ввести понятия ассоциации и диссоциации, которые... определяют природу растворов»<sup>7</sup>. Работу над этой статьей Менделеев завершил в марте 1887 г. и сразу же послал ее В. Оствальду.

Большой интерес представляет письмо Д. И. Менделеева от 25 декабря 1887 г. В нем ярко проявился «менделеевский дух», широта его понимания цели дальнейшего исследования природы растворов и химического сродства. Это письмо — маленький, но яркий рассказ о жизни, заботах и настроениях ученого.

«Многоуважаемый собрат. Прежде всего поздравляю Вас с местом<sup>8</sup>, достойным Ваших заслуг и талантов, и с Новым годом!

<sup>5</sup> Центральный архив Академии наук ГДР, фонд В. Оствальда.

<sup>6</sup> Менделеев Д. И. Соч. Л.: ОНТИ—Химтеорет, 1937, т. 4, с. 413.

<sup>7</sup> Там же.

<sup>8</sup> Осенью 1887 г. В. Оствальд был назначен руководителем кафедры химии Лейпцигского университета.— Ю. С.

Долгое время не было свободной минуты, чтобы писать и благодарить Вас за прекрасный перевод моей статьи для Вашего журнала<sup>9</sup>. С мая по 10 сентября меня не было в Петербурге, а потому Ваши письма и корректура получены были мною только тогда, когда все уже явилось в печати и писать было поздно. Очень сожалею как об этом, так и о том, что не имею возможности получить особые оттиски моей статьи <...>

Октябрь и ноябрь все время мое было отдано печатанию книги («Исследование водных растворов по удельному весу». — Ю. С.), которую на днях имею честь выслать Вам. Теперь, когда книга моя у Вас на руках, Вы увидите, что она стоила мне много времени, и я, хотя не увлекаюсь и не обольщаюсь достигнутыми результатами, надеюсь, однако, что сделанное избавит многих от труда и заставит иных обратиться к предмету, до сих пор бывшему почти в пренебрежении. Надеюсь также, что другие свойства растворов окажутся связанными с удельными весами и, как он, в той же зависимости стоящими к составу растворов. Мне кажется далее, что удельный вес, а не объемы уяснят темное царство растворов и этим внесут новый свет в химию и физику, по делу лишь начато, как в Вашем излагаемом своде сведений о химическом сродстве (во II томе Вашей книги<sup>10</sup>), где очевидно, что впереди предстоит новое глубокое важное поле нашей науки. У Вас в области „сродства“, однако, больше законченного, чем в растворах, и я думаю, что в комбинации этих двух областей исследования лежит ключ к сокровищу, еще ныне повому, химическому сокровищу, отыскивать которое придется не тому поколению химиков, к которому принадлежу я, а тому, в котором действуете Вы вместе с Вант-Гоффом, Спрингом, Рамзаем и др.

Себе позволю только сделать несколько наблюдений, без сомнения отрывочных, и составить практический вывод, который не успел включить в книгу. Наше теперь, однако, положение столь неудачно, что хочу оставить Университет и отдаться практике, к чему меня принуждает большая семья, в которой есть дети уже взрослые и совершенно свежие. Мне больно бросить любимую деятельность, но иначе действовать, кажется, будет совершенно невозможно.

Если успею, постараюсь, однако, прислать Вам одну статью, которую Вы, быть может, не откажетесь перевести для Вашего

<sup>9</sup> Статья Д. И. Менделеева «Das specifische Gewicht der schwefelsäure Lösungen» появилась в первом томе «Zeitschrift für physikalische Chemie» (стр. 273—284), на титульном листе которого фамилия Менделеева стояла среди других ученых — сотрудников этого журнала. В «Списке моих сочинений» Менделеев по поводу этой статьи писал: «Это есть единственное, что я писал подробнее на иностранных языках о растворах» (Архив Д. И. Менделеева. JL: Изд-во ЛГУ, 1951, т. 1, с. 77). — Ю. С.

<sup>10</sup> Речь идет о книге: Ostwald W. Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Bd. II Leipzig, 1887. — Ю. С.

чрезвычайно интересного и полезного журнала<sup>11</sup>. Примите уверение в совершенном почтении

Д. Менделеев»<sup>12</sup>.

19 января 1888 г. Оствальд — Менделееву:

«Уважаемый коллега!

Очень Вас благодарю за Ваше обстоятельное письмо и за Ваш прекрасный труд, для изучения которого я, впрочем, еще не имел времени, потому что, как Вы легко можете себе представить, все мое время целиком уходит на освоение моей новой деятельности. Благодарю Вас также самым сердечным образом за Ваши поздравления.

Вероятно, Вы уже успели получить Ваши оттиски или получите их в ближайшее время; они задержались, потому что от Вас не было известий.

Ваша книга свидетельствует об огромном труде. Я также падеюсь на плодотворное развитие науки вследствие обращения к этим проблемам; нам выпало счастье обрабатывать девственное поле, и всюду можно ждать богатой жатвы. Ваше сообщение о внешних Ваших условиях крайне меня заинтересовало. В интересах науки, да и всего человечества, нужно надеяться и желать, чтобы в университетах было скорее введено нормальное управление, и тогда, я надеюсь, Вам не попадобилось бы делать тот прискорбный шаг, на какой Вы уже почти решились. Правда, я в этом вопросе эгоист, ибо не хочу, чтобы наука и мой журнал лишились Вашего сотрудничества.

Под конец просьба, на которую прошу не обижаться. Я довольно сносно читаю по-русски, если текст печатный или четко написанный; но Ваш почерк представляет для меня непреодолимые трудности, так что для чтения Ваших писем мне приходится прибегать к помощи жены, лучше понимающей русский язык. Не могли ли бы Вы поручать копировать свои письма, обращенные ко мне, более разборчивой рукой (лучше всего, пожалуй, женской рукой, потому что женщины особенно аккуратны)? Вы этим избавили бы меня от большого труда.

С почтением и приветом и с просьбой вскоре заявить о себе в «*Zeitschrift für physikalische Chemie*».

Остаюсь преданный Вам В. Оствальд»<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> Трудно найти лучшие слова для оценки значения журнала, чем те, которые высказал В. Оствальд по поводу 40-летию со дня выхода первого тома журнала: «Основание журнала обеспечило существование физической химии как самостоятельной науки. Он объединил коллег-современников и предоставил им возможность научной деятельности в собственном доме, а не так, как было до сих пор, — в качестве терпеливых гостей» (*Ostwald W. Lebenslinien: Eine Selbstbiographie*. Berlin, 1927, Bd. 2, S. 11—12). — Ю. С.

<sup>12</sup> Центральный Архив Академии наук ГДР, фонд В. Оствальда.

<sup>13</sup> Научный архив Д. И. Менделеева..., 2-й альбом писем, док. 19.

По-видимому, это было последнее письмо В. Оствальда к Д. И. Менделееву, отношения которых начиная с 1888 г. практически прекратились. С энтузиазмом приняв теорию электролитической диссоциации С. Аррениуса, Оствальд возглавил борьбу «ионистов» с «гидратистами», в результате чего Менделеев и Оствальд оказались как бы по разные стороны «баррикад» как сторонники крайних гипотез о природе растворов, слияние которых произошло только в XX в.

## ИССЛЕДОВАНИЯ П. И. ВАЛЬДЕНА

В 1887 г. в связи с переездом В. Оствальда в Лейпциг в Рижском политехническом институте освободилась кафедра химии. Ее занял профессор Карл Адам Бишоф (1855—1908)<sup>14</sup>, химик-органик, ученик И. Вислиценуса. Бишофу и его ученикам принадлежит важная роль в развитии стереохимии в России. Изучение пространственных препятствий, которые могут создавать различные радикалы в реакциях замещения, привело Бишофа к выводу о существовании взаимного отталкивания атомов и атомных групп, что приводит к стабилизации определенных конфигураций молекул. Он впервые поставил вопрос о существовании поворотной изомерии, обусловленной силами отталкивания, и применил способ обозначения поворотных изомеров. Согласно Бишофу, атомы и радикалы стремятся занять в молекуле такое положение, чтобы иметь наибольшее поле колебания. В результате химической реакции образуется, таким образом, то возможное соединение, в котором атомы или радикалы встречают наименьшие препятствия своим внутримолекулярным движениям.

## РАБОТЫ ПО СТЕРЕОХИМИИ

В 1893—1894 гг. К. Бишоф выпустил в свет капитальный труд<sup>15</sup>, в котором на 1050 страницах впервые был собран и систематизирован обширный материал по стереохимии. В подготовке этого труда принимал участие П. И. Вальден<sup>16</sup>.

<sup>14</sup> См.: *Телегов И. С.* Карл Адам Бишоф: Биографический очерк.— ЖРФХО. Ч. хим., 1910, т. 42, вып. 9, с. 1501—1516.

<sup>15</sup> *Bischoff C. A.* Handbuch der Stereochemie (Unter Mitw. von P. Walden). Frankfurt, 1894. XIV+1060 S.

<sup>16</sup> Павел Иванович Вальден (1863—1957), окончил Рижский политехнический институт (1889), а в 1891 г.— Лейпцигский университет. С 1894 по 1919 г.— профессор Рижского политехнического института; с 1910 г.— действительный член Петербургской Академии наук; с 1911 по 1918 г. руководил Химической лабораторией Академии наук; с 1919 по 1934 г.— профессор химии Ростовского университета. С 1934 г., выйдя на пенсию, занимался исключительно историей химии.

См.: *Страдынь Я. П.* Краткий очерк жизни и научной деятельности П. И. Вальдена.— В кн.: Академик П. И. Вальден: Биобиблиографический указатель. Рига, Зинатне, 1983, с. 17—24; *Соловьев Ю. И., Страдынь Я. П.* П. И. Вальден как историк химии.— В кн.: Из истории естествознания и техники Прибалтики. Рига: Зинатне, 1976, т. 5, с. 111—133.

Свою научную деятельность П. И. Вальден начал еще студентом Рижского политехникума под руководством В. Оствальда. В 1887—1891 гг. Вальден занимался кондуктометрическим определением силы органических кислот и оснований. Накопив обширный экспериментальный материал, он открыл эмпирическое правило (правило Оствальда—Вальдена), позволяющее определять основность многоатомных кислот и оснований по их молярным электропроводностям (1887).

В своей магистерской диссертации «Опыт исследования осмотических явлений с осадочными пленками» (1893) П. И. Вальден установил, что диосмируют не ионы, а соли или электролиты как таковые и что это диосмирование зависит не столько от величины молекулы, сколько от природы ее, например от атомности оснований или кислот.

С 1893 г. П. И. Вальден начал работать в новом направлении — в области стереохимии органических молекул. Этот поворот в научных исследованиях произошел под влиянием его руководителя профессора К. Бишофа. В 1898 г. Вальден подготовил докторскую диссертацию «Материалы к изучению оптической изомерии» (СПб., 1898). В ее исторической части уже четко проявился почерк Вальдена как историка науки. Исторические факты ему нужны не как «культурный» привесок к экспериментальной части диссертации, а как материал, позволяющий выяснить эволюцию проблемы и ее современное состояние.

В области стереохимии П. И. Вальдену принадлежит открытие превращения оптически активного соединения в его оптический антипод, минуя рацемическую форму (1896). Открытие этого загадочного явления, названного, по предложению Э. Фишера, «вальденовским обращением», было высоко оценено Я. Вант-Гоффом, Э. Фишером и другими учеными.

В последующих своих работах П. И. Вальден исследовал зависимость величины вращения оптически деятельных соединений от атомов и радикалов, связанных в их молекулах с асимметрическими атомами. Он показал, что на величину вращения влияет химическое строение замещающих радикалов.

Одновременно с научными исследованиями П. И. Вальден вел



Павел Иванович Вальден

большую педагогическую работу. На первом курсе он читал лекции по неорганической химии и вел занятия по аналитической химии (качественный анализ), на втором курсе — качественный и количественный анализ, на третьем — курс физической химии и электрохимии.

Лекции П. И. Вальдена пользовались у студентов большим успехом. П. П. Будников вспоминал: «Пять лет студенчества в Рижском политехническом институте были прекрасными годами моей жизни <...> Первая лекция, которую я слушал, была по неорганической химии профессора П. Вальдена. Профессор Вальден читал лекцию о законе сохранения вещества и энергии. Эта лекция настолько увлекла меня, что она до сих пор сохранилась в памяти»<sup>17</sup>.

Защитив докторскую диссертацию по стереохимии в Петербургском университете в 1899 г., П. И. Вальден вновь переключился на физико-химические исследования.

#### ИЗУЧЕНИЕ НЕВОДНЫХ РАСТВОРОВ

В 1899 г. П. И. Вальден приступил к систематическим исследованиям электрохимии неводных растворов. Его интерес к изучению природы растворов был не случаен. Первоначально, не без влияния В. Оствальда, Вальден занялся измерением электропроводности водных растворов простых и двойных солей (1887). В 1890—1896 гг., продолжая исследования Оствальда, он измерил электропроводность около 200 органических кислот. Цель этих работ — установить связь между свойством (электропроводностью) и строением этих кислот. Все это время Вальден внимательно следил за всеми исследованиями, посвященными изучению растворов. При этом он не мог не заметить, что именно неводные растворы дарили открытия *аномальных* явлений. Химическая лаборатория Рижского политехнического института в конце XIX — начале XX столетия была своеобразным магнитом, притягивающим к себе и то, что исходило от петербургской школы физико-химиков (главным образом от Д. И. Менделеева и Д. П. Коновалова), и то, что исходило от лейпцигской школы физико-химиков В. Оствальда. Но лаборатория Вальдена не была механическим магнитом. В ней рождался благородный сплав конкурирующих теорий.

9 сентября 1899 г. на заседании отделения химии Русского физико-химического общества П. И. Вальден впервые сообщил о начале своих исследований в области неводных растворов. В своем предварительном сообщении о новом ионизирующем растворителе — жидком ангидриде сернистой кислоты — он отметил, что жидкий  $\text{CO}_2$  — активный растворитель, в котором протекают различные химические реакции с большой скоростью. Вальден исследовал элект

<sup>17</sup> [Будников П. П.] Мои студенческие годы в Рижском политехническом институте. — Учен. зап. Риж. политехн. ин-та (Хим. фак-т), 1962, т. 6, вып. 8, с. 275—276.

ропроводность солей калия, натрия, рубидия, аммония и аммониевых оснований в жидком  $\text{SO}_2$  и пашел, что все исследуемые соли являются хорошими электролитами. Оказалось, что такие соединения, как  $\text{S}(\text{CH}_3)_2$ ,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ ,  $\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ , проводят электрический ток в  $\text{SO}_2$  лучше, чем в воде. При установлении степени электролитической диссоциации Вальден отметил сильные отклонения от тех значений, которые должны были быть получены по теории электролитической диссоциации.

«Имея в виду новост и обширность области растворов жидкого  $\text{SO}_2$ , докладчик (Вальден.— Ю. С.) считает преждевременным, на основании добытых данных, развить теорию описанных явлений и ограничивается лишь констатированием отступления этих фактов от требований электролитической теории диссоциации...»<sup>18</sup>.

В конце своего выступления П. И. Вальден высказал просьбу предоставить ему и его сотруднику М. Центнершверу<sup>19</sup> возможность дальнейшей разработки этой области с химической и физической точек зрения.

П. И. Вальден наметил обширную программу работ по неводным растворам — в области, уже столь богатой отдельными наблюдениями, но столь бедной теоретическими обобщениями и количественными закономерностями. Слабой стороной работ, проведенных до его исследований, являлся выбор самих электролитов. Эти электролиты большей частью были случайными. Следовательно, прежде всего надо было выбрать один или несколько однородных электролитов самого простого (бинарного) типа соли, которые бы растворились в возможно большем количестве химически совершенно различных ионизирующих сред. Вальден предполагал получить сравниваемые числовые величины для электропроводности. Наряду с электропроводностью при конечном разбавлении ( $\lambda_\infty$ ), он наме-

<sup>18</sup> Вальден П. О новом понижающем растворителе — жидком ангидриде сернистой кислоты.— ЖРФХО, 1899, т. 31, вып. 7, с. 666. Протоколы; см. также: Walden P. Ueber ein neues, anorganisches ionisirendes Lösungsmittel.— Ber., 1900, Jg. 32, Bd. 3, S. 2862—2871.

<sup>19</sup> Мечислав Центнершвер (1874—1944), родился в Варшаве. После окончания Лейпцигского университета приехал в Ригу, где с 1898 г. — ассистент кафедры химии Рижского политехнического института. Совместно с П. И. Вальденом опубликовал ряд работ, посвященных изучению неводных растворов. Его магистерская диссертация «Критическая температура растворов» (СПб., 1903), которую он защитил в 1904 г. в Петербургском университете, была посвящена изучению критических явлений (разработка новых методов определения критической температуры, критических объемов, критического давления). В Риге Центнершвер работал до 1929 г. Затем он переехал в Варшаву, где возглавил кафедру физической химии Варшавского университета. Здесь он продолжил свои исследования по электрохимии неводных растворов и по изучению скорости и механизма растворения металлов (Mg, Cd, Te, Sn и др.) в кислотах различной концентрации и при различных температурах. Центнершвер — автор книг: «Химическое сродство и его значение для техники» (Пг., 1914, 105 с.) и «Очерки по истории химии» (Одесса, 1912. XVI+318 с.; 2-е изд., доп. Л.: Науч. хим.-техн. изд-во, 1927. 328 с.).



чал измерить электропроводность при бесконечном разбавлении ( $\lambda_{\infty}$ ), чтобы при одинаковых условиях опыта определить степень диссоциации электролита. После этого предполагалось выяснить вопрос о зависимости между способностью диссоциации (ионизирующей силой), электропроводностью и другими физическими свойствами растворителей. Далее намечалось более точно определить область применения электролитической и осмотической теории для неводных растворов различной концентрации.

К выполнению этой обширной программы работ П. И. Вальден приступил в 1900 г. Он вполне сознавал, что даже при самой усердной многолетней работе проведение ее в жизнь не может быть выполнено одним человеком. Своими исследованиями Вальден хотел побудить других ученых заняться изучением этой интересной области химии.

В статье «Жидкая двуокись серы как растворитель», опубликованной в «Известиях Петербургской Академии наук» в 1901 г., П. И. Вальден и М. Цейтнершвер писали: «Уже больше трех лет назад один из нас (Вальден) решил исследовать жидкую двуокись серы как растворитель и ионизирующую среду, и тогда он сформулировал некоторые ведущие обстоятельства и точки зрения. Известные в то время растворители и ионизирующие среды — вода и жидкий аммиак имели много общих свойств. Оба растворителя хотя и принадлежали к совершенно различным группам периодической системы элементов, но имели почти одинаковые молекулярные веса ( $\text{H}_2\text{O}=18$ ,  $\text{NH}_3=17$ ), и оба отличались свойством образовывать с солями соединения, содержащие „кристаллическую воду“ и „кристаллический аммиак“, и сами представляли собой сильные, образующие кислоты или основания, элементы. Аналогия этих веществ распространялась и на их свойства по отношению к твердым веществам — они сильно ионизировали и растворяли соли. Как же будет обстоять дело, если растворитель, который мы будем испытывать, будет отличаться от этих двух растворителей и будет состоять из двух гомологичных элементов одного типа, например из двух отрицательных кислотообразующих элементов? Вода является соединением амфотерного химического характера, в котором основные и кислотные по характеру части взаимно нейтрализованы, а в аммиаке преобладает основной характер. Поэтому весьма вероятно, что некоторый третий растворитель будет иметь только кислотные или преимущественно кислотные свойства, в противоположность другим растворителям, и в отношении своего растворяющего и ионизирующего действия будет играть другую роль. Не может ли быть, что в таком растворителе 1) все до сих пор известные вещества (хорошие проводники) не будут расщепляться на ионы или же будут распадаться на ионы другого типа и, с другой стороны, 2) что не диссоциирующие вещества в воде и в  $\text{NH}_3$  в этих новых ионизирующих средах станут электролитами? Если степень электролитической диссоциации растворенного вещества столь тесно связана с приро-

дой растворителя, то не может ли характер расщепления на ионы этими же факторами определяться и модифицироваться? Разве свойства недиссоциирующих веществ глубоко не зависят от природы среды, служащей растворителем? <...>

Первые попытки, которые в свое время были сделаны<sup>20</sup>, оказались многообещающими. Оказалось, что многие неорганические соли, например иодиды щелочных металлов, растворяются, далее соли органических оснований с галоидоводородными кислотами, с азотной кислотой и серной кислотой, так же как и необозримое количество органических веществ — кислот, оснований, спиртов, сложных эфиров, амидов, кетонов, альдегидов, углеводов и т. д., в измеряемых количествах и зачастую и в удивительно больших количествах и с изменением окраски растворяются в жидком  $\text{SO}_2$ . Особенно заслуживает внимания изменение окраски — желтое окрашивание солевого раствора, которое наступает при растворении иодидов, а также слабое желто-зеленое окрашивание роданидов и бромидов, которое сразу указывает на новые обстоятельства или на особые процессы при растворении. Здесь же проведенные определения электропроводности показали, что все соли являются проводниками, причем некоторые имеют такие высокие значения молекулярной электропроводности, как и водные растворы при такой же температуре. Такие предварительные испытания были распространены на определение и молекулярного веса, причем оказалось, однако, что если принять для солей обычные молекулярные величины, то они, вместо того чтобы распадаться на ионы и показывать меньшие молекулярные веса, как этого требует теория электролитической диссоциации, дают нормальные или большие молекулярные веса. Такие результаты соответствуют первоначальному ожиданию, которые вызвал новый растворитель, и были также причиной того, что начатые исследования в жидкой двуокиси серы, несмотря на очень многочисленные опыты, оставили еще так много вопросов открытыми<sup>21</sup>.

П. И. Вальден, открыв в двуокиси серы новое ионизирующее средство и хорошо растворяющую среду, тем самым увеличил число известных диссоциирующих растворителей. Помимо  $\text{SO}_2$ , он исследовал еще около 50 неводных растворителей, в том числе  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{SOCl}_2$ , хлорсульфоновую кислоту, безводную серную кислоту, формамид, нитрометан, сложные эфиры и ангидриды кислот, окись фосфора, хлористый мышьяк и хлористую сурьму. Все эти соединения оказались неводными неорганическими растворителями и ионизаторами. Выяснив этот интересный факт, Вальден детально изучил процесс сольватации в неводных растворах.

<sup>20</sup> Вальден П. О новом ионизирующем растворителе. — ЖРФХО, 1899, т. 31, вып. 7, с. 665—666. Протоколы.

<sup>21</sup> Walden P., Centnerszwer M. Flüssiges Schwefeldioxyd als Lösungsmittel. — Изв. имп. Академии наук, 1901, т. 15, № 1, с. 18—20.

«Интенсивное изучение неводных растворов,— писал он,— вызвало новый интерес к старой проблеме о химической природе процесса растворения и привлекло к ней новых приверженцев.

Вопрос о существовании гидратов в водных растворах или солятов<sup>22</sup> в растворах создает связь между двумя враждебными областями, а именно между теорией о гидратах Менделеева (и Джонса) и современными теориями о растворах. Ведь начиная диссертацией „Об удельных объемах“ (1856) и кончая последним изданием своих „Основ химии“ (1906), этот выдающийся химический философ и физико-химик в течение всей своей столь богатой трудом научной жизни неуклонно защищал химическую природу хода растворения и старался доказать существование гидратов в растворе. Его теории о гидратах основываются на следующих двух предположениях:

1. Растворы — это жидкие системы, в которых происходит ассоциация молекул между растворителем и растворенным веществом.
2. Эти ассоциированные системы подлежат диссоциации. „У нас есть причина, чтобы предполагать, что в растворах часть веществ находится в состоянии соединения, а другая — в состоянии распада, т. е. в состоянии диссоциации, не имеющей ничего общего с еще неразъясненным электричеством“. „Относительное количество, постоянно и состав этих систем или определенных соединений должны меняться от одного раствора к другому“ (Д. И. Менделеев).

Правда, уже С. Аррениус (1884) связал появление „активной“ (диссоциированной) части кислот, например уксусной кислоты, с совершившимся до этого образованием гидрата или с „соединением — как у аммиака — неактивного вещества с растворителем“. В. Оствальд и Чиамициан (1890) тоже пытались объяснить электролитическую диссоциацию веществ присоединением водных молекул к ионам. В особенности второй исследователь до настоящего времени придерживается взгляда, что электролитическая диссоциация — химический процесс, при котором ионы окружают себя неопределенным количеством поляризованных молекул воды.

Для неводных растворителей А. Горстман (1892) считал наиболее вероятным „их прямое участие“, а именно „хотя бы таким образом, что молекулы растворенного вещества соединяются с молекулами растворителя и образуют комплексы“. Отметим еще роль А. Вернера (1893) в истории развития воззрений о гидратации и ионизации. Затем А. Ганч (с 1899 г.) упорно защищал предположение, что вода активно участвует при ионизации, что, следовательно, гидратация является вступлением к ионизации и что ионы являются гидратированными.

Обнаруженный П. Вальдепом (1899) как ионизатор серпистый ангидрид дал окрашенные в желтый цвет и отлично проводящие растворы иодистых щелочей; это изменение окраски, а равно и зна-

<sup>22</sup> Явления в неводных растворах, аналогичные гидратации в водных растворах, П. И. Вальден и М. Центнершвер назвали «сольватацией». — Ю. С.

чительное развитие тепла при растворении заставили П. Вальдена и М. Центнершвера (1901) предположить образование продуктов ассоциации. Последующая изоляция и окрашивание в желтый цвет растворов  $\text{KJ}(\text{SO}_2)_4$  подтверждали это воззрение.

Когда П. Вальден (1903) для „свободного радикала“ трифенилметила,  $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C}$ , в жидком сернистом ангидриде доказал значительную электропроводность, он предполагал, что образование ионов кажется возможным лишь тогда, „когда мы допускаем предварительное образование соли“, т. е. сольватацию углеводорода. Общим во всех этих процессах является то, что сольватация ионов образует движущую силу; она дает энергию процессу, который сопряжен с отделением ионов друг от друга, потребляющим энергию»<sup>23</sup>.

Исследования П. И. Вальденом природы неводных растворов позволили значительно продвинуть научные представления о явлениях растворения и электролиза в более широкую, чем водные растворы, область, углубили знания о том, в какой мере влияют на поведение растворенного вещества физические и химические свойства растворителя. Этого нельзя было сделать, изучая только водные растворы. Вальден выступил с идеей создания общей теории растворов, явившейся синтезом физических и химических представлений. Он писал: «Если еще не так давно существовал острый антагонизм между представителями старой гидратной теории и новейшей физико-химии, то в настоящее время (начало XX в.— Ю. С.) мы присутствуем при акте примирения — на почве концентрированных растворов»<sup>24</sup>.

Причем позицию П. И. Вальдена как ученого характеризует именно синтез, а не признание сосуществования физических и химических взглядов.

«Представляют ли растворы химические соединения определенного или неопределенного состава, или они должны быть рассматриваемы как механические или физические смеси? Обусловливается ли растворение химическим сродством обоих компонентов раствора или же физическими силами?», — спрашивал П. И. Вальден и тут же отвечал, что «ответа, который удовлетворил бы всех, мы до сих пор еще не имеем. Невольно возникает сомнение: да правильно ли формулирован вопрос? Не допущен ли нами произвол при такой постановке вопроса о природе раствора? Существует ли действительно такая резкая граница между химическими и физическими силами, между химическими соединениями и физическими смесями? Или, может быть, нами выбраны лишь два предельных примера, две предельные области для большего удобства и для упрощения схемы при классификации результатов? Не существуют ли в природе постепенные переходы, не будет ли правильнее считаться и в учении о растворах с такими, во всяком случае мыслимыми, пере-

<sup>23</sup> Walden P. Elektrochemie nichtwässerigen Lösungen. Leipzig, 1924, S. 5—7.

<sup>24</sup> Вальден П. И. Наука и жизнь. 2-е изд. Пг., 1921, ч. 3, с. 148.

ходами, промежуточными действиями и их продуктами, начиная от продуктов определенного постоянного состава, переходя через все видоизменения химического постоянства и кончая другим крайним случаем — физическими смесями»<sup>25</sup>.

Одновременно с исследованиями в области неводных растворов П. И. Вальден провел большую работу, связанную с подготовкой к изданию книги по истории учения о растворах<sup>26</sup>. Это была первая в историко-химической литературе монография, посвященная истории учения о растворах — важнейшего раздела классической физической химии.

\*

Исследования, выполненные в Риге, внесли свой существенный вклад в развитие стереохимии и физической химии. Работы П. И. Вальдена по неводным растворам получили международное признание. По мнению американского физико-химика Г. Джонса, «исследования Вальдена и его сотрудников по вопросу о диссоциирующей способности неорганических и органических растворителей вообще дали, может быть, больше, чем все известные до сих пор работы, посвященные этой задаче»<sup>27</sup>.

С. Аррениус в письме от 18 февраля 1912 г. к П. И. Вальдену писал: «Могу от души поздравить Вас с Вашей совершенно не ослабевающей продуктивностью. Ваша статья о формамиде — одна из самых интересных, какие я прочел за последнее время». В письмах к Вальдену Аррениус писал, что он ждет его новые работы по неводным растворам с «величайшим интересом». «Я надеюсь, — писал Аррениус Вальдену 9 августа 1912 г., — что изучение неводных растворов приведет Вас к простым законам природы, как это в свое время было с Раулем.

С напряженным интересом я ожидаю Ваших дальнейших работ в этой области.

Поздравляю Вас также с Вашей изумительной продуктивностью, которую Вы сохранили в полной мере, несмотря на столь многие отвлекающие обстоятельства. Я очень рад также, что Вы занимаетесь старой классической физической химией, из которой, вероятно, можно будет извлечь еще очень много хорошего»<sup>28</sup>.

<sup>25</sup> Вальден П. И. Очерк истории химии в России. — В кн.: Ладенбург А. Лекции по истории развития химии от Лавуазье до нашего времени. Одесса: Матезис, 1917, с. 604.

<sup>26</sup> Walden P. Die Lösungstheorien in ihrer geschichtlichen Aufeinanderfolge. Stuttgart, 1910. 181 S. Рус. пер.: Вальден П. Теории растворов в их исторической последовательности/Пер. Н. П. Страхова под ред. М. А. Блох. Пг.: Науч. хим.-техн. изд-во, 1927. 195 с.

<sup>27</sup> Джонс Г. Основы физической химии. СПб., 1911, с. 438.

<sup>28</sup> Соловьев Ю. И. Письма Сванте Аррениуса П. И. Вальдену. — Вopr. истории естествознания и техники, 1956, вып. 2, с. 261.

## Глава 23

# КИЕВСКАЯ ШКОЛА ХИМИКОВ

Киевский университет и Киевский политехнический институт образовали киевский научный центр, оказавший большое влияние на развитие естествознания в нашей стране.

Химия в киевском научном центре была представлена блестящими учеными, внесшими ценный вклад в сокровищницу отечественной химии.

## КИЕВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В 1834 г. был открыт Киевский университет. «При открытии университета кафедра химии находилась в самом плачевном состоянии: не было ни лаборатории, ни лаборанта и по штату не отпущено было никаких сумм на постановку опытов при преподавании»<sup>1</sup>.

Первым профессором химии Киевского университета был Степан Федорович Зенович (1779—1856). Он занимал до 1838 г. кафедру химии, где читал курс лекций по руководству Г. И. Гесса «Основания чистой химии».

С 1840 г. в течение 20 лет кафедрой химии в Киевском университете заведовал профессор И. М. Фонберг<sup>2</sup>. Здесь он читал основной курс по неорганической химии. На его публичные лекции «стекалась многочисленная публика, смотревшая с некоторым благоговением на его опыты и его приемы».

В «Правилах для практических упражнений студентов Университета св. Владимира в химии», утвержденных в 1848 г., предписывалось студентам заниматься химическим испытанием «процессов и разных материалов, употребляемых на фабриках и заводах: белильных, красильных, пабойщичьих, мыловаренных, сахарных, литейных и других»<sup>3</sup>. И. М. Фонберг подчеркивал, что в его курсе «с особенною подробностью объяснены будут те статьи, к коим принадлежат материалы и процессы, имеющие полезное применение

<sup>1</sup> Реформатский С. Н. Материалы для истории химической лаборатории Университета св. Владимира.— Ломоносовский сборник: Материалы для развития истории химии в России. М., 1901, с. 1; см. также *Владимирский-Буданов М.* История императорского университета св. Владимира. Киев, 1884. Т. 1. 674 с.

<sup>2</sup> Игнатий Матвеевич Фонберг (1801—1891), с 1822 г. преподавал в Виленском университете. С 1829 г.— экстраординарный профессор. С 1840 г.— профессор кафедры химии Киевского университета. Автор трехтомного учебного пособия по неорганической химии «Химия в применении к искусству и ремеслу» на польском языке (Вильно, 1827, т. 1; 1828, т. 2; 1829, т. 3).

<sup>3</sup> Цит. по кн.: Киприанов А. И., Бабичев Ф. С., Мушкало Л. К. и др. Очерки по истории органической химии в Киевском университете. Киев, 1954, с. 10.

к другим отраслям наук»<sup>4</sup>. В 1850 г. Фонберг выступил с речью «О необходимости наук для успеха искусств и ремесел»<sup>5</sup>. Основная цель этой речи — обратить внимание людей практики на значение науки, на взаимосвязь науки и техники. Убеждая промышленников в пользе научных теорий и открытий, Фонберг говорил: «Наука должна быть спутницей от первой мысли об учреждении фабрики до окончательного обзаведения ее, от первого оборота колеса или первой засыпки печи угольями до пущения фабрики в полный ход и в протяжении всего существования ее». Поэтому руководитель фабрики не должен «чуждаться Науки и новых изобретений». Техника, по мнению Фонберга, должна утверждаться «на прочном основании Наук, кои одни могут озарить и согреть ее лучами своими»<sup>6</sup>.

При И. М. Фонберге в главном здании Университета в 1847—1848 гг. была устроена химическая лаборатория из пяти комнат<sup>7</sup>.

С 1851 г. курс органической и аналитической химии в Киевском университете начал читать магистр химии Г. А. Чугаевич. Он окончил Киевский университет (1844) и в 1850 г. защитил магистерскую диссертацию «Об алкоголях, эфирах и альдегидах». В 1859 г. Чугаевич возглавил кафедру химической технологии<sup>8</sup>. Опубликованная им в 1850 г. работа «Об исомерии и полиформенности» представляла интерес своими рассуждениями об «образе расположения атомов и молекул». Мысль, высказанная Чугаевичем о зависимости пространственного расположения атомов в молекуле от проявления различной силы химического сродства, историками химии рассматривается как «очень интересная и прогрессивная»<sup>9</sup>.

В 1858 г. на вакантную должность адъюнкта кафедры химии Киевского университета, освободившуюся после перехода адъюнкта Г. А. Чугаевича на кафедру технологии, был принят Д. Н. Абанев<sup>10</sup>. Основные его работы были посвящены изучению растворов.

<sup>4</sup> Там же, с. 11.

<sup>5</sup> Интересно отметить что эта речь была опубликована в официальном «Журнале Министерства народного просвещения» (см.: *Фонберг И. О необходимости наук для успеха искусств и ремесел.* — Журн. Мин-ва народн. просвещ., 1853, т. 80, № 10/12, отд. II, с. 74).

<sup>6</sup> Речь о необходимости Наук для успеха искусств и ремесел, читанная ордин. профессором Фонбергом. — В кн.: Краткий отчет и речь, читанные в торжественном собрании Университета св. Владимира 10 июня 1850 г. Киев, 1850, с. 52, 51, 54.

<sup>7</sup> Практические занятия со студентами в лаборатории были начаты только в 1863 г. под руководством профессора И. А. Тютчева.

<sup>8</sup> По воспоминаниям Н. А. Бунге, «техническую химию читал магистр химии Г. А. Чугаевич, человек с большими познаниями по своему предмету, читал он не общий курс, а избранные главы; читал очень подробно, мастерски рисуя на доске цветными карандашами приборы, относящиеся к производству» (ЖРФХО. Ч. хим., 1916, т. 48, вып. 3, с. 376).

<sup>9</sup> *Быков Г. В.* Деструктурные теории органической химии в России. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1958, т. 18, с. 196.

<sup>10</sup> См. в главе 7 настоящей книги.

Одним из первых исследований, посвященных термохимии растворов, была магистерская диссертация Абашева, опубликованная в 1858 г. Абашев изучил тепловые явления, происходящие при образовании растворов из двух жидкостей. Было установлено, что при смешении жидкостей в одних случаях имеет место понижение температуры, а в других, наоборот, повышение ее<sup>11</sup>.

Д. Н. Абашев, исследуя влияние температуры на взаимную растворимость жидкостей, изучил сорок пять пар, образованных десятию различными жидкостями. Он установил, что взаимная растворимость жидкостей увеличивается с повышением температуры. На основании своих исследований Абашев пришел к предположению о существовании критической температуры смешения расслаивающихся растворов: «...все те пары жидкостей, которых члены при обыкновенной температуре растворяют друг друга в определенных пропорциях, при известных высших температурах будут обладать способностью смешения во всех пропорциях; таким образом, общая формула явления растворения жидкостей в жидкостях будет такая: при низших температурах жидкости растворяют друг друга в определенных, более или менее значительных, пропорциях, при высших смешиваются во всех пропорциях <...> До сих пор даже неизвестно положительно ни одной пары жидкостей, члены которой представляли бы при одной температуре явления растворения в определенных пропорциях, а при другой, высшей, — явления смешения во всех пропорциях, но это вполне объясняется совершенным недостатком опытных данных; такие сочетания жидкостей, без сомнения, существуют, и я надеюсь отыскать их при дальнейших моих исследованиях»<sup>12</sup>. Впоследствии Абашеву удалось экспериментально доказать справедливость своего предположения. Он нашел, что существуют такие сочетания жидкостей, что при одной температуре обе жидкости растворяют друг друга в определенных пропорциях, при другой смешиваются во всех пропорциях<sup>13</sup>.

В своей докторской диссертации «О тепловых явлениях, обнаруживающихся при соединении жидкостей»<sup>14</sup> (1868) Д. Н. Абашев исследовал изменения температуры, происходящие при смешении двух жидкостей на большем числе примеров, чем в предыдущей работе.

Н. Н. Бекетов дал высокую оценку исследованиям Д. Н. Абашева, охарактеризовав его докторскую диссертацию как «истинно классический труд в области экспериментальных наук». Бекетов считал «самой приятной для себя обязанностью обратить на него внимание

<sup>11</sup> См.: Абашев Д. Исследования о явлениях взаимного растворения жидкостей. М., 1858. IV+42 с.

<sup>12</sup> Там же, с. 38.

<sup>13</sup> Там же, с. 38—39.

<sup>14</sup> Абашев Д. — Зап. имп. Новоросс. ун-та. Год второй, 1868, т. 1, вып. 6, с. 13—77.





*Петр Петрович Алексеев*

всех людей, интересующихся успехами науки как вообще, так в особенности у нас в России»<sup>15</sup>.

В 1862 г. кафедру химии, освободившуюся после ухода Д. Н. Абашева на пенсию, занял Иван Артамонович Тютчев (1834—1893). Он окончил Петербургский университет и некоторое время работал в химической лаборатории Н. Н. Соколова и А. Н. Энгельгардта по органической химии. В 1856 г. он защитил магистерскую диссертацию на тему «О гликолях вообще и о вновь полученном соединении — бензойнокислом кюмоле». В Киевском университете И. А. Тютчев занимался вопросами кристаллографии, агрохимии и аналитической химии<sup>16</sup>. Будучи энциклопедически образован, Тютчев хорошо знал и

любил свой предмет, но «не обладал должной выдержкой при руководстве практическими занятиями»<sup>17</sup>.

В 1864 г., по предложению И. А. Тютчева, в Киевский университет был приглашен на должность доцента П. П. Алексеев<sup>18</sup>. С осени 1865 г. он начал читать здесь курс органической химии. Алексеев принял активное участие в строительстве новой химической лаборатории Киевского университета, которая была открыта в 1873 г.<sup>19</sup>

В историю отечественной химии П. П. Алексеев вошел как оригинальный исследователь в области органической химии, как осно-

<sup>15</sup> Бекетов И. Н. Рецензия сочинения г. Абашева «О тепловых явлениях, обнаруживающихся при соединении жидкостей». — Зап. Новорос. ун-та. Год третий, 1870, т. 5, Отд. критико-библиогр., с. 5 (отд. паг.).

<sup>16</sup> Тютчев И. А. Несколько фактов для химии титановых соединений. СПб., 1866; Тютчев И. А. О химической формуле везувияна. СПб., 1866.

<sup>17</sup> Цит. по: Реформатский С. Никлай Андреевич Бунге: (Некролог). — ЖРФХО. Ч. хим., 1916, т. 48, вып. 3, с. 376.

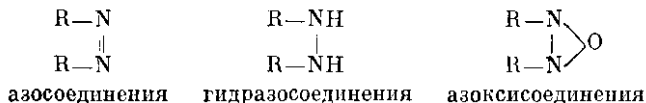
<sup>18</sup> Петр Петрович Алексеев (1840—1891), окончил естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета (1860). Ученик А. А. Воскресенского и Н. Н. Соколова. С 1869 г. — ординарный профессор химии Киевского университета.

См.: Мусабеков Ю. С. Представители бутлеровского направления в химии на Украине. 1. Петр Петрович Алексеев. — Укр. хим. журн., 1953, т. 19, вып. 4, с. 443—454.

<sup>19</sup> Историю этой лаборатории П. П. Алексеев изложил в интересной брошюре «Материалы для истории химической лаборатории Университета св. Владимира (1834—1884)» (Киев, 1886. 52 с.).

ватель киевской школы химиков-органиков. Ему принадлежит разработка (1867) способа получения азокси- и гидразобензола восстановлением азобензола амальгамой натрия в спирте. Этот метод применяется до сих пор как удобный способ восстановления питро-бензола в щелочном спиртовом растворе с дишковой нилью.

В своей докторской диссертации «Монография азосоединений» (1867) П. А. Алексеев представил богатый материал, посвященный изучению строения азотсодержащих органических соединений. «Критически разобрав все до него предложенные формулы строения важнейших азотсодержащих веществ, П. П. Алексеев выдвинул и обосновал свои представления. Он рассматривал азосоединения как самостоятельную группу веществ промежуточного (между аминами и нитросоединениями) положения. Алексеев считал, что родство азо-, гидразо- и азоксисоединений хорошо отражается следующими их формулами:



Как легко видеть, формулы П. П. Алексеева сохранены до наших дней, с небольшими уточнениями для азоксисоединений»<sup>20</sup>.

Оригинальные учебники органической химии П. П. Алексеева долгое время служили руководствами для студентов<sup>21</sup>. С. Каншицаро, ознакомившись с книгой Алексеева «Методы превращения органических соединений» (1889), писал ему, что «появление таких руководств подготавливает наступление новой эры в изучении химических соединений»<sup>22</sup>.

Обладая живым и острым критическим умом, П. П. Алексеев проявил свой литературный талант в ежегодных «Обзорах химической литературы», которые печатались с 1875 по 1885 г. в «Киевских университетских известиях» и перепечатывались в «Журнале Русского физико-химического общества»<sup>23</sup>.

«Всякая книга, о которой дан был отзыв П. П., подвергалась им тщательному рассмотрению со стороны научной, педагогической — если это был учебник — и литературной <...> Обзоры иностранной

<sup>20</sup> Мусабегов Ю. С. История органического синтеза в России. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 230.

<sup>21</sup> См.: Алексеев П. П. Лекции органической химии. Углеводороды и спирты. Киев, 1868. VI+344 с.; Алексеев П. П. Органическая химия. Киев, 1877. VI+439 с.; то же, 2-е изд., испр., доп. Киев, 1880. 498 с.; то же, 3-е изд. Киев, 1884. 516 с. Алексеев П. Методы превращения органических соединений. Киев, 1889. VIII+183 с. В 1891 г. во Франции вышел перевод этой книги под редакцией французского химика Э. Гримо.

<sup>22</sup> Цит. по: П. П. Алексеев: [Некролог...] — ЖРФХО, 1892, т. 24, вып. 3, с. 225.

<sup>23</sup> В 1873—1882 гг. Н. А. Бунге издавал «Обзоры книжной литературы по химической технологии», которые печатались в «Киевских университетских известиях» и перепечатывались в «Журнале Русского физико-химического общества».

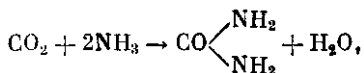
литературы составлялись настолько тщательно, что даже диссертации и брошюры не проходили незамеченными П. П. За 12 лет подверглись критическому разбору П. П. около 150 иностранных сочинений по химии»<sup>24</sup>. Для «Журнала Русского физико-химического общества» П. П. Алексеев составил около 550 рефератов работ итальянских химиков (Каппиццаро, Патерно, Чамичана и многих других).

В 1870 г. в Киеве было организовано отделение Русского технического общества, первым председателем которого был П. П. Алексеев. Своими публичными лекциями и переводами он содействовал усовершенствованию сельскохозяйственных производств и прежде всего свеклосахарного.

П. П. Алексеев перевел и издал капитальное сочинение немецкого химика В. Отто «Сельскохозяйственные промыслы производства: уксусное, сахарное, крахмальное, крахмальной камеди, крахмального сахара, крахмальной патоки, сыра и масла» (под ред. П. Ф. Лесгафта. СПб., 1870. 830 с.)

С 1870 по 1891 г. неорганическую химию в Киевском университете читал профессор Федор Минович Гарнич-Гарницкий (1834—1892). Он окончил в 1861 г. физико-математический факультет Харьковского университета по разряду естественных наук. Будучи учеником Н. Н. Бекетова, Гарнич-Гарницкий, однако, не стал специализироваться по физической химии, а выбрал своей специальностью органическую химию. В 1865 г. он защитил магистерскую диссертацию «Синтез бензойной и коричной кислоты», а в 1867 г. — докторскую «Образование органических соединений из элементов угольной кислоты». По рекомендации П. П. Алексеева, Гарнич-Гарницкий был приглашен на кафедру химии Киевского университета на место И. А. Тютчева, который в 1869 г. переехал в Новую Александрию, где стал директором Сельскохозяйственного института.

В 1870 г., по рекомендации А. М. Бутлерова, лаборантом химической лаборатории Киевского университета был зачислен Александр Иванович Базаров (1845—1907). Степень доктора философии он получил в Лейпциге в 1869 г. за диссертацию «Прямое получение мочевины из углекислоты и аммиака». Способ получения мочевины, разработанный Базаровым, применяется и в настоящее время<sup>25</sup>. Реакция



идущая с выделением тепла, используется в современной промышленности для получения сотен тысяч тонн мочевины.

<sup>24</sup> П. П. Алексеев: [Некролог...], с. 226—227.

<sup>25</sup> См.: Горюховский Д. М., Кучерявый В. И. Основоположник промышленного синтеза мочевины. — Хим. пром-сть, 1978, № 3, с. 228—229.

Весной 1871 г. А. И. Базаров защитил в Киевском университете магистерскую диссертацию «О строении некоторых азотистых соединений», а в 1874 г. — докторскую «О фторборной кислоте и солях ее». В 1881 г. Базаров был назначен на должность директора Никитского ботанического сада.

Видное место в истории отечественной химии и химической технологии занимает профессор Н. А. Бунге<sup>26</sup>. С осени 1871 г. до 1903 г. он читал курс лекций по технической химии в Киевском университете. Как крупный специалист в области химической технологии Бунге был избран в 1873 г. председателем Киевского отделения Технического общества, и в течение 33 лет он беспрерывно выполнял эти обязанности.

Н. А. Бунге принимал активное участие в различных городских комиссиях по устройству газового, а затем электрического освещения Киева. По его инициативе при технической лаборатории Университета была устроена первая в России контрольная станция для анализа светильного газа (1873) и питьевой воды (1885). Он первый в России предложил химический способ очистки больших количеств воды для питья.

Своими исследованиями в области органической химии Н. А. Бунге обогатил малознученную в то время химию нитрозосоединений<sup>27</sup>. В 1869 г. он предложил новый реагент — нитрозилхлорид ( $\text{NOCl}$ ) для синтеза нитрозосоединений. Используя этот реагент, немецкий химик А. Байер в 1874 г. получил нитрозобензол. «Результаты, полученные при работе с нитрозосоединениями и при действии галоидов на серебряные производные органических соединений не удовлетворили, по-видимому, Н. А., и он решил избрать новую тему для своих исследований, а именно электролиз химических соединений. Для этой цели он перешел в Лейпциг, где в то время была выстроена новая прекрасная лаборатория, которой руководил профессор Кольбе. В лаборатории профессора Кольбе Н. А. произвел ряд исследований, результаты которых изложил подробно в сочинении «К вопросу об электролизе химических соединений» (Киев, 1870 год). В этом труде, после краткого очерка результатов, уже тогда добытых при электролизе химических соединений, автор изложил свои исследования, предпринятые с целью разъяснить: 1) разлагаются ли при электролизе производные спиртов, так же как и кислоты; 2) в каком виде первоначально появляется на аноде

<sup>26</sup> Николай Андреевич Бунге (1842—1914), окончил естественное отделение физико-математического факультета Киевского университета (1865). В 1868 г. защитил магистерскую диссертацию по органической химии «О нитрозосоединениях». После защиты докторской диссертации «К вопросу об электролизе химических соединений» (1870) утвержден (1871) профессором по кафедре технической химии Киевского университета.

См.: *Реформатский С. Н.* Николай Андреевич Бунге: (Некролог). — *ЖРФХО. Ч. хим.*, 1916, т. 48, вып. 3, с. 373—411.

<sup>27</sup> См.: *Бунге Н. А.* О нитрозосоединениях. Киев, 1868. 83 с.

сложная группа, выделяющаяся при электролизе соединений типа воды, и 3) как относятся сульфокислоты к гальваническому току <...>

На основании всех этих исследований Н. А. приходит к заключению, что все органические соединения типа воды (спирты, меркаптаны, кислородные кислоты и тиокислоты) разлагаются гальваническим током в водных растворах на водород и на остальную группу, которая выделяется на аноде...»<sup>28</sup>.

«Работы Николая Андреевича по электролизу появились в извлечении во всех сборных журналах и нашли себе место не только в обширных руководствах по химии (Gmelin, Krauf, Beilstein), но и в элементарных учебниках. Они обратили на себя внимание также и Д. И. Менделеева, который, познакомившись с ними из „Киевских университетских известий“, по собственному почину нашел нужным сделать о них доклад в Русском химическом обществе»<sup>29</sup>.

Н. А. Бунге выполнил ряд важных работ, направленных на развитие в России свеклосахарного производства и виноделия. Большую известность приобрело его руководство «Химическая технология», первый том которого вышел в 1879 г., а второй — в 1888 г. По отзыву Ф. Ф. Бейльштейна, «Химическая технология воды представляет собою не извлечение или перевод иностранного сочинения, а сочинение оригинальное, наполненное избранным материалом»<sup>30</sup>.

В 1894–1900 гг. вышел в свет «Курс химической технологии (часть неорганическая)», подготовленный Н. А. Бунге для студентов химиков-технологов.

В 1891 г. кафедру органической химии Киевского университета занял С. Н. Реформатский, о казанском периоде научной деятельности которого мы уже говорили. В Киеве Реформатский создал большую школу химиков. К его ученикам принадлежат Я. И. Михайленко, В. П. Яворский, Г. В. Дани, И. К. Мацуревич, М. Л. Ждапович и др.

С. Н. Реформатский и его многочисленные ученики в химической лаборатории Киевского университета синтезировали большое число соединений из класса  $\beta$ -оксикислот и их производных (сложные эфиры, соли)<sup>31</sup>.

## ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Одним из инициаторов создания в Киеве Политехнического института был Н. А. Бунге. Он принимал самое деятельное участие в его организации.

<sup>28</sup> Реформатский С. Н. Николай Андреевич Бунге..., с. 393–395.

<sup>29</sup> Там же, с. 397.

<sup>30</sup> Там же, с. 401.

<sup>31</sup> Более подробно см.: Киприанов А. И., Бабичев Ф. С., Мушкало Л. Н. и др. Указ. соч., с. 64–95.

Киевский политехнический институт был открыт 31 августа 1898 г.<sup>32</sup> Перед новым учебным заведением стояла задача подготовки специалистов для тех областей промышленности, в которых химическая технология занимает ведущее место<sup>33</sup>.

В 1899 г. было возведено здание химического павильона, оснащение химическим оборудованием которого проводилось под руководством М. И. Коновалова, декапа химического отделения. Под его руководством в химических лабораториях Политехнического института проводились исследования в области органической, неорганической и физической химии. В органической химии продолжались исследования, начатые М. И. Коноваловым в Москве. Они были посвящены изучению нитросоединений.

По неорганической химии в 1902 г. была опубликована работа В. А. Плотникова «О сложных соединениях хлористого и бромистого алюминия»<sup>34</sup>. С именем Плотникова связано оригинальное направление исследований природы неводных растворов. Работы Плотникова положили начало «киевской электрохимической школе».

В. А. Плотников создал крупную школу физико-химиков. К его ученикам принадлежат такие ученые, как В. А. Избеков, Я. А. Филалков, Б. Ф. Ормонт, М. А. Рабинович, М. И. Усанович, С. И. Якубсон и др.

В 1903 г. Киевский политехнический институт закончил Антон Владимирович Думанский<sup>35</sup>, впоследствии крупный специалист в области коллоидной химии, основатель отечественной школы по коллоидной химии. Под руководством М. И. Коновалова он выполнил свою первую работу «О коллоидальном серебре», которую доложил в декабре 1903 г. на заседании отделения химии Киевского общества естествоиспытателей. Научная и педагогическая деятельность М. И. Коновалова в Киевском политехническом институте продолжалась семь лет (до 1906 г.). За это время он подготовил большое число специалистов-химиков.

\*

Как мы видим, в киевском научном центре были проведены оригинальные научные исследования, связанные с разработкой актуальных проблем органической и физической химии. Образовались самостоятельные научные школы химиков, сложились традиции, продолженные последующими поколениями ученых.

<sup>32</sup> См.: Киевский политехнический институт: Очерк развития и современного состояния Химического отделения. Киев, 1913. II+212 с.

<sup>33</sup> См.: [Ганицкий И. М.] Сборник материалов к истории возникновения Киевского политехнического института... — Изв. Киевского политехн. ин-та. Отд. инж.-мех., 1913, кн. 4, с. 377—488.

<sup>34</sup> Плотников В. А. О сложных соединениях хлористого и бромистого алюминия. — Изв. Киевского политехн. ин-та. Отд. физ.-мат. и хим., 1902, кн. 2, с. 1—102.

<sup>35</sup> См.: Харин С. Е. Антон Владимирович Думанский: Биобиблиография. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1960. 47 с.

Глава 24

## ОДЕССКАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

Создание в Одессе крупного научного центра было обусловлено многими причинами. Во второй половине XIX в. в хозяйственной жизни России значительно возросло значение Одессы как важного морского порта. Расширение торговли активизировало развитие различных производств, в том числе и химических. В 1856 г. в Одессе был пущен лакокрасочный завод; в 1870 г. началось производство керосина. В эти годы в Одессе производились также винная кислота, мыло и стеариновые свечи. Продолжались начатые в 1850-х годах химические исследования морских, лиманных и озерных вод и грязей в районе г. Одессы.

В 1870—1880-х годах в Новороссийском университете, открытом в Одессе в мае 1865 г., сформировалась школа химиков, исследования которых оказали заметное влияние на развитие химии в нашей стране<sup>1</sup>.

Основателем химической лаборатории Новороссийского университета был Н. Н. Соколов (см. стр. 168). Он приехал в Одессу в 1864 г. За время работы в Одессе (1865—1871) Соколов создал новый центр химической науки России: он организовал хорошо оборудованную лабораторию и собрал вокруг себя талантливую молодежь. Химическая лаборатория Новороссийского университета была в то время одной из лучших в России. После переезда Соколова в Петербург в 1871 г. кафедрой химии короткое время руководил В. В. Марковников, а затем А. А. Вериго<sup>2</sup>.

«Благодаря ясному и живому изложению курса химии, блестяще обставленного опытами, благодаря своей доступности и отзывчивости на запросы тогдашнего студенчества, А. А. Вериго делается одним из любимых профессоров, а вместе с этим химия делается одною из популярных наук в Новороссийском университете»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> См.: *Маркевич А. О.* Двадцатипятилетие имп. Новороссийского университета. Одесса, 1890. XV+734 с.; см. также: *Клименко Е.* Исторический очерк химической лаборатории императорского Новороссийского университета.— В кн.: *Ломоносовский сборник: Материалы для истории развития химии в России.* М., 1901. 12 с. (отд. паг.).

<sup>2</sup> Александр Андреевич Вериго (1837—1905), окончил физико-математический факультет Петербургского университета. В 1866 г. защитил магистерскую диссертацию «Азобензид и его гомологи» и был избран доцентом на кафедре химии Новороссийского университета, с 1871 г.— экстраординарный профессор, а с 1873 г.— заведующий химической лабораторией Новороссийского университета.

См.: *Меликов П.* Александр Андреевич Вериго.— *ЖРФХО*, 1905, т. 37, вып. 5, с. 469—475.

<sup>3</sup> Там же, с. 470.

А. А. Вериге принадлежит разработка нового способа получения азобензола действием амальгамы натрия на нитробензол. Используя свой метод, он получил азотолуол, азоксиллол и другие соединения<sup>4</sup>, которые расширили ассортимент азокрасителей. Соединения, получающиеся в результате реакции прямого присоединения к азобензолу, послужили ему объектом специального изучения, которое стало темой его докторской диссертации<sup>5</sup>.

К ученикам А. А. Вериге принадлежат такие известные ученые, как В. М. Петриев, П. Г. Меликов, С. М. Танатар и др.

Исследования В. М. Петриева<sup>6</sup> в области органической химии были посвящены изучению азосоединений. В своей магистерской диссертации «Материалы к изучению азобензида» (Одесса, 1872) он описал способ получения пара-азотолуола путем окисления азосоединений в азоксисоединения. Последующие работы Петриева были посвящены изучению производных малоновой кислоты. Результаты этих исследований изложены им в докторской диссертации «О моно-диоксималоновых кислотах» (Одесса, 1877). «В этом исследовании В. М. задался целью выяснить вопрос о возможности существования соединения, в котором один атом углерода был бы связан с двумя водными остатками. Как известно, в то время химики принимали как аксиому то положение, по которому при одном атоме угля (углерода.— Ю. С.) две гидроксильные группы не могут удержаться и такая частица будет стремиться выделить из себя элементы воды <...> После работ В. М. над диоксималоновой кислотой *вопрос о невозможности соединений с двумя водными остатками при одном атоме угля навсегда оставлен*»<sup>7</sup>.

В области физической химии В. М. Петриеву принадлежат исследования, посвященные изучению химических равновесий в неоднородной среде. Его работа «Материалы к вопросу об измерении силы химического сродства» (Одесса, 1888) посвящена изучению реакций двойных разложений между окисями и их гидратами и азотиокислыми и хлористыми солями различных металлов. Полученные данные привели его к заключению что «при установлении равновесия пределы реакций находятся в зависимости от величи-

<sup>4</sup> См.: Вериге А. А. Азобензид и его гомологи. Одесса, 1866. 46 с.; Вериге А. А. О реакции прямого присоединения к группе азобензида. Одесса, 1871. 73 с.

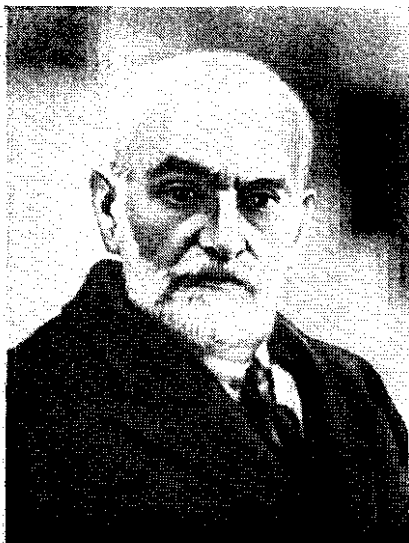
<sup>5</sup> См.: Вериге А. А. О реакции прямого присоединения к группе азобензида. Одесса, 1871. 73 с.

<sup>6</sup> Василий Моисеевич Петриев (Петриашвили) (1845—1908), окончил естественное отделение физико-математического факультета Новороссийского университета (1870). В 1875 г. был избран доцентом, а в 1881 г.—ординарным профессором технической химии Новороссийского университета, где читал курс технической химии до конца своей жизни. С 1905 г.— декан физико-математического факультета, а в 1907—1908 гг.— ректор Университета.

См.: Меликов П. Василий Моисеевич Петриев: Биографический очерк.— ЖРФХО. Ч. хим., 1909, т. 41, вып. 3, с. 119—130; Какабадзе В. М. В. М. Петриашвили (Петриев).— Успехи химии, 1946, т. 15, вып. 1, с. 137—140.

<sup>7</sup> Меликов П. Василий Моисеевич Петриев..., с. 125—126.





Петр Григорьевич Меликов  
(Меликишвили)

ны атомного веса металлов: окиси металлов и их гидраты вступают в реакцию двойного разложения и вытесняют металл из солей тем в большем количестве, чем атомный вес металла окисей *меньше* в сравнении с атомным весом металла солей»<sup>8</sup>.

От изучения химического равновесия В. М. Петриев перешел к исследованию скоростей химических реакций. Этому вопросу была посвящена его работа «О скоростях реакций при двойных разложениях» (Одесса, 1891), в которой был приведен материал о влиянии молекулярного веса кислот на скорость реакций при двойном разложении.

Основное направление исследований П. Г. Меликова<sup>9</sup> — изучение строения, изомерии, химических свойств и превращений непредель-

ных кислот жирного ряда. Магистерская диссертация Меликова была посвящена изучению производных акриловой кислоты (1881), а докторская — производных изомерных кротоновых кислот (1885).

«Открытие глицидных кислот... занимает центральное место в работах Петра Григорьевича в области органической химии. Глицидные кислоты были прослежены в ряду гомологов акриловой кислоты — кротоновой, изокротоновой, тиглиновой, ангеликовой и двуосновной цитраконовой. Везде были изучены продукты присоединения к глицидным кислотам — хлорокислоты, диоксикислоты. Этот материал давал ценные факты для суждения о строении названных непредельных кислот»<sup>10</sup>.

<sup>8</sup> Там же, с. 127.

<sup>9</sup> Петр Григорьевич Меликов (Меликишвили) (1850—1927), окончил естественное отделение физико-математического факультета Новороссийского университета (1873). С 1884 г. — доцент кафедры агрономической химии, с 1889 г. — профессор по кафедре чистой химии. В 1917 г. переехал из Одессы в Тифлис, в 1918—1927 гг. работал в Тбилисском университете, в 1918—1919 гг. был ректором Университета. В 1927 г. избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

О жизни и деятельности П. Г. Меликова см.: Кузнецов В. И., Небиеридзе В. В. Петр Григорьевич Меликишвили (Меликов). М.: Наука, 1985. 224 с. (Серия НБЛ).

<sup>10</sup> Петренко-Критченко П. Петр Григорьевич Меликов. — ЖРФХО. Ч. хим., 1928, т. 60, вып. 5, с. 728.

К исследованиям изомерии органических соединений П. Г. Меликов привлек своих учеников: Н. Д. Зелинского, П. И. Петренко-Критченко<sup>11</sup>, М. Фельдмана и др.

К. А. Бишоф в Риге, в Одессе — Е. Ф. Клименко и Н. Д. Зелинский были первыми проводниками идей стереохимии среди русских химиков.

В 1891 г. Н. Д. Зелинский защитил докторскую диссертацию «Исследование явлений стереоизомерии среди насыщенных углеродистых соединений». Какую задачу ставил перед собой ученый? На этот вопрос он дает сам ответ: «Ввиду той важности, которую представляет изучение явлений стереоизомерии среди насыщенных углеродистых соединений для дальнейшего развития теории химического строения, теории, служившей путеводной нитью в продолжение 30 лет при многочисленных изысканиях в области органической химии<sup>12</sup>, мы и считаем не лишенным интереса изложить и здесь ряд исследований о стереоизомерных формах среди различных кислот янтарного, глутарового, адипинового и пимелинового рядов»<sup>13</sup>.

В 1897 г. Н. Д. Зелинский переехал в Москву и в Московском университете начал новый обширный цикл работ по органической химии (см. главу 18).

Мы вновь обращаемся к исследованиям П. Г. Меликова, но уже в другой области — неорганической химии. В 1898 г. Меликов совместно с Л. В. Писаржевским начал серию работ под общим названием «Исследования над перекисями и над кислотами». Какие причины побудили химика-органика заняться изучением перешен-



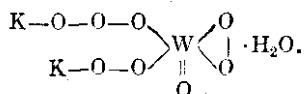
*Лев Владимирович  
Писаржевский*

<sup>11</sup> Павел Иванович Петренко-Критченко (1866—1944), окончил естественное отделение физико-математического факультета Новороссийского университета (1888). В 1897 г. защитил магистерскую диссертацию «О влиянии замещения на ход некоторых реакций углеродистых соединений», а в 1899 г. — докторскую «О тетрагидропиронных соединениях». С 1903 г. — ординарный профессор кафедры химии Новороссийского университета. С 1932 г. — член-корреспондент Академии наук СССР.

<sup>12</sup> «...Хотя школа А. М. Бутлерова была далеко от Одессы, — писал Н. Д. Зелинский, — тем не менее мы, молодые студенты, отлично представляли себе то значение, какое имела эта теория химического строения для развития химии» (Зелинский Н. Д. Собрание трудов. М.: Изд-во АН СССР, 1960, т. 4, с. 545). — Ю. С.

<sup>13</sup> Там же, с. 175.

ных проблем неорганической химии? К концу 90-х годов XIX в. значительно возрос интерес к сложным неорганическим соединениям, которые не укладывались в традиционные рамки учения о постоянной валентности. Представления Д. И. Менделеева о строении комплексных соединений, высказанные им в «Основах химии», послужили для многих химиков (А. Вернер в Швейцарии, А. Пиччили в Италии, П. Г. Меликов и Л. В. Писаржевский в России) исходной предпосылкой для большой программы исследований сложных неорганических соединений. Представлялось важным на новом объекте исследования подтвердить справедливость учения о постоянной и переменной валентности, «вписать» эти соединения в общее русло учения о периодичности. Представлялось важным также пополнить химию отдельных химических элементов новыми данными о форме и структуре их соединений. Широкая химическая эрудиция и интуиция помогли Меликову усмотреть в перекисных соединениях металлов новый объект для исследования, который сулил обогатить химию большого класса соединений. За сравнительно короткий срок (1898—1900) Меликов и Писаржевский исследовали многочисленные перекиси металлов, надкислот и их солей ( $\text{Na}_2\text{UO}_8$ ),  $\text{Li}_2\text{O}_2(\text{UO}_4)_2$ ,  $(\text{BaO}_2)_2\text{UO}_4$ , установили структуру перекисей металлов  $\text{Na}-\text{O}-\text{O}-\text{Na}$ ,  $\text{Ba} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \diagup \diagdown \\ \text{O} \end{smallmatrix}$ , указали на существование надперекисных соединений типа



При действии охлажденного крепкого эфирного раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  на охлажденный эфирный раствор аммиака была впервые получена в кристаллическом состоянии перекись аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{O}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$  (см. <sup>14</sup>).

П. Г. Меликов и Л. В. Писаржевский показали, что при действии растворов щелочей и перекиси водорода на соответствующие кислотные перекиси получают производные ниобовой, вольфрамовой, молибденовой, борной, титановой и ванадиевой кислот. Изучение и сопоставление свойств и строения надкислот ряда элементов позволило Меликову и Писаржевскому сформулировать общий вывод, что «...с увеличением атомного веса центрального элемента стойкость надкислот и их солей увеличивается, увеличивается их основность и метаформы переходят в орто- и пиротформы» <sup>15</sup>.

Результаты, полученные П. Г. Меликовым и Л. В. Писаржевским при изучении более сорока перекисных соединений, послужи-

<sup>14</sup> См.: Меликов П., Писаржевский Л. Перекись аммония.— ЖРФХО, 1898, т. 30, вып. 2, с. 214—217; вып. 5, с. 475—479.

<sup>15</sup> Меликов П., Писаржевский Л. Исследования над перекисями.— Зап. имп. Академии наук. Отд. физ.-мат. наук, 1900, т. 9, № 8, с. 64.

ли прочным фундаментом для формирования химии перекисных соединений.

Термохимические исследования перекисей, образованных элементами IV группы периодической системы, показали, что теплота образования перекиси тория значительно больше теплоты образования перекиси циркония<sup>16</sup>. Эти опыты подтвердили с термохимической стороны положение П. Г. Меликова и Л. В. Писаржевского, что в пределах данной группы периодической системы с возрастающим атомного веса элемента, образующего перекисное соединение, увеличивается прочность последнего.

Д. И. Менделеев назвал в качестве утвердителей периодического закона не только известных зарубежных ученых (П. Э. Лекок де-Буабодрана, Л. Ф. Нильсона, К. Вилклера и др.), но и русских химиков (П. Г. Меликова и Л. В. Писаржевского). В «Основах химии» Менделеев писал: «... Несомненно, что сходственные элементы очень часто дают и сходные перекиси, и изучение перекисей, как показали исследования Пиччини, Меликова, Писаржевского и др., укрепляют периодическую систему элементов»<sup>17</sup>.

29 декабря 1900 г. Петербургская Академия наук на основании положительного отзыва Н. Н. Бекетова, А. И. Карпинского и др. присудила П. Г. Меликову и Л. В. Писаржевскому премию имени М. В. Ломоносова<sup>18</sup>. Авторы рецензии отмечали, что «исследования Меликова и Писаржевского принадлежат к весьма выдающимся по точности и внимательности и доказывают в авторах немалый экспериментальный талант. Эта работа внесла много новых фактов в область неорганической химии и обогатила науку некоторыми замечательными открытиями»<sup>19</sup>.

В 1902 г. Л. В. Писаржевский в Одессе издал работу «Перекиси и надкислоты», о которой Д. И. Менделеев сказал, что автор «собрал важнейшие сведения об этом интересном вопросе». В ней приведены новые данные о перекисях церия, циркония, тория и урана, описаны новые методы для изучения их строения.

Химические исследования, выполненные в одесском научном центре, внесли свой весомый вклад в развитие органической и неорганической химии. Научная школа, созданная в Новороссийском университете, представляла собой высокий научный потенциал, во многом определивший дальнейшее развитие органической и неорганической химии в нашей стране.

<sup>16</sup> См.: Писаржевский Л. Перекиси циркония, церия и тория: Термохимическое исследование. — Там же, с. 62.

<sup>17</sup> Менделеев Д. И. Основы химии. 8-е изд. СПб., 1906, с. 612.

<sup>18</sup> См.: Отчет о присуждении премии имени М. В. Ломоносова... — Изв. имп. Академии наук, 1901, т. 14, № 3, с. 235—239.

<sup>19</sup> Цит. по кн.: Дяликов Ю. С. Человек, который «видел» электроны. Кишинев: Карпа Молдовеняск, 1978, с. 53.

Глава 25

# ИССЛЕДОВАНИЯ РУССКИХ ХИМИКОВ В ВАРШАВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И В ВАРШАВСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

В Варшавском университете, открытом в 1869 г., сосредоточились крупные научные силы в лице русских химиков — учеников А. М. Бутлерова и А. М. Зайцева: Первым в Варшаву приехал А. Н. Попов (в октябре 1869 г.). Возглавив кафедру химии Варшавского университета, он начал вести большую научную и педагогическую работу. Попов читал студентам старших курсов органическую химию. В 1870—1871 гг. он подготовил и издал в Варшаве первую часть курса своих лекций «Углеводороды».

В химической лаборатории Варшавского университета А. Н. Попов продолжил исследования, начатые им еще в Казани. Они были посвящены изучению окисления органических соединений (кетон). Цикл исследований по окислению кетонов Попов обобщил в докторской диссертации, защищенной в Петербургском университете в декабре 1872 г.<sup>1</sup>

Под руководством А. Н. Попова ряд молодых польских химиков (Ю. Грабовский, Б. П. Павлевский, Б. Э. Знатович и др.) выполнили исследования в области органической химии.<sup>2</sup>

Одновременно с А. Н. Поповым в Варшавском университете работал Ф. Р. Вреден.<sup>3</sup> В 1873—1876 гг. он возглавлял кафедру технической химии Варшавского университета. Здесь он выполнил цикл работ по гидрогенизации нафталина, бензола и его гомологов, обобщенных в докторской диссертации.<sup>4</sup> Одним из первых он в эти годы начал изучать циклопарафины. Уже в первых сообщениях<sup>5</sup>

<sup>1</sup> См.: Попов А. Н. О закономерности окисления кетонов и применении ее к определению строения алкогелей и кислот. Варшава, 1872. 47 с.

<sup>2</sup> См. «Сборник работ химической лаборатории Варшавского университета (1870—1876)» (Варшава, 1876. 219 с.), который, по словам А. Н. Попова, имел целью «познакомить читателя с научной деятельностью этой лаборатории, находящейся в моем заведовании со времени открытия университета, т. е. с 1869 г.». Из 23 работ, помещенных в нем, 11 принадлежат А. Н. Попову.

<sup>3</sup> См.: [Меншуткин Н.] Феликс Романович Вреден: (Некролог).— ЖРФХО, 1879, т. 11, вып. 1, с. XII—XIV.

<sup>4</sup> См.: Вреден Ф. Р. I. Гидрогенизация монобензоловых углеводородов. II. О продуктах гидрогенизации и о строении нафталина. СПб., 1876. 23 с.

<sup>5</sup> См.: Вреден Ф. Об окислении углеводорода  $C_8H_{14}$  из камфорной кислоты и строении последней.— ЖРХО и ФО, 1873, т. 5, вып. 3, с. 88—98; 1876, т. 8, вып. 5, с. 146—168.

он высказал мнение, что в состав кавказской нефти входят углеводороды с удвоенным количеством атомов водорода по сравнению с ароматическими углеводородами. Исследования в этом направлении, как уже отмечалось, продолжили в Петербурге Ф. Ф. Бейльштейн и А. А. Курбатов, а в Москве — В. В. Марковников.

В 1876 г. Ф. Р. Вреден совместно с Б. Э. Знатовичем разработали способ получения нафталина из изобутилбензола.

Летом 1882 г. из Новоалександрійского института сельского хозяйства в Варшавский университет перенел работать А. Л. Потылицын, автор известных работ по термохимии<sup>6</sup>. В Варшаве он продолжал исследования, начатые в Петербурге. В 1886 г. в Варшаве была опубликована монография А. Л. Потылицына «О значении теплоты образования солей при реакциях двойных разложений». На строго экспериментальной основе Потылицын установил границу применимости принципа максимальной работы Бертлю, придав ему большую определенность.

В конце 1885/86 учебного года в Варшавском университете освободилась кафедра технической химии. По совету и рекомендации А. Л. Потылицына, ее занял Е. Е. Вагнер. Он приехал в Варшаву в июле 1886 г. из Новоалександрійского института сельского хозяйства, где заведовал кафедрой общей и аналитической химии. Продолжая исследования по окислению органических соединений, начатые еще в Петербурге<sup>7</sup>, Е. Е. Вагнер в 1888 г. разработал общий метод окисления непредельных органических соединений слабым раствором перманганата калия (метод окисления по Вагнеру). Результаты своих исследований он изложил в монографии<sup>8</sup>, которую представил в качестве докторской диссертации. Защита состоялась в Петербургском университете 27 ноября 1888 г. Оппонентами были Н. А. Меншуткин и Д. П. Коновалов. В своей рецензии Меншуткин отмечал, что Е. Е. Вагнер ввел в науку новый метод изучения органических соединений, имеющий «решающее значение в вопросах их строения».

Попечитель Варшавского учебного округа 28 декабря 1888 г. обратился к министру народного просвещения со следующим письмом: «Ректор Варшавского университета вошел ко мне с ходатайством о возведении экстраординарного профессора сего университета по кафедре общей химии надворного советника Е. Е. Вагнера, во внимание его отлично усердной и полезной ученой и преподавательской деятельности, в звание ординарного профессора по занимаемой им кафедре (...) В последнее время, как результат работ, произведенных г. Вагнером в химической лаборатории Варшавского

<sup>6</sup> Подробнее см. в главе 11 настоящей книги.

<sup>7</sup> См.: Вагнер Е. Е. Синтез вторичных спиртов и их окисление. СПб., 1885. IV+72 с.

<sup>8</sup> Вагнер Е. Е. К реакции окисления непредельных углеродистых соединений. Варшава, 1888. VIII+142 с.

университета... появилось его сочинение «К реакции окисления непредельных углеродистых соединений», поставившее его в ряд первостепенных научных исследователей, за что г. Вагнер получил от С.-Петербургского университета степень доктора химии.

Вместе со столь солидными достоинствами как научный деятель г. Вагнер и по педагогической своей деятельности принадлежит к лучшим преподавателям Варшавского университета. Его лекции, кроме научной полноты, отличаются особенной ясностью изложения, что имеет весьма важное значение для аудитории. Независимо от того, г. Вагнер ежедневно руководит студентами в их практических занятиях в химической лаборатории и в разработке предлагаемых им, г. Вагнером, специальных научных вопросов в области органической химии<sup>9</sup>.

В 1899 г. Е. Е. Вагнеру была присуждена Большая премия имени А. М. Бутлерова «за выдающееся научное значение работ и плодотворную педагогическую деятельность».

В Варшавском университете Е. Е. Вагнер выполнил свои классические исследования по химии терпенов. С 1894 г., когда в «Журнале Русского физико-химического общества» появилась первая статья Вагнера, посвященная изучению терпенов, «К строению терпенов и им родственных соединений», до конца своей жизни<sup>10</sup> ученый развешивал клубок «терпенового узла».

Мы не будем вникать в подробности исследований Е. Е. Вагнера по химии терпенов. обстоятельный обзор его работ в этом направлении можно найти в книге, посвященной жизни и деятельности Е. Е. Вагнера<sup>11</sup>. Для нас важно подчеркнуть, что талантливый химик, который прошел школу А. М. Зайцева, глубоко пропитанный идеями А. М. Бутлерова о химическом строении органических соединений, смог в темной и запутанной области органической химии изучить многие сложные процессы превращений в ряду терпенов, установить формулы строения многих из них, «посредством которых совершенно просто развязывался основной узел терпенового вопроса»<sup>12</sup>.

«Важность и трудность этого вопроса,— по словам Л. А. Чугаева,— видны из того, что над его разрешением трудился ряд первоклассных европейских ученых в течение всего почти 19 века. А разрешить это суждено было главным образом русским химикам с

<sup>9</sup> Цит. по кн.: Старосельский П. И., Никулина Е. П. Егор Егорович Вагнер. М.: Наука, 1977, с. 94 (Серия НБЛ).

<sup>10</sup> Последнее сообщение из цикла исследований по химии терпенов Е. Е. Вагнер сделал на заседании Русского физико-химического общества 8 мая 1903 г. (14 ноября 1903 г. Е. Е. Вагнер умер).

<sup>11</sup> См.: Старосельский П. И., Никулина Е. П. Указ. соч., с. 140—200; см. также: Баженова Л. И. Егор Егорович Вагнер: К вопросу о роли русских химиков в исследовании терпенов.— Успехи химии, 1950, т. 19, вып. 5, с. 619—631.

<sup>12</sup> Вагнер Е. К строению терпенов и им родственных соединений: Статья 2.— ЖРФХО, 1896, т. 28, вып. 1, с. 56.

Е. Е. Вагнером во главе. Без сомнения, только преждевременная смерть... помешала этому блестящему представителю нашей науки получить Нобелевскую премию»<sup>13</sup>.

Исследования в области химии терпенов продолжил ученик Е. Е. Вагнера польский химик К. С. Славинский в Виленском университете.

Учеником Е. Е. Вагнера был Николай Александрович Прилежаев (1877—1944), автор монографии «Органические перекиси в применении их для окисления непредельных соединений» (1912), в которой описал открытый им способ окисления непредельных углеводородов и их производных гидроперекисью бензоила. «Реакция Прилежаева» нашла широкое применение для получения  $\alpha$ -окисей олефинов и для изучения строения терпенов<sup>14</sup>.

Сотрудником Е. Е. Вагнера был Василий Максимович Семенов (1861—1930), ученик А. М. Бутлерова. В Варшавском университете он выполнил и защитил свои, по словам А. Е. Арбузова, «мастерски выполненные» диссертации: магистерскую «Исследования в ряду непредельных кислот и продуктов их соединения с бромистоводородной кислотой» (1898), а в 1901 г. — докторскую «Исследования в ряду гомологов мезаконовой, цитраконовой и итаконовой кислот». Диссертационные работы Семенова были посвящены изучению геометрической изомерии. Он открыл новый способ получения стереоизомеров кислот акрилового ряда. «В. М. Семенов — типичный представитель бутлеровской школы. Все свои замечательные исследования он выполнил лично, своими руками»<sup>15</sup>.

В 1909—1915 гг. кафедрой химии Варшавского университета руководил известный русский физико-химик, воспитанник Казанского



Николай Николаевич  
Ворожцов

<sup>13</sup> Чузаев Л. Русское физико-химическое общество. — Наука и ее работники, 1922, № 1, с. 16—17. В 1910 г. за исследования в области химии терпенов Нобелевская премия была присуждена немецкому химику О. Вальлаху.

<sup>14</sup> См.: Ахрем А. А., Прилежаева Е. Н., Мещеряков А. П. Жизнь и деятельность Николая Александровича Прилежаева. — Журн. общ. химии, 1951, т. 21, вып. 11, с. 1925—1931; Прилежаева Е. Н. Реакция Прилежаева: Электрофильное окисление. М.: Наука, 1974, с. 9—33.

<sup>15</sup> Арбузов А. Е. Избранные работы по истории химии. М.: Наука, 1975, с. 189.



университета В. В. Курилов<sup>16</sup>, автор оригинальных работ в области физической и коллоидной химии<sup>17</sup>.

4 сентября 1898 г. был открыт Варшавский политехнический институт. Деканом химического отделения был назначен профессор Е. Е. Вагнер. Он принял активное участие в строительстве химического павильона Политехнического института, открытого в 1900 г. Великолепное монументальное здание Института, прекрасно оборудованная лаборатория органической химии — это воплощение «изумительной по своей напряженности деятельности» Е. Е. Вагнера, поглотившей «немалую долю его жизненной энергии и сил»<sup>18</sup>.

С 1913 г. в Варшавском политехническом институте работал Н. Н. Ворожцов<sup>19</sup>. Здесь он завершил работу над диссертацией «О реакции между кислым серпистокислым натрием и азокрасящими веществами. Бисульфитные производные азокрасителей» (1916). Бисульфитная реакция получила широкое применение в производстве новых органических красителей.

Научная, педагогическая и общественная деятельность русских химиков в Варшавском университете, в Политехническом институте, в Варшавском обществе естествоиспытателей<sup>20</sup> оказала большое влияние на развитие химии в Польше. Многие польские химики были учениками русских ученых. Научные контакты русских и польских химиков способствовали развитию органической и физической химии в различных польских научных центрах.

<sup>16</sup> Венидикт Викторович Курилов (1867—1921), окончил Казанский университет (1889), где работал до 1892 г. В 1892—1896 гг. проводил исследования в лаборатории Д. П. Коновалова по теме: «Разложение (диссоциация) химических соединений, образованных поглощением аммиака солями» (СПб., 1895. 72 с.). В 1896—1898 гг. работал в лабораториях А. Розебома в Амстердаме, В. Нерста в Гёттингене и Я. Вант-Гоффа в Берлине. В 1898—1899 гг. работал в Петербургском университете. В 1899—1909 гг. — профессор Екатеринбургского высшего горного училища. В 1915—1921 гг. — профессор Ростовского университета.

<sup>17</sup> Курилов В. Опытное изучение химических равновесий в системах из двух и трех веществ. СПб., 1899. IV+93 с.; Курилов В. К учению об аммиаках в связи с общей классификационной проблемой в химии. Екатеринбург, 1905. IV+146 с.

<sup>18</sup> Лавров В. Егор Егорович Вагнер: Его жизнь и деятельность. СПб., 1904, с. 26.

<sup>19</sup> Николай Николаевич Ворожцов (1881—1941), окончил Харьковский технологический институт (1904). Один из организаторов анилиноокрасочной промышленности в нашей стране. Автор монографии «Основы синтеза красителей...» (М.; М.: Госиздат 1925. XVI+281 с.).

См.: Измайловский В. А. Николай Николаевич Ворожцов. — Журн. общ. химии, 1943, т. 13, вып. 7/8, с. 525—539.

<sup>20</sup> 8 марта 1903 г. на заседании биологического отделения Варшавского общества естествоиспытателей М. С. Цвет прочитал свой доклад «О новой категории адсорбционных явлений и о применении их к биологическому анализу», который лег в основу адсорбционной хроматографии. (См.: Цвет М. С. Хроматографический адсорбционный анализ: Избранные работы. М.: Изд-во АН СССР, 1946. 273 с. (Классики науки); здесь приведена краткая биография ученого и список его работ, с. 216—235).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ



химию в России можно представить в виде двухсотлетнего дерева, корни которого произрастали в благодатной почве химической лаборатории Ломоносова и ремесленной химии. Молодой побег отечественной химии взрастили последователи Ломоносова. После Севергина и Захарова, Ловица и Кирхгофа и особенно во времена Гесса, Зипина, Воскресенского и Соколова образовался крепкий ствол этого дерева. Он дал два основных ответвления: Менделеевское и Бутлеровское. Во второй половине XIX в. ученики и последователи Менделеева и Бутлерова создали свои научные школы, которые, подобно многочисленным ветвям, образовали пышную крону могучего «дерева» русской химии. Почти каждое «годовое кольцо» этого «дерева» было отмечено событиями и открытиями, поднимавшими авторитет отечественной химии. Когда перед взором вырисовывается общий итог труда русских химиков, невольно рождается законное чувство гордости за те величественные научные достижения, которые обогатили мировую науку<sup>1</sup>.

Развитие отечественной химии, как мы видели, шло далеко не в идеальных условиях. По сути дела, вся ее история наполнена борьбой передовых русских ученых с косностью и бюрократизмом чиновников царского правительства. Начиная с Ломоносова русские химики оставили нам яркие патриотические выступления, направленные на развитие отечественной химии и химической промышленности. Но трудные условия закаляли. Энтузиазм вытеснял уныние. «Не боги горшки обжигают и кирпичи делают», — говорил Воскресенский, и русские химики, по словам Менделеева, «не боялись приложить руки к делу русской науки». В скромно оборудованных химических лабораториях русские ученые выполнили фундаментальные исследования.

Публикации физико-химических трудов Ломоносова показали, что в первой половине XVIII в. в России появился гений. Президент Американского химического общества А. Смит писал, что «...открытие заново Ломоносова сразу прибавило химика первой величины и личность удивительной силы к органической галерее величайших людей мира»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> См.: *Заславский И. И.* Роль русских ученых в создании мировой химии. — *Успехи химии*, 1944, т. 13, вып. 4, с. 323—335; *Капустинский А. Ф.* Роль русской химии в развитии мировой науки. — *Вестник АН СССР*, 1946, № 4, с. 13—24.

<sup>2</sup> *Smith A.* An early physical chemist M. V. Lomonosov. — *J. Amer. Chem. Soc.*, 1912, vol. 34, N 2, p. 119.

менного нам состояния химии?»<sup>3</sup>. В теории химического строения и стереохимии, физической химии и катализе он видел те руководящие идеи, которые к началу XX в. вышли на авансцену и стали играть руководящую роль в развитии химии.

Такие направления исследований, как химия нефти, каталитический органический синтез, получение синтетического каучука, имели первостепенное значение для создания в нашей стране после Великой Октябрьской социалистической революции мощной химической промышленности.

В области неорганической и физической химии талант русских ученых проявился в создании новых теорий, новых научных направлений. Химическая теория растворов Менделеева, теория гидратации ионов, исследования природы неводных растворов, термохимические исследования, глубокая разработка химии комплексных соединений, создание физико-химического анализа, разработка учения о гетерогенном равновесии, оригинальные исследования причин химического сродства — вот основные достижения русских физико-химиков и неоргаников.

Если в конце XVIII в. и в первые десятилетия XIX в. в России преобладала переводная химическая литература, то во второй половине XIX в. одно за другим появляются учебные пособия, написанные русскими учеными. В основу некоторых из них легли фундаментальные обобщения (теория химического строения, периодический закон), что придало им оригинальный характер и новизну. К таким учебным руководствам прежде всего нужно отнести «Введение к полному изучению органической химии» Бутлерова и «Основы химии» Менделеева. Эти книги выдержали много изданий и оказали большую помощь в воспитании новых поколений химиков.

Перевод на иностранные языки «Основ химии» Менделеева, «Введения к полному изучению органической химии» Бутлерова, «Аналитической химии» Н. А. Меншуткина — важное событие в истории отечественной и мировой химической науки. «С момента перевода этих учебников на иностранные языки, — писал П. И. Вальден, — начинается обратное течение химической педагогической литературы с Востока на Запад; Россия, столь продолжительное время снабжавшаяся переводной литературой с Запада, ныне сама начинает не только производить собственную химическую литературу, но выступает даже в качестве соперницы на западном литературном рынке, изобилующем богатой и превосходной химической литературой»<sup>4</sup>.

В «Журнале Русского физико-химического общества», по словам П. И. Вальдена, «стучаются рассеянные до этого времени

<sup>3</sup> Чугаев Л. А. Предмет и задачи современной химии. — В кн.: Чугаев Л. А. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1962, т. 3, с. 49.

<sup>4</sup> Вальден П. И. Очерк истории химии в России. — В кн.: Ладенбург А. Лекции по истории развития химии от Лавуазье до нашего времени. Одесса: Матезис, 1917, с. 421.

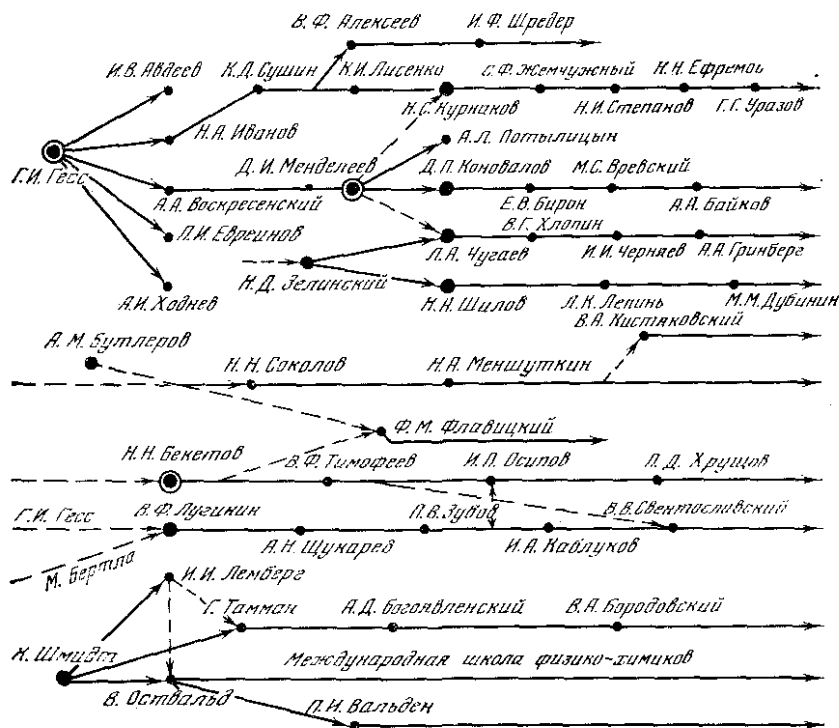


Схема 1. Преемственность отечественных научных школ по неорганической и физической химии

творческие единицы настолько, что они в настоящее время уже представляют внушительное количество интеллектуальной энергии в химии XX века»<sup>5</sup>.

У нас есть все основания считать, что оригинальные фундаментальные исследования русских химиков во многом определили новый уровень мировой химической науки конца XIX — начала XX столетия. Истоки многих направлений развития современной химии лежат в трудах отечественных ученых.

Приведенный нами материал убедительно говорит о преемственности научных школ, сыгравших основную роль в формировании и развитии научных направлений современной химии (см. схемы 1 и 2).

Химия наших дней в своем развитии шагнула далеко вперед, но как бы далеко ни ушли ученые в познании природы вещества

<sup>5</sup> Вальден П. И. О творческой силе русских химиков. — В кн.: Вальден П. И. Наука и жизнь. 2-е изд. Пг., 1922, ч. 1, с. 86.

## УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН\*

- Абашев Д. Н. 140, 266, 368—370  
 Аберг Р. 243  
 Абриа И. 139, 140  
 Авдеев И. В. 12, 102, 103, 122, 391  
*Авербух А. Я.* 106, 240  
 Авогадро А. 79, 230  
 Аксаков И. С. 205  
 Алафузов 126  
 Александр I 74  
 Александр II 293  
 Алексеев В. Ф. 105, 265, 266, 267, 391  
 Алексеев П. П. 12, 109, 111, 171—173, 177, 185, 370, 371, 372, 392  
 Альбицкий А. А. 141, 193, 194, 197  
*Андреасов Л. М.* 332  
 Андреев Е. 131  
 Андреевский И. Е. 166  
 Аничков В. М. 166  
 Аносов П. П. 282  
 Антонов Г. Н. 259  
 Араго Ф. 135, 136  
 Арбузов А. Е. 5, 189, 194, 197, 198, 199, 201, 215, 385, 388, 392  
 Арбузов Б. А. 392  
 Аррениус С. 39, 136, 139, 178, 179, 251, 252, 257, 258, 274, 301—307, 347, 349, 358, 364, 366  
*Атрощенко В. И.* 318  
 Афонин М. И. 43  
*Атрем А. А.* 385  
 Аюн Р. Ж. 83  
 А. Г., см. Горбов А. И.  
 А. Н., см. Энгельгардт А. Н.  
 А. О. 97
- Бабичев Ф. С.* 171, 195, 367, 374  
 Багaley Д. И. 114  
 Багратион П. Р. 121  
*Баженова Л. И.* 384  
 Базаров А. И. 372, 373  
 Байер А. 217, 373  
 Байков А. А. 295, 265, 391  
 Балакирев М. А. 7  
 Баландин А. А. 317, 318, 392  
 Бальзер А. 41
- Баранов А. А. 45  
 Барсов А. А. 64  
 Баумгарт К. 179  
 Бейльштейн Ф. Ф. 172, 173, 175, 177, 185, 204, 216, 217—219, 227, 374, 383  
 Бекетов А. Н. 166, 176  
 Бекетов Н. Н. 35, 36, 109, 112, 158, 170, 171, 173, 175, 177, 178, 185, 204, 252, 288, 289, 324, 326—328, 329—337, 340—342, 347, 348, 369, 370, 372, 381, 388, 391, 392  
 Беккерель А. 288, 330  
 Белинский В. Г. 70, 78  
*Беляевский М. Г.* 42  
*Беляев А. И.* 268  
 Бергман Т. 95  
 Бернулли Д. 18  
 Бернулли И. 18  
 Бергто М. 12, 178, 199, 200, 249, 293, 294, 299, 336, 346, 391  
 Бертолле К. Л. 63, 83, 84, 95, 250, 286, 345  
 Берцелиус Я. 11, 84—86, 88, 90, 92, 93, 95, 96, 102, 103, 107, 133, 135, 138, 143—145, 229, 230, 327  
 Бильц В. 349  
 Биндгейм И. 114  
 Бирон Е. В. 259—260, 261, 262, 391  
 Бишоф К. А. 358, 359, 379  
*Блох М. А.* 366  
 Блаэк Дж. 33  
 Богатский А. В. 176  
 Богородский А. Я. 199  
 Богоявленский А. Д. 350, 351, 391  
 Богуский И. Г. 251  
 Бойль Р. 26—32, 37  
 Бородин А. П. 7, 147, 155, 157, 158, 159, 160, 165, 172, 173, 177, 204, 392  
 Бородавский В. А. 289, 290, 350, 391  
 Бринелль Ю. А. 283  
*Бродский А. И.* 353  
 Брокгауз Ф. А. 3, 160, 166, 167, 17, 189, 206, 246, 250  
 Брунер Л. Э. 352  
 Брюль Ю. 197  
 Будников П. П. 360

\* Указатель составлен И. П. Соловьевой и Н. Г. Явниной.

На странице, выделенной курсивом, помещены биографические сведения об ученом. Курсивом выделена фамилия автора работы по истории отечественной химии.

- Бунге Н. А. 3, 173, 344, 368, 370, 371, 373, 374  
 Бупаен Р. 106, 293, 328, 330  
 Бутлеров А. М. 7, 10—13, 111, 137, 146, 153, 154, 155—156, 160, 163, 165, 166, 176—178, 180—194, 199, 201—210, 214—216, 221, 223, 227, 246, 269—271, 278, 302, 310, 335, 372, 379, 382, 384, 385, 387—392  
 Бызов Б. В. 211  
 Быков Г. В. 5, 86, 147, 155, 180, 181, 185, 189, 190, 192, 340, 368  
 Бэкон Ф. 29  
 Бюффон Ж. Л. 36
- Вагнер Е. Е. 165, 192, 194, 195, 196, 207, 257, 314, 383—386, 388  
 Валлах О. 385  
 Вальериус И. Г. 48  
 Вальден П. И. 4, 24, 29, 39, 41, 51, 61, 99, 179, 212, 213, 258, 261, 273, 328, 358, 359—366, 390, 391  
 Вант-Гофф Я. Г. 39, 250, 256, 271—273, 303, 305, 354, 359, 386  
 Варвинский Н. И. 81, 86, 121  
 Васильев А. М. 199  
 Вебер Ф. 354  
 Вёлер Ф. 11, 88, 148, 328  
 Велланский Д. М. 76, 77  
 Верно А. А. 168, 177, 316, 376, 377, 392  
 Вернадский В. Н. 35, 289, 290, 291  
 Вернер А. 245, 246, 275—279, 380, 399  
 Веселовский К. С. 77  
 Вильштеттер Р. 210  
 Винклер К. 381  
 Виноградов Д. И. 19  
 Вислиценус И. 358  
 Витт Н. И. 129  
 Витторф Н. М. 210  
 Вишневский В. К. 76  
 Владимиров Н. А. 277  
 Владимирский-Буданов М. 367  
 Власов С. П. 116, 117  
 Воклен Л. Н. 43  
 Волков В. А. 310  
 Волкова А. Ф. 177, 219, 220  
 Волкова Т. В. 11, 188, 194, 206  
 Вольтер 72  
 Вольф Х. 28  
 Вольфкович С. Я. 113  
 Вонский Е. В. 310  
 Ворожцов Н. Н. 386  
 Воронин Н. Н. 268  
 Воскресенский А. А. 93, 107, 108, 109, 111, 112, 119, 120, 123, 124, 128, 130, 171, 172, 224, 226, 227, 370, 387, 388, 389
- Вревская Н. П. 262, 263  
 Вревский М. С. 259, 262—264, 391  
 Вреден Ф. Р. 109, 172, 173, 217, 218, 382, 383, 392  
 Вышнеградский А. Н. 178, 206, 207, 388  
 Вюрц А. 13, 159, 160  
 В. М., см. Петрнев (Петрвашин-ли) В. М.
- Галллей Г. 75  
 Ганицкий Н. М. 375  
 Ганч А. 364  
 Гарнич-Гарничский Ф. М. 372  
 Гарриес К. Д. 212  
 Гасимов И. 46  
 Гёббель К. 142, 343  
 Гей-Люссак Ж. -Л. 84, 330  
 Гейман Р. Г. 123, 125, 126  
 Гельм Г. 117  
 Гельмгольц Г. 137, 293  
 Генкель И. Ф. 47  
 Георги И. Г. 46  
 Герасимов А. Ф. 199  
 Герасимов Я. Н. 266  
 Герман Р. И. 93, 122  
 Гермшштедт С. Ф. 61  
 Герцен А. И. 70, 75, 78, 81, 293  
 Гесс Г. И. 9, 71, 76, 86, 87—89, 90—93, 95—107, 109, 110, 112, 113, 120, 122, 124, 132—140, 144, 146, 154, 299, 326, 331, 343, 344, 368, 387—389, 391, 392  
 Гессен Ю. Ю. 45  
 Гиббс Д. В. 287  
 Гизе Ф. И. 83—85, 88, 326  
 Гиргенсон Т. 133  
 Гиртанвер Х. 61  
 Гитон де Морво Л. Б. 63, 95  
 Гладкой А. 47  
 Гладстон Д. 197  
 Глинка М. И. 7  
 Гмелин И. Г. 18, 92  
 Гмелин Л. 326  
 Головин М. Е. 44, 65  
 Гольденберг Л. А. 47, 48  
 Гольдшмидт Г. 334  
 Горбов А. И. 30, 96, 166—167, 207, 246, 250  
 Горловский Д. М. 372  
 Горстман А. 364  
 Гофман А. 11, 212, 217  
 Грабовский Ю. 382  
 Грен 83  
 Гречкин Н. П. 197, 199  
 Гримм Э. 371  
 Гринберг А. А. 391  
 Гротгус Т. 73

- Умбольдт А. 119  
 Урвич Л. Г. 222  
 Уставсон Г. Г. 173, 178, 205, 206,  
 246—247, 248, 320, 321, 324, 388, 392
- Цаиц Г. В. 374  
 Цальтон Д. 79, 83, 84, 86, 134, 167, 230,  
 236, 287  
 Цапилевский А. Я. 177  
 Цанилов С. Н. 160, 214, 223  
 Цаниэль Д. 138, 139  
 Цашкова Е. Р. 57  
 Цвигубский И. А. 80, 125  
 Цебре А. 170  
 Цекарт Р. 28, 29  
 Цемидов Н. Д. 16  
 Цемидов П. Н. 104, 123, 130, 131, 146  
 Цемянов Н. Я. 247, 315, 316, 321, 322,  
 324, 325, 388, 392  
 Цеисов Ф. А. 125  
 Цержавин Г. Р. 67  
 Джонс Г. 364, 366  
 Джонсон 111  
 Цанин А. П. 160, 392  
 Цобросердов Д. К. 199  
 Цобротин Р. Б. 25, 224, 256  
 Цокучаев В. В. 344  
 Цорфман Я. Г. 32, 36  
 Цостоевский Ф. М. 7  
 Цубинин М. М. 391  
 Цуманский А. В. 375  
 Цюар Д. 234  
 Цви Г. 84, 85, 95, 137, 167, 230, 330  
 Цюлонг П. Л. 133, 137, 330  
 Цюма Ж.-Б. 12, 107, 129, 229, 230, 330  
 332
- Цареннов П. И. 81, 99, 102, 105, 391  
 Цатеева П. М. 324, 325  
 Цезоров Н. В. 324  
 Екатерина II 72  
 Цагина К. Ц. 89, 107, 128, 151  
 Целисеев Э. Н. 344  
 Церофеев Б. В. 319  
 Цесафов В. Н. 194, 220  
 Церемов Н. Н. 280, 391  
 Церон И. А. 3, 160, 166, 167, 173, 189,  
 206, 246, 250
- Цайцев А. М. 173, 177, 178, 189, 192—  
 193, 194—197, 199, 200, 382, 384, 388,  
 392  
 Цайцев М. М. 177, 200  
 Цайцева Л. Л. 288, 290  
 Цалкин Ю. С. 213  
 Цаславский Н. И. 387  
 Цахаров Я. Д. 18, 57, 60, 61, 64, 90,  
 387, 388  
 Цезгинцев О. Е. 117, 275, 278, 280  
 Целинская Н. Е. 317, 318  
 Целинский А. Н. 317, 318  
 Целинский Н. Д. 45, 176, 188, 214, 275,  
 308, 312, 314, 316, 317, 318, 325, 379,  
 388, 389, 391, 392  
 Земмлер Ф. В. 200  
 Ценович С. Ф. 367  
 Цильберман И. Т. 139, 140, 330  
 Ципин Н. П. 7, 10, 89, 123, 131, 147—  
 148, 149—158, 160, 164, 165, 171—174,  
 180, 188, 202—204, 227, 228, 326, 327,  
 387—389, 392  
 Цнатович Б. Э. 382, 383  
 Цубов В. П. 85, 296  
 Цубов П. В. 179, 294, 295, 296—298, 391
- Иванов Н. А. 99, 103, 104, 105, 122, 123,  
 171, 391  
 Ижевский В. П. 324  
 Избеков В. А. 375  
 Измаильский В. А. 386  
 Измайлов Н. А. 330  
 Илимов И. П. 103, 123, 124  
 Илометс Т. 207  
 Ильенков П. А. 98, 109, 123, 124, 129—  
 130, 131, 171—173, 319, 320, 324, 392  
 Ильин 112  
 Ильинский В. П. 268  
 Иноходцев П. Б. 69  
 Иовский А. А. 81, 85, 86  
 Иощич Ж. И. 211, 213, 214, 388, 392  
 Ипатьев В. Н. 106, 209, 210, 211, 221—  
 223, 318, 334, 388, 389, 392  
 Исагулянц В. Н. 341
- Каблукон И. А. 12, 207, 289, 292, 294,  
 302, 303—306, 312, 324, 391  
 Каблукон М. И. 302, 305  
 Кавендиш Г. 33  
 Кадэ III. Л. 59, 94  
 Кадет Ш.-Л., см. Кадэ III. Л.  
 Казанский Б. А. 211, 247, 320, 392  
 Какабадзе В. М. 377  
 Каменский И. 72  
 Камерницкий В. И. 151  
 Канкрин Е. Ф. 119  
 Канпиццаро С. 215, 230, 232, 371, 372
- Какен И. Ф. 58  
 Какото 85  
 Каданович М. Л. 374  
 Кемчужный С. Ф. 281, 283, 284—286,  
 391  
 Жерар III. 12, 107, 231

- Канонников И. И. 166, 179, 197  
 Каптеров Н. А. 163  
*Капустинский А. Ф.* 5, 132, 139, 387  
 Карамышев А. М. 46, 47  
 Кариус Г. 293  
*Карпило Н. Г.* 224  
 Карпинский А. П. 381  
 Кассо Л. А. 314  
 Каяндер Н. Н. 178, 251, 252  
*Кедров Б. М.* 5, 237  
 Кекуле А. 11, 181, 187, 191, 217  
 Кеневилль Г. А. 240  
*Керова Л. С.* 224  
 Керштене П. Х. 42, 43  
 Кижнер Н. М. 315, 316, 325, 388, 392  
 Кильтыпович С. С. 278, 279  
*Кипнис А. Я.* 252, 261, 263, 339, 352  
*Киприанов А. И.* 171, 195, 367, 374  
 Кирпичев Л. 105  
 Кирхгоф Г. 293, 330  
 Кирхгоф К. С. 52, 93, 114, 115, 387, 388  
 Кистяковский В. А. 179, 257, 258, 274, 351, 391  
 Киттары М. Я. 126—128  
 Клапрот М. 95  
 Клаус К. К. 89, 119, 120, 140, 142, 143—147, 155, 170, 180, 244, 245, 343, 388, 389  
 Клементьев В. И. 25, 67  
 Клименко Е. Ф. 376, 379, 392  
*Ключевич А. С.* 123, 193, 199  
 Ключевский В. О. 16  
*Книгин Н. 72*  
 Книрим В. 344  
 Кнувниц И. Л. 392  
*Князев Г. А.* 227  
 Ковалевский С. И. 172  
 Козицкий М. 119  
*Козлов В. В.* 179  
*Козлов Н. С.* 168  
 Кокшаров Н. И. 204  
*Колесников Е. В.* 302, 305  
 Коловрат-Червинский Л. С. 290  
 Колотов С. С. 246  
 Кольбе Г. 11, 192, 373  
*Комарь Н. П.* 338  
 Комлишинский В. С. 84  
 Кондаков И. Л. 207, 208, 209, 211, 388, 392  
 Коновалов Д. П. 12, 165, 207, 252, 253—267, 307, 347, 360, 383, 386, 388, 391  
 Коновалов М. И. 311, 312, 313, 314, 322—325, 375, 388, 392  
 Коперник Н. 75  
 Копп Г. 328  
 Котельников С. К. 69  
 Котельницкий В. М. 62  
 Кочубей П. А. 163  
 Кракау А. А. 207  
 Крамской И. Н. 7  
 Красуский К. А. 392  
 Крафт В. Л. 60  
 Крашенинников С. П. 18  
 Кредль Л. 51, 52  
 Крестовниковы 127, 200  
*Крупский А. К.* 113  
 Крылов А. Н. 35  
*Кузин А. А.* 40  
*Кузнецов В. И.* 6, 115, 182, 197, 199, 200, 208, 213, 223, 310, 311, 318, 319, 378  
 Кузнецов П. И. 199  
*Кузнецова Г. И.* 310  
*Кузьменко С. Н.* 84  
 Кульберг А. П. 177, 217  
*Кулябко Е. С.* 19  
 Кундт А. 12, 252  
 Куннк А. А. 17  
 Купер А. С. 181, 191  
 Купфер А. Я. 76  
 Курбатов А. А. 217—219, 383  
 Курилов В. В. 36, 189, 199, 264, 334, 385, 386  
*Куриной В. И.* 84—86  
 Курнаков Н. С. 96, 100, 104, 111, 209, 210, 221, 266, 280, 281—288, 291, 349, 388, 391  
 Курсанов Д. Н. 392  
 Куторга С. С. 226  
 Кучеров М. Г. 166, 168, 175, 219, 220, 388, 392  
*Кучерявый В. И.* 372  
 Лависс Э. Э. 73  
*Лавров В.* 386  
 Лавров Н. П. 109  
 Лавуазье А. Л. 4, 30, 33, 41, 58—63, 72, 79, 83, 95, 99, 131, 133, 273, 330, 366, 390  
 Лагус В. 44, 45  
 Ладенбург А. 4, 41, 61, 99, 178, 206, 273, 366, 390  
 Лаксман Э. Г. 18, 44—46, 67, 70  
 Лаплезен Г. 350  
 Ландольт Г. 197  
*Ланжесен Л. 27*  
 Лачинов П. А. 109, 168, 172, 177, 219, 220, 392  
 Лебедев С. В. 211, 212, 213, 388, 389, 392  
*Лебедева А. И.* 207  
*Левина Р. Я.* 316  
 Лекок де-Буабодран П. Э. 381  
 Лемап И. Г. 43, 44, 46  
 Лемберг И. И. 344—347, 391



Леммлейн Г. Г. 54  
 Ленин В. И. 10, 162, 163  
 Ленц Э. Х. 130  
 Лепёхин П. И. 18, 65, 69  
 Лепинь Л. К. 391  
 Лесгафт П. Ф. 189, 372  
 Летний А. А. 219  
 Ле Шателье А. 282  
 Либерман К. 164  
 Либих Ю. И. 12, 77, 99, 107, 110, 129, 148, 154, 229, 319  
 Либман Э. П. 102, 122, 291  
 Лисенко К. И. 104, 172, 173, 391  
 Лисичкин С. М. 311  
 Ловиц Т. Е. 18, 51, 52—55, 61, 67, 70, 92, 387, 388  
 Лозинская Л. Я. 58  
 Домов Н. И. 315  
 Ломоносов М. В. 3—5, 7, 8, 15, 17, 18, 19, 20—40, 42, 43, 64—70, 167, 168, 387, 388  
 Лоран О. 107  
 Лоранский А. 110, 111, 157, 230  
 Лутинин В. Ф. 47  
 299—301, 325, 388, 391  
 Лукасевич И. 310  
 Лукьянов П. М. 8, 113, 130, 163, 319  
 Львов М. Д. 166, 189, 206, 207, 208, 388, 392  
 Любарский В. В. 117, 118, 119, 388  
 Любимов 162  
 Любимов П. Г. 41  
 Людовик XVI 72  
 Ляликов Ю. С. 353, 381  
 Лясковский Н. Э. 12, 112, 309

Магницкий Л. Ф. 19  
 Магницкий М. Л. 74, 75  
 Магнус Г. 129  
 Майер Р. 137  
 Макареня А. 262, 264, 289, 348  
 4, 108, 224, 240, 259, 261,  
 262, 264, 289, 348  
 Макер П. Ж. 56, 58  
 Максименко А. М. 207, 211  
 Мамедальев Ю. Г. 392  
 Мамышев Н. Р. 117  
 Мариуца Н. Н. 208  
 Марквич А. О. 376  
 Марковников В. В. 11, 61, 126, 155, 156, 165, 172, 173, 177, 181, 184, 185, 189—190, 191, 199, 293, 309—312, 315, 316, 318, 321, 322, 325, 376, 383, 388, 392  
 Маркс К. 165  
 Мартинсон К. А. 344  
 Мартинсон Х. Р. 344  
 Мартинсон Э. Э. 343  
 Мацуревич И. К. 374

Мейер В. 188  
 Мейер Л. 187  
 Мейер Э. 7  
 Мелетий Смотрицкий 19  
 Меликов (Меликишвили) П. Г. 316, 376, 377, 378, 379—381, 392  
 Мельников Н. Н. 314  
 Менделеев Д. И. 5, 7, 10, 12—14, 39, 96, 98, 108, 109, 111, 112, 124, 131, 132, 147, 163, 165—167, 170—174, 176—179, 202—204, 214, 216, 221, 224—228, 229—252, 254, 258, 259, 261, 262, 264, 267, 269, 271, 303, 304, 306, 307, 327, 332, 337, 342, 343, 347, 348, 350, 351, 354—358, 360, 364, 374, 380, 381, 387—392  
 Менделеев И. П. 224  
 Меншуткин Б. Н. 3, 4, 13, 19, 21, 22, 27, 30, 31, 35, 36, 39, 62, 69, 96, 165, 259, 261, 268, 293, 316, 327, 350  
 Меншуткин Н. А. 12, 13, 165, 168, 171—175, 178, 179, 192, 208, 217, 219, 228, 268, 269, 270—273, 316, 347, 382, 383, 388—392  
 Мечников Е. И. 116  
 Мещеряков А. П. 385  
 Миллер Д. П. 114  
 Михайленко Я. И. 374  
 Мичерлих Э. И. 129, 330  
 Младенцев М. Н. 112, 224, 229, 234  
 Моисеенко Ф. П. 44, 48  
 Мокневский В. А. 211  
 Молдавский Б. Л. 341  
 Мор Ф. 81  
 Морозов А. А. 19  
 Морозов Н. А. 243, 337  
 Морозова О. И. 195  
 Мочалов И. И. 290  
 Мошнин 112  
 Мусабегов Ю. С. 5, 11, 13, 106, 126, 156, 168, 181, 189, 199, 206, 207, 214, 216, 217, 219, 320, 341, 370, 371  
 Мусий-Пушкин А. А. 49, 50, 52, 70  
 Муспратт Д. С. 128  
 Мухин И. М. 121  
 Мушкало Л. К. 171, 195, 367, 374  
 Назаров И. Н. 209, 392  
 Наметкин С. С. 210, 214, 223, 312, 314, 315, 325, 392  
 Наполеон 49  
 Нарбутт И. 350  
 Патансон Я. 344  
 Пебиеридзе П. В. 378  
 Некрасов А. С. 314  
 Некряч М. П. 318  
 Пенадквич К. А. 290  
 Нерпст В. 233, 273, 274, 323, 334, 386

Несмеянов А. Н. 197, 392  
 Нечаев Н. П. 172  
 Нечаев С. Я. 95  
*Никитин Е. К.* 214  
 Николай I 75  
*Никулина Е. П.* 189, 195, 312, 384  
 Нильсон Л. Ф. 381  
 Нобель Э. 222  
 Ньютон И. 29, 35, 75, 230, 234  
 Н. А., см. Бунге Н. А.  
 Н. Н., см. Зинин Н. Н.  
 Н. Я., см. Демьянов Н. Я.

Овчинников Ю. А. 392  
 Оглоблин В. Н. 341  
 Озани Г. В. 86—88, 91, 144, 343  
 Озерецковский Н. Я. 18, 57, 65, 69  
*Окатов А. П.* 167  
 Ольшевский К. 234  
 Орлов Е. Н. 318, 319, 392  
 Ормонт Б. Ф. 375  
*Осинкин А. А.* 115  
 Осипов И. П. 294, 332, 337, 338, 391  
 Оствальд В. 11, 12, 139, 268, 273, 296,  
 301—303, 308, 344, 345, 346, 347,  
 354—360, 364, 391  
 Остромысленский И. И. 159, 207, 211  
 Отто В. 372

Павел I 73  
 Павлевский Б. П. 382  
 Павлов Д. 206  
*Павлова О. И.* 268  
 Паллас П. С. 18  
*Пальм У. В.* 289, 343—345, 347, 348  
 Парпура Максим 58  
 Паррот П. 87  
 Патерно Э. 372  
 Пекарский П. П. 17, 25, 35  
 Пелуз Т. 129  
*Пенчко Н. А.* 42, 43  
 Петр I 8, 16, 17  
 Петренко-Критченко П. И. 273, 378,  
 379, 392  
 Петриев (Петриашвили) В. М. 177,  
 377, 378, 392  
 Петров А. Д. 160, 207, 220, 223  
 Петров В. В. 62, 63  
*Пешекерова М. С.* 220  
 Пикте Р. 234  
 Пильчиков Н. Д. 337  
*Пиотровский К. Б.* 207, 219, 320  
 Пирогов Н. И. 75, 76, 100  
 Писарев Д. И. 167  
 Писаржевский Л. В. 304, 352, 353, 379—  
 381, 392  
 Пиччини А. 380, 381

*Плаксин И. Н.* 121  
 Платов А. 105  
*Платэ А. Ф.* 190  
 Плеханов Г. В. 165  
*Плоткин С. Я.* 118  
 Плотников В. А. 258, 323, 375, 392  
 Поггендорф Г. 139  
*Погодин С. А.* 6, 18, 28, 42, 43, 102, 103,  
 267, 291  
*Погожев А. В.* 175  
 Полевой Н. А. 69  
 Ползунов И. И. 46  
 Политковский Ф. Г. 60  
 Попов А. Н. 173, 177, 178, 189, 192,  
 311, 382, 392  
 Попов М. М. 294  
*Попов М. Н.* 312  
 Поповский Н. Н. 64  
*Порай-Кошиц А. Е.* 153, 305  
 Потылицын А. Л. 12, 178, 246, 247,  
 248—250, 383, 391  
*Починок В. Я.* 195  
 Прилежаев Н. А. 385, 388, 392  
*Прилежеева Е. Н.* 385  
 Пристли Дж. 33  
 Прокопович-Антонский А. А. 56  
 Протасов А. П. 69  
 Пруст Ж. 84, 286  
 Пти А. Т. 330, 350, 351  
*Пузыцкий К. В.* 319  
 Пушкин А. С. 15, 69, 70, 73  
 П. П., см. Алексеев П. П.

Рабинович М. А. 375  
 Рагозин В. И. 310  
*Радкевич Е. А.* 42  
 Радлов Э. Ф. 109  
*Радовский М. И.* 19  
 Раевский К. И. 99  
 Разуваев Г. А. 392  
*Разумовский В. В.* 207, 231  
 Разумовский К. Г. 25  
 Райзер Г. Х. 19  
*Райнов Т. И.* 8  
*Ракузин М. А.* 45  
 Рамбо А. 73  
 Рамзай В. 356  
*Раскин Н. М.* 6, 23—25, 43, 44, 46—  
 49, 60  
 Рауль Ф. М. 366  
 Резерфорд Э. 288  
 Рейсс Ф. Ф. 61, 292, 293  
 Реньо В. 330  
 Репин И. Е. 7  
 Реппе В. 209  
 Реформатский А. Н. 194, 195  
 Реформатский С. Н. 193, 194, 195, 367,  
 370, 373, 374, 392

- Римский-Корсаков Н. А. 7  
 Рихман Г. В. 15  
 Рихтер В. Ю. 84, 172, 173, 185, 239, 240, 344  
 Робертс-Аустен В. 282  
 Робеспьер М. 72  
 Родионов В. М. 314, 325, 392  
 Родионов К. М. 214  
 Родный Н. И. 309, 345  
 Розанов Н. А. 316  
 Розе Генрих 12, 81, 102, 110, 129, 147, 354  
 Розе Густав 120, 129  
 Розебом В. 351, 386  
 Романьков Ю. И. 258  
 Руженицева А. К. 314  
 Румовский С. Я. 34, 65, 69  
 Рупге Ф. 151  
 Рунич 74  
 Ряго Н. Я. 83, 343, 349
- Сабанеев А. П. 292  
 Сабатье П. 318  
 Савич А. Н. 227  
 Савич В. 109  
 Савченков Ф. Н. 96, 172  
 Свентославский В. В. 294, 298, 299, 391  
 Свинын П. П. 69  
 Севергин В. М. 15, 18, 48—50, 57, 59, 60, 64, 67—69, 71, 79, 89, 94, 95, 114, 387, 388  
 Селиванов Ф. Ф. 247  
 Семенов В. М. 385  
 Семенов Н. Н. 398  
 Семенов А. И. 195  
 Сент-Клер Девиль А. 170, 328  
 Сергиенко С. Р. 241, 212, 311  
 Сеченов И. М. 10  
 Скобликов М. В. 109  
 Скуратов С. М. 295  
 Славинский К. С. 385  
 Смит А. 387  
 Смолеговский А. М. 3  
 Смотрицкий Мелетий, см. Мелетий  
 Смотрицкий  
 Соболевский П. Г. 93, 95, 118, 119, 388  
 Содди Ф. 288  
 Соимонов М. Ф. 47  
 Сокальский П. П. 139, 140  
 Соковнин Н. А. 172  
 Соколов А. П. 289  
 Соколов Д. И. 120  
 Соколов Н. Н. 109, 112, 124, 168, 169—171, 175, 220, 332, 333, 370, 376, 387, 388, 391, 392  
 Соколов Н. П. 57, 58, 69  
 Соловьев М. Ф. 94, 95, 107, 128
- Соловьев С. М. 75  
 Соловьев Ю. И. 3, 6, 26, 31, 32, 35, 37—39, 45, 56, 59, 61, 62, 64, 69, 85, 87, 91, 92, 94, 97, 100, 104, 109, 116, 126, 139, 145, 147, 158, 160, 164, 166, 171, 176, 181, 182, 216, 219, 229, 232, 234, 243, 245, 246, 249—252, 254, 256—258, 264, 269, 271, 272, 275, 278, 280, 281, 293, 295, 296, 298, 302, 305, 306, 323, 324, 328, 330, 331, 334, 337, 339, 340, 345, 346, 351, 354, 356—358, 361, 364—366, 377, 379  
 Сомов О. И. 227  
 Сорокин В. 197  
 Сперанский М. М. 74  
 Спринг В. 356  
 Сталь, см. Шталь  
 Старосельский П. И. 195, 245, 246, 269, 272, 275, 278, 293, 298, 312, 384  
 Степанов Н. И. 105, 280, 391  
 Степняк (Кравчинский) С. М. 166  
 Столянский П. Н. 65  
 Страдынь Я. П. 73, 207, 347, 354, 358  
 Страхов Н. П. 82, 366  
 Страхов П. И. 100  
 Струве Г. В. 145, 343  
 Струмилин С. Г. 162  
 Сухомлинов М. И. 15, 67, 69, 326  
 Сушин К. Д. 104, 391
- Тамман Г. Г. 282, 289, 334, 344—346, 347, 348—352, 391  
 Танатар С. М. 304, 377, 392  
 Тарле Е. В. 73  
 Тарханов П. В. 76  
 Твен М. 166  
 Теврьянович О. И. 289  
 Телетов И. С. 358  
 Тенар Л. Ж. 81, 86, 91  
 Тимирязев К. А. 78, 106, 130, 161, 167—169, 216  
 Тимофеев В. И. 259, 261  
 Тимофеев В. Ф. 323, 326, 330, 337, 338, 339, 340, 391  
 Тищенко Е. В. 214  
 Тищенко В. Е. 45, 112, 207, 214, 215, 224, 229, 234, 392  
 Толстой Л. Н. 7  
 Томсен Ю. 141, 299, 345, 346  
 Томсон Т. 83, 85, 95  
 Торп Т. 229  
 Трапп Ю. К. 173  
 Трей Г. 344  
 Трифионов Д. Н. 224  
 Тромсдорф И. Б. 81  
 Тургенев И. С. 7

Турченко Я. И. 326, 328, 336  
Тютчев И. А. 109, 171, 368, 370, 372

Уваров С. С. 75  
Уинни У. П. 7, 167  
Унфердорбен О. 150  
Уразов Г. Г. 280, 391  
Усанович М. И. 375  
Ушакова Н. Н. 48, 64, 85, 142, 308

Фаворская Т. А. 208  
Фаворский А. Е. 206, 208, 209—213,  
221, 223, 257, 260, 263, 321, 322, 388,  
392

Фавр П. А. 139, 140, 330  
Фадеев А. А. 106  
Фарштейн М. Г. 231  
Фан-дер-Ваальс, см. Ван-дер-Ваальс

Фарадей М. 85, 167, 230  
Федоренко Н. В. 117  
Федотьев П. П. 163, 268

Фельдман М. 379  
Феофилакт 110

Ферсман А. Е. 290  
Фиалков Я. А. 375

Фигуровский Н. А. 6, 8, 37, 38, 51,  
106, 107, 109, 128, 147, 158, 160, 164,  
224, 228, 257, 258, 288, 290

Фишер Э. 115, 156, 359

Флавицкий Ф. М. 166, 178, 189, 198,  
199, 200, 207, 264, 340, 341, 391

Флоринский К. 44, 58

Фокин С. А. 200

Фомин П. И. 162

Фонберг И. М. 367, 368

Франкланд Э. 167

Франклин Б. 15

Фридель III. 320

Фрицман Э. 117

Фрицше Ю. Ф. 89, 104, 123, 130, 131,  
146, 150—151, 173, 203, 204, 388

Фролов К. Д. 46

Фуркруа А. 59, 63, 72, 83, 85, 95

Харин С. Е. 375

Хвольсон О. Д. 263, 264

Хлопин В. Г. 7, 167, 290, 291, 391

Ходнев А. И. 81, 99, 109, 110—112,  
123, 129, 139, 173, 391

Холлман Р. Ф. 350—352

Хотинский Е. С. 341

Хрущов П. Д. 337, 339, 340, 344, 391

Центнершвер М. 361, 362—365  
Цехновицер Е. В. 54

Чайковский П. И. 7

Чампчан Дж. 364, 372

Челинцев В. В. 180, 214, 223

Ченакал В. Л. 133

Чернов Д. К. 162, 163

Чернышевский Н. Г. 165

Черняев И. И. 279, 391

Чичибабин А. Е. 313, 324, 325, 388,  
392

Чугаев Л. А. 4, 96, 147, 173, 197, 200,  
263, 264, 275, 276—279, 291, 384, 385,  
388, 389, 391

Чугаевич Г. А. 138, 139, 368

Шабарин С. К. 43, 118, 121

Шафрановский Н. И. 43, 44, 47, 48

Шварц Л. 346

Шеврель М. 129

Шееле К. 33

Шеллинг Ф. 77

Шемакин М. М. 325, 392

Шёне (Шэне) Э. Б. 320, 324

Шентунова Э. И. 99

Шерер А. И. 51, 63, 64, 82, 83, 85, 89,  
93, 94, 116

Шилов Н. А. 179, 308, 309, 325, 391

Шинков Л. Н. 106, 112, 171, 173—175,  
204

Шлаттер Н. А. 41, 42, 48, 115

Шмидт Г. А. 172

Шмидт К. Г. 343, 344—348, 391

Шмүлевич Л. А. 216, 217, 219

Шорыгин П. П. 214

Шостаковский М. Ф. 209, 392

Шперль Л. С. 194

Шпитальский Е. И. 309

Шредер Н. Ф. 265, 267, 391

Шталь Г. 28, 35, 36, 61

Штектгардт Ю. А. 111

Штрубе И. 36

Шубин П. П. 99, 102, 121

Шуляченко А. Р. 109, 120, 166, 172,  
173

Шухов В. Г. 223

Щеглов Н. П. 81, 86, 94

Щукарев А. Н. 179, 294, 301, 391

Щукарев С. А. 262

Цвет М. С. 179, 386

Цепковский Л. С. 167

Эвентова М. С. 190

Эйбус Я. Т. 319

Эйлер Л. 18, 28—31, 34

Эйнбродт П. И. 326

Эльтеков А. П. 178, 341, 388

Энгельгардт А. Н. 123, 124, 158, 166,  
168, 169—173, 177, 204, 219, 220, 332,  
333, 370, 392

Энгельгардт М. 88

Энгельс Ф. 165

Эндрюс Т. 138, 139

Эркслебен И. 58

Эрленмейер Э. 293

Эттинген А. 346, 347

Юрьев Ю. К. 316

Ю. С., см. Соловьев Ю. И.

Яворский В. П. 374

Якоби Б. С. 130, 145

Якоби Э. Э. 146

Яковкин А. А. 305, 306—308

Якубсон С. И. 375

Яцукевич Н. К. 109

Δ, см. Менделеев Д. И.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .	3
ВВЕДЕНИЕ . . . . .	7

### *ЧАСТЬ ПЕРВАЯ*

#### СТАНОВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ В РОССИИ (XVIII — начало XIX века)

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	16
--------------------	----

##### *Глава 1*

МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ЛОМОНОСОВ И ЕГО РОЛЬ В РАЗВИТИИ ХИМИИ . . . . .	19
--	----

Химическая лаборатория Ломоносова . . . . .	20
Атомно-корпускулярное учение . . . . .	26
Опыты Ломоносова и закон сохранения массы вещества при химических реакциях . . . . .	28
О причине изменения веса веществ при их обжиге . . . . .	30
М. В. Ломоносов и учение о флогистоне . . . . .	35
Цели и задачи физической химии по Ломоносову . . . . .	37

##### *Глава 2*

ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XVIII ВЕКА . . . . .	40
«Рудное дело». «Пробирное искусство» . . . . .	41
Новая технология стеклольного производства. Работы Э. Лаксмана Горное училище. Подготовка специалистов по «металлургической химии» . . . . .	46
Исследования Т. Е. Ловица . . . . .	51

##### *Глава 3*

ПРОСВЕТИТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РУССКИХ ХИМИКОВ. РАСПРОСТРАНЕНИЕ НАУЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ . . . . .	56
Учебные химические руководства . . . . .	58
Утверждение кислородной теории в России . . . . .	60
Отражение естественнонаучных трудов М. В. Ломоносова в рус- ской литературе XVIII — начала XIX в. . . . .	64

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ  
РАЗВИТИЯ ХИМИИ В РОССИИ  
в первой половине XIX века

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	72
--------------------	----

## Глава 4

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РУССКИХ ХИМИКОВ В 20—30-е ГОДЫ XIX ВЕКА . . . . .	79
Русские естественнонаучные журналы . . . . .	79
Первые русские учебные руководства по химии . . . . .	81
«Основания чистой химии» Г. И. Гесса (1831) . . . . .	89
Создание русской химической номенклатуры . . . . .	93

## Глава 5

ПЕРВАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ХИМИКОВ-НЕОРГАНИКОВ . . . . .	98
Петербургский горный институт . . . . .	100
Петербургский технологический институт . . . . .	105
Михайловское артиллерийское училище в Петербурге . . . . .	105
Петербургский главный педагогический институт . . . . .	106

## Глава 6

«ТЕХНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ» . . . . .	113
Химико-технологические исследования . . . . .	113
Преподавание химической технологии в высших учебных заведениях . . . . .	124

## Глава 7

НАЧАЛО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ХИМИИ . . . . .	132
Термохимические исследования Г. И. Гесса . . . . .	132
Исследования К. К. Клауса по химии платиновых металлов. Открытие рутения . . . . .	140
Николай Николаевич Зинин. Открытие реакции восстановления ароматических нитросоединений. Получение анилина . . . . .	147
Первая научная школа химиков-органиков Н. Н. Зинина . . . . .	153

## ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

НАУЧНЫЕ ЦЕНТРЫ  
И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ  
РУССКИХ ХИМИКОВ

во второй половине XIX — начале XX века

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	162
Первый русский химический журнал и первые частные химические лаборатории . . . . .	168
Создание Русского химического общества . . . . .	171
Съезды русских естествоиспытателей и врачей . . . . .	175

КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Глава 8

ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ А. М. БУТЛЕРОВА . . . . .	180
---	-----

Глава 9

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ КАЗАНСКОЙ ШКОЛЫ ХИМИКОВ . . . . .	188
--	-----

ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Глава 10

РАЗВИТИЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В ПЕТЕРБУРГСКОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ . . . . .	202
--	-----

Александр Михайлович Бутлеров и его школа химиков-органиков в Петербургском университете . . . . .	202
--	-----

Исследования по органической химии в Технологическом институте . . . . .	215
--	-----

Исследования по органической химии в Петербургском земледельческом (лесном) институте . . . . .	219
---	-----

Исследования в области каталитического органического синтеза. Работы В. Н. Ипатьева . . . . .	221
---	-----

Глава 11

ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ МЕНДЕЛЕЕВ И НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО ИССЛЕДОВАНИЙ . . . . .	224
---	-----

Разработка атомно-молекулярного учения . . . . .	231
--	-----

«Молекулярная механика» . . . . .	234
-----------------------------------	-----

Теория растворов . . . . .	234
----------------------------	-----

Создание периодической системы химических элементов. Периодический закон . . . . .	236
--	-----

Представления Д. И. Менделеева о строении комплексных соединений . . . . .	244
--	-----

Разработка учения о химическом равновесии в исследованиях учеников Д. И. Менделеева . . . . .	246
---	-----

Глава 12

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ Д. П. КОНОВАЛОВА И ЕГО НАУЧНАЯ ШКОЛА . . . . .	252
---	-----

Исследования по теории растворов . . . . .	252
--	-----

Физико-химическая школа Д. П. Коновалова . . . . .	259
--	-----

Глава 13

ИССЛЕДОВАНИЯ Н. А. МЕНШУТКИНА ПО ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКЕ . . . . .	268
--	-----

Изучение реакционной способности соединений в зависимости от их строения . . . . .	269
--	-----

Изучение влияния растворителя на скорость химической реакции . . . . .	272
--	-----

Изучение влияния температуры на скорость химической реакции . . . . .	272
---	-----



*Глава 14*

ИССЛЕДОВАНИЯ Л. А. ЧУГАЕВА ПО ХИМИИ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ . . . . .	275
--	-----

*Глава 15*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. ИССЛЕДОВАНИЯ Н. С. КУРНАКОВА И ЕГО ШКОЛЫ . . . . .	280
---	-----

*Глава 16*

ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ. ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ РУД . . . . .	288
---	-----

МОСКОВСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

*Глава 17*

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ . . . . .	292
Термохимические исследования В. Ф. Лугинина и его учеников .	293
Изучение природы растворов . . . . .	304
Работы Н. А. Шилова по изучению сопряженных реакций окисле- ния . . . . .	308

*Глава 18*

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ . . . . .	309
Изучение природы кавказской нефти . . . . .	310
Открытие реакции нитрования углеводородов . . . . .	313
Исследования в области химии малых циклов . . . . .	315
Исследования Н. Д. Зелинского по органической химии . . . .	316

*Глава 19*

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИИ В ПЕТРОВСКОЙ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕ- СКОЙ И ЛЕСНОЙ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ) АКАДЕМИИ .	319
--	-----

НАУЧНЫЕ ЦЕНТРЫ В ХАРЬКОВЕ, ДЕРПТЕ, РИГЕ,  
КИЕВЕ, ОДЕССЕ, ВАРШАВЕ

*Глава 20*

ХАРЬКОВСКАЯ ШКОЛА ФИЗИКО-ХИМИКОВ. ИССЛЕДОВАНИЯ Н. Н. БЕКЕТОВА . . . . .	326
Организация физико-химического отделения в Харьковском уни- верситете . . . . .	328
«Исследования над явлениями вытеснения одних элементов дру- гими» (1865) . . . . .	332
«Динамическая сторона химических явлений» (1879) . . . . .	336
Физико-химические исследования учеников Н. Н. Бекетова . . .	337

*Глава 21*

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИИ В ДЕРПТСКОМ (ТАРТУСКОМ) УНИВЕРСИТЕТЕ . . . . .	343
Химическая школа К. Г. Шмидта . . . . .	343
Начало научной деятельности В. Оствальда . . . . .	345
Физико-химические исследования Г. Таммана и его учеников . .	347

*Глава 22*

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИИ В РИЖСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ . . . . .	353
Организация «Zeitschrift für physikalische Chemie» . . . . .	354
Исследования П. И. Вальдена . . . . .	358

*Глава 23*

КИЕВСКАЯ ШКОЛА ХИМИКОВ . . . . .	367
Киевский университет . . . . .	367
Политехнический институт . . . . .	374

*Глава 24*

ОДЕССКАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ШКОЛА . . . . .	376
-------------------------------------	-----

*Глава 25*

ИССЛЕДОВАНИЯ РУССКИХ ХИМИКОВ В ВАРШАВСКОМ УНИ- ВЕРСИТЕТЕ И В ВАРШАВСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИ- ТУТЕ . . . . .	382
ЗАКЛЮЧЕНИЕ . . . . .	387
УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН . . . . .	402