

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НЕМЕЦКИХ ЛАУРЕАТОВ НОБЕЛЕВСКИХ ПРЕМИЙ ПО ХИМИИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XIX - ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XX вв.[‡]

А.Н.Родный (Москва)

Материалом для данной статьи стали научные биографии 20 нобелевских лауреатов по химии из Германии с 1901 по 1953 гг. Выбор историко-научного материала, связанного с нобелевскими лауреатами, определяется рядом причин. Во-первых, интересно проследить, что заставляет химиков заниматься прикладными исследованиями и разработками, и каков социальный механизм этих занятий. Во-вторых, ученые такого уровня сильно мотивированы на научную деятельность. Поэтому их обращение к химической технологии[§] имеет веские причины когнитивного, социального и психологического свойства. В-третьих, обращение именно к немецким ученым связано с желанием автора рассмотреть характер взаимодействия науки и промышленности в Германии, где сообщество химиков в указанный период времени было самым многочисленным и структурированным.

Во второй половине XIX в. в этой стране образовалась тесная связь науки с промышленностью: имелись крупные химические компании с научно-исследовательскими лабораториями, отлаженная система высшего химиче-

[‡] Работа проводится при поддержке РФФИ № 98-06-80142.- *Прим.авт.*

[§] Под химико-технологической деятельностью я понимаю деятельность, направленную на обеспечение хода логического движения химико-технологического знания от его возникновения до практической реализации в рамках производства. Условно логическое движение знания происходит на четырех уровнях: генерации, фиксации, трансляции и адаптации в промышленности. Функционирование этих уровней обеспечивается определенными организационными формами, в рамках которых и осуществляется движение химико-технологического знания (различные исследовательские лаборатории, редакции журналов и другой научно-технической литературы, патентные бюро, факультеты и кафедры высших учебных заведений, структурные подразделения промышленных фирм и т.д.) Подобную структуру, имеющие свои пространственно-временные координаты я называю научной инфраструктурой химической промышленности. Вполне естественно, что подобная инфраструктура имеет свои национальные особенности. К примеру, во второй половине XIX в. четкая инфраструктура, с основными ее элементами, которые присутствуют в инфраструктуре сегодняшнего дня, сложилась в Германии.- *Прим.авт.*

ского и химико-технологического образования, различные научные и научно-технические общества, патентная система, стимулирующая прикладные исследования и разработки. В Германии царил дух уважения к ученым и инженерам, а химия была «царицей наук». Проблемное поле химии было обширным, а институциональная структура науки давала возможность наиболее способным заниматься исследовательской деятельностью. Эта возможность еще возросла в начале XX в., когда стали открываться научно-исследовательские институты при Обществе кайзера Вильгельма. Несмотря на расширение исследовательской базы, все время существовала жесткая конкуренция среди ученых за места в университетах и институтах. По-прежнему, многим приходилось заниматься педагогической деятельностью, чтобы обеспечить себе достойный уровень жизни.

Традиции немецкой химии, заложенные научными школами Ю.Либиха, А.Гофмана, Р.Бунзена, А.Кекуле и др, хотя полностью не игнорировали практические проблемы химии, но нацелены были в первую очередь на фундаментальные исследования. Неудивительно, что первые лауреаты Нобелевских премий по химии Э.Фишер (1902 г.) и А.Байер (1905 г.) мало интересовались практическими проблемами химии, хотя их работы оказали огромное влияние на развитие промышленности: у Фишера в области синтеза сахаров и пуринов, а у Байера по красящим веществам. Интересно отметить, что в формулировке Нобелевского комитета прямо говорилось, что работы Байера получили признание «за развитие органической и промышленной химии...» [1, с.344].

Вся научная деятельность Фишера связана с университетами. Только в последние годы жизни он принимал участие в организации Институтов – Физической химии и электрохимии кайзера Вильгельм в Берлине (1911 г.) и Исследования угля кайзера Вильгельма в Мюльгейме (1914 г.). Фишер поддерживал фундаментальные исследования, выходящие за рамки химии, способствуя осуществлению междисциплинарных проектов (экспедиции по наблюдению за солнечным затмением и по организации экспериментов для проверки теории относительности) [2, с.566].

В отличие от университетского ученого Фишера, Байер работал в Высшей технической школе в Берлине, где, однако, занимался только теоретическими вопросами химии. Даже после того, как ему удалось синтезировать краситель индиго, он не сделал ничего, чтобы попытаться внедрить его в промышленность, при этом, отлично понимая, какие материальные выгоды это может дать в случае успеха. Вместо того чтобы заниматься практическим внедрением своего открытия Байер перешел в Страсбургский университет, где полностью посвятил себя изучению теории гидроароматических веществ [5, с.46].

Возможно, «нелюбовь к практике» передалась Фишеру и Байеру от А.Кекуле, у которого они оба работали. Кекуле был ориентирован на теоретические вопросы структурной химии. Практическим работам со студентами он уделял мало внимания. В последние годы жизни (конец 1880-х) Кекуле стал все-таки обращаться к практическим приложениям науки, выступал в роли третейского судьи в патентных спорах фабрикантов, изготавливающих красители из каменноугольной смолы [3, с.223]. По-видимому, среди его учеников происходил естественный отбор. Те из них, кто был нацелен на фундаментальные вопросы химии, добивались, благодаря его влиянию, больших успехов, а те, кто тяготели к практической работе, или уходили от него к другим профессорам или не реализовывались как химики.

Первый лауреат Нобелевской премии по химии – голландец Я.Вант-Гофф, также как и Фишер, пройдя школу Кекуле, больше тяготел к физике, чем к классической химии. Еще юношей, проявляя интерес к математике и естествознанию, Вант-Гофф, вынужден был по настоянию родителей учиться в Политехнической школе в Дельфте (1869-1871), а потом недолгое время поработать на сахарном заводе [4]. Но как только представилась возможность уйти в академическую науку, он незамедлительно этим воспользовался. Возможно, здесь сказалась природная склонность ученого, возможно, влияние учителя, а скорее всего, и то и другое.

Третьим нобелевским лауреатом по химии в Германии был Э.Бухнер (1907 г.). Как и Фишер с Байером, он занимался в основном теоретическими проблемами химии. Хотя после окончания гимназии некоторое время проучился в Высшей технической школе (ВТШ) Мюнхена, но бросил ее из-за финансовых трудностей. После чего 4 года работал на консервных заводах Мюнхена и Момбаха. В 1884 г. благодаря помощи брата стал студентом Мюнхенского университета у Байера [5, с.212]. Его интересы лежали в области биохимии (бесклеточное брожение, внеклеточная ферментация) и в дальнейшем имели большое практическое значение.

Большой интерес к прикладной химии, чем его предшественники проявил четвертый лауреат Нобелевской премии из Германии, В.Оствальд (1909 г.). По настоянию отца он стал изучать инженерное дело, но, увлекшись химией, поменял свои планы на жизнь. Семь лет в Рижском политехникуме были отданы науке и преподаванию. Человек широких естественнонаучных и философских взглядов, он в 1900 г., будучи профессором Лейпцигского университета, приступил к изучению проблемы фиксации азота [6, с.124]. Оствальд исследовал технологию процессов синтеза аммиака из элементов и окисление аммиака с целью получения азотной кислоты. Работая вместе со своим ассистентом, Брауером, он взял несколько патентов на эти процессы. После двух лет исследований, сделав большой задел, Оствальд отошел от прикладной тематики и переключился на новые фундаментальные проблемы естествознания.

Нобелевская премия за 1910 г. была присуждена немецкому ученому О.Валлаху. В формулировке Комитета было зафиксировано, что премия вручается «в знак признаний его достижений в области развития органической химии и химической промышленности...» Валлах стал первым немецким лауреатом, который сам занимался разработкой процессов получения эфирных масел и душистых веществ непосредственно на производстве [5, с.234-235]. В течение 1871 г. он работал в немецкой компании АГФА, а в 1872 г. вернулся в Боннский университет, где до этого был ассистентом у Кекуле.

Успехи теоретической химии дали резкий толчок к появлению новых технологических процессов. Ярким примером этого явилась разработка технологии синтеза аммиака. Многие исследователи изучали этот процесс. Но только Ф.Габер сумел довести лабораторные эксперименты до промышленных установок, за что и получил Нобелевскую премию в 1918 г. [5, с.296]. Когда в 1904 г. он приступил к своим экспериментам, ему было уже на что опираться. В.Нернст (Нобелевская премия за 1920 г.) заложил основы химической термодинамики процесса синтеза аммиака, а Оствальд наметил путь его осуществления с помощью катализаторов. Фигура Габера стоит особняком среди других лауреатов нобелевской премии. Он явился воплощением ученого, сумевшего на своем жизненном пути неразрывно соединить научные и практические аспекты химии. Габер добился грандиозного успеха и признания не только у своих коллег химиков, но и у широкой научно-технической общественности. Ф.Габер стал первым нобелевским лауреатом, который не имел университетского образования. Он закончил в 1891 г. ВТШ в Берлине, одно из лучших высших технических учебных заведений в мире. Потом три года проработал химиком в промышленных фирмах. В 1894 г. Габер был ассистентом профессора химической технологии Г.Бунте в университете Карлсруэ. С 1894 по 1910 гг. работал в ВТШ Карлсруэ, где и приступил к экспериментальным лабораторным работам по синтезу аммиака при поддержке компании BASF [7]. Став во главе Института физической химии и электрохимии кайзера Вильгельма в Берлине в 1911 г., он не прекращал заниматься прикладными проблемами науки. Во время первой мировой войны Габер стал организатором военно-химической промышленности Германии, являясь одним из создателей химического оружия (отравляющих веществ).

Габер работал над процессом получения аммиака из элементов в постоянном взаимодействии с сотрудником компании BASF К.Бошем. Последний получил Нобелевскую премию в 1931 г. «за разработку и использование в химии методов высокого давления» [1, с.350]. Вся карьера химика и инженера прошла у Боша в этой компании (с 1899 г.). В 1919 г. он стал управляющим заводами BASF, в 1925 г. директором «И.Г.Фарбениндустри», а в 1935 г. председателем совета директоров концерна [5, с.171-172]. Бош с детства

мечтал стать химиком, но по настоянию отца за год до поступления в высшее учебное заведение проработал на металлургическом заводе. Потом он учился в ВТШ в Берлине на металлургическом и машиностроительном отделениях, а после этого изучал химию в Лейпцигском университете. Под его руководством был осуществлен промышленный синтез метанола в 1923 г.

В том же 1931 г. с той же самой формулировкой, что и Бош, Нобелевской премии был удостоен Ф.Бергиус. Их судьбы во многом перекликаются. Оба экспериментировали с давлением химических реакций, оба работали в промышленности, оба до поступления в высшие учебные заведения узнали производство. Мальчик познакомился с химическими производствами на предприятиях отца. После школы он полгода проработал на металлургическом заводе. Бергиус стажировался химии у Габера в Карлсруэ. В 1909 г. на свои средства создал химическую лабораторию в ВТШ Ганновера под патронажем М.Боденштейна. В 1914 г. он присоединил эту лабораторию к заводу фирмы «Гольдшмидт» в Эссене. В 1938 г. Бергиус оставляет научную работу и поступает на службу в «И.Г.Фарбениндустри», где занимается в основном производственной деятельностью.

Долго был путь к признанию у Г.Штаудингера. В начале 20-х гг. он выдвинул теорию, лежащую в основе всей полимерной химии. Признание научной общественности пришло гораздо позже. Нобелевскую премию Штаудингер получил только в 1953 г. «за открытия в области химии макромолекулярных веществ» [1, с.354]. Химия полимеров широко завоевывала промышленность, но «Штаудингер как исследователь-теоретик остался в стороне от этого развития. Макромолекулы и полимеры занимали его только как интересное с научной точки зрения состояние вещества» [1, с.181]. Нельзя сказать, что он в течение своей жизни совсем не касался вопросов практики. Работая ассистентом в ВТШ Карлсруэ вместе с известным химиком К.Энглером, который был консультантом в БАСФ, Штаудингер в 1910 г. открыл новый более простой синтез изопрена, основного компонента натурального каучука. Тем не менее, в этот же период времени он не особенно уделял внимание этому открытию, предпочитая заниматься изучением кетона. Во время первой мировой войны, будучи в Федеральном технологическом институте Цюриха, он вместе с Л.Ружичкой (Нобелевская премия за 1939 г.) занимался изучением состава природного инсектицида, пиретрина, и получением искусственного перца. В тот же период он искал искусственный заменитель, встречающегося в природе лекарственного препарата – атропина. Вместе со своим студентом Т.Рейхштейном получил искусственную эссенцию кофе, которая использовалась Германией в военное время [2, с.770]. Символично, что не отдав много сил и времени прикладным вопросам химии, Штаудингер был почетным доктором в области инженерного дела Технического университета Карлсруэ [2, с.773].

В начале 1939 г. О.Ган (Нобелевская премия 1944 г.) высказал, предположение, что под ударами нейтронов ядро урана расщепляется на два ядра [1, с.72]. Ган стал первым немецким ученым, получившим Нобелевскую премию за исследования по радиохимии. Получив докторскую степень в Марбургском университете, Ган хотел специализироваться в области промышленной химии и для этого решил совершенствоваться в английском языке, надеясь найти работу за границей. Однако, в 1904 г., попав в Лондонский университет к У.Рамзаю (Нобелевская премия 1904 г.), он нашел свое призвание в изучении фундаментальных вопросов науки, посвятив себя ядерной химии и физике [5, с.307]. В течение шести месяцев Ган работал в Макгильском университете в Монреале под руководством Э.Резерфорда (Нобелевская премия 1908 г.), проводя исследования по радиоактивности; а затем в Химическом институте при Берлинском университете, который возглавлял Э.Фишер. Когда в 1912 г. был создан Институт физической химии и электрохимии кайзера Вильгельма, он стал руководителем радиохимической группы, а с 1828 г. директором института [5, с.307-308]. Во время первой мировой войны Ган занимался созданием химического оружия под руководством Габера, в период второй мировой войны был привлечен к проекту создания атомной бомбы.

Во второй половине XIX в., когда число химиков, работавших на производстве, стало больше числа химиков, занятых в учебных заведениях, влияние этой профессии на жизнь общества стала особенно заметна. В одной только БАСФ в Людвигсхафене с 1865 по 1895 гг. было на службе 125 дипломированных химиков [8]. С 1899 г. здесь работал К.Бош, а в 1905 г. компания стала поддерживать лабораторные эксперименты Ф.Габера. Кроме того, среди сотрудников «И.Г.Фарбениндустри», куда в 1925 г. вошла и БАСФ, были К.Бош, Ф.Бергиус, К.Альдер (Нобелевская премия 1950 г.), а А.Виндаус (1928 г.) получал поддержку от компании при исследованиях над составом стеаринов.

Диплом Ph.D. университетов и инженера-химика высших технических школ чрезвычайно ценился при найме на работу в промышленные фирмы. В Германии, как ни в одной другой стране мира, сложилась тесная связь между университетами, техническим вузами и промышленными фирмами. Постоянная миграция ученых из одних лабораторий в другие плодотворно сказывалась на развитии химико-технологических исследований, обогащая их фундаментальными знаниями академической науки и ценным практическим опытом промышленных фирм. Специфической чертой в организации науки XX в. стало создание специальных научно-исследовательских институтов. Первые институты химического профиля появились в конце XIX в. при университетах. Так, в 1896 г. был открыт Физико-химический институт в Геттингене под руководством В.Нернста, а через два года Физико-химический институт в Лейпциге под началом В.Оствальда. Сотрудники этих институтов

внесли заметный вклад в разработку промышленных процессов. Например, М.Боденштейн и Г.Бредиг исследовали каталитические реакции, имеющие большое практическое значение, а А.Митташ, специалист в области подбора катализаторов, стал одним из участников создания процесса получения искусственного аммиака.

Другой тип институтов, организованных в Германии в XX в., был связан с деятельностью Общества кайзера Вильгельма, основанного в 1911 г. Несмотря на то, что оно было создано, главным образом, на средства промышленников, его статус был государственным, где ученые и организаторы науки играли заметную роль. С его помощью возникали институты широкого профиля, как, например, в 1912 г. Физической химии и электрохимии в Берлине под руководством Габера, так и специализированные, курируемые различными секциями – угля, металлургии, силикатов. Институты, создаваемые под эгидой Общества, в отличие от институтов при университетах, имели более тесную связь с промышленностью и государственными учреждениями. Так, Габер, возглавлявший физико-химическое отделение всего Института (Общества) кайзера Вильгельма, в 1916 г. был одновременно назначен консультантом химического отдела военного министерства. В этом Институте были еще учреждены отделения органической и неорганической химии, а для исследований получения жидкого топлива из древесины и угля было создано отделение в Мюльгейне во главе с Г.Фишером [9, с.25]. Лаборатории институтов имели более узкую химическую специализацию, чем университетские. Например, Физико-химический институт в Лейпциге был ориентирован в первую очередь на изучение кинетики и катализа газофазных реакций.

Преподавательский состав в высших учебных заведениях Германии включал в себя: ординарных профессоров, экстраординарных профессоров, почетных профессоров, приват-доцентов и ассистентов. В конце 20-х годов XX в. ассистент получал примерно 2800 марок в год. Это было не меньше того, что получал начинающий специалист в промышленности. Однако на этой должности он мог находиться не более 5 лет. Средний доход профессора был 15-16 тыс. марок в год, а доход инженера на пике его карьеры 10-12 тыс. марок в год. Но профессорское звание получали, как правило, через 15-20 лет работы. Чрезвычайно редки были случаи, чтобы инженер, какой бы высокий пост он не занимал в промышленности, отказался бы от профессуры. В 1927 г. в 13 высших технических школах Германии было занято 500 ординарных профессоров и 300 экстраординарных, занятых преподаванием различных технических дисциплин. Число студентов химических отделений высших учебных заведений насчитывало 2020 человек [10, с.110-115].

С приходом к власти фашистов усилились централистские тенденции в организации научных и научно-технических областях исследований и разработок. Приоритетными стали прикладные исследования, особенно в военно-

технической области. Многие научные центры были обескровлены, изгнаны несогласные с национал-социалистической идеологией, изменена традиционная тематика исследовательских работ. Прикладную науку меньше коснулись идеологические и организационные изменения. Она даже получила определенный импульс в своем развитии, связанный с милитаризацией страны. Государство стало больше уделять внимание прикладным исследованиям и разработкам. В работу его аппарата активно включились служащие частных корпораций. Так, например, 24 директора предприятий «И.Г. Фарбениндустри» были на различных высоких государственных должностях [11, с.359].

Между 1933 и 1938 гг. из 544 химиков, работавших в университетах и институтах Общества кайзера Вильгельма, было уволено 139 человек, из которых 85 % были евреями. Из этого числа 109 человек эмигрировало в Западную Европу, а затем в разные страны: в США (35%), в Англию (18%), в Швейцарию (7%), Палестину (5%), в Турцию (4%), в Швецию (3%), и в Бразилию (2%). Причем только половина из них получила постоянную работу в университетах или в промышленности. Лучшими для эмигрантов были условия в США, где работал Рокфеллеровский фонд, поощрявший специалистов особенно в междисциплинарных исследованиях. Поэтому велико влияние эмигрантов на развитие американской науки в области биохимии, физической химии и полимерной химии. Причем, на традиционную органическую химию такого сильного воздействия оказано не было [12].

Среди нобелевских лауреатов из Германии вынуждены были эмигрировать двое, Ф.Габер и Р.Вильштеттер. Последний это сделал в начале 1939 г., тайно перебравшись в Швейцарию и до конца своей жизни прожив на вилле своего бывшего ученика в Локарно [5, с.277]. Габер покинул Германию в 1933 г., чтобы поселиться в Англии. Там он в течение четырех месяцев работал в Кембриджском университете, а затем, получив приглашение от первого президента Израиля Х.Вейцмана в Исследовательский институт Д.Сиффа в Реховоте, поехал в туда, но умер по дороге в Базеле (Швейцария) [5, с.296].

Подведем итоги. Изучение научных биографий 20 лауреатов нобелевских премий по химии в Германии с 1902 по 1953 гг. показывает, что их деятельность в области ядерной химии (О.Ган); химической термодинамики (В.Нернст); кинетики и катализа химических реакций (В.Оствальд); химического анализа (Ф.Прегль); полимерной химии (Г.Штаудингер); синтеза органических веществ (Э.Фишер, А.Байер, О.Дильс, К.Альдер, Г.Виттиг); химии природных соединений (О.Валлах, Г.Виланд, А.Виндаус); биохимии (Р.Кун, Э.Бухнер, Г.Фишер) оказала плодотворное влияние на развитие различных отраслей химической технологии. Причем, трое нобелевских лауреатов – Ф.Габер, К.Бош и Ф.Бергиус получили признание широкой химической общестvenности за разработку конкретных химико-технологических процессов, имевших большое значение для развития химической промышленности.

В Германии к 20-м годам XX в. сложилась тесная связь науки и химической промышленности, где немецкие химики, включая нобелевских лауреатов, в большинстве своем нацеленных на фундаментальные исследования, занимались прикладными аспектами науки. Химические лаборатории промышленных фирм, научно-исследовательских институтов, высших технических учебных заведений и университетов представляли им такую возможность, какой не было нигде в мире. Конечно, немецкие химики учились, стажировались, работали за границей. Но ученые уровня лауреатов Нобелевских премий имели возможность заниматься прикладной наукой у себя на родине. Исключение составляет, пожалуй, только Ф.Бергиус, который эмигрировал в конце второй мировой войны, сперва в Австрию, а затем работал в Испании и Аргентине. И, наоборот, нобелевские лауреаты за период с 1900 по 1953 гг. из других стран находили возможность получить образование или работу в Германии. Австрийский физико-химик Р.Зигмонди (1925 г.) с 1897 по 1900 гг. работал в исследовательской лаборатории «Шотт» в Йене [13, с.176], а затем, с 1900 по 1903 гг., в своей частной лаборатории, сотрудничая с цейсовскими заводами [5, с.465]. Швейцарский химик Л.Ружичка (1939 г.) с 1906 по 1912 гг. учился и работал в ВТШ Карлсруэ. Венгерский химик Д.Хевеши (1943 г.) учился в 1905 г. в ВТШ Берлина, а в 1910 г. работал у Габера в ВТШ Карлсруэ.

По мере укрепления связей науки и химической промышленности (формирования научной инфраструктуры химического производства) необходимость в педагогической работе ослабевала. Лаборатории промышленных фирм и научно-исследовательских институтов освобождали ученых от часто для них рутинной преподавательской деятельности.

В периоды войн немецкие химики привлекались к решению химико-технологических задач, связанных с нуждами армии и обороны страны. Сразу после окончания Франко-прусской войны в 1871 г. О.Валдах (Нобелевская премия 1910 г.) работал в берлинской фирме АГФА, а на следующий год вернулся в Боннский университет [5, с.234]. В 1917-1918 гг. над проблемами химического оружия под руководством Габера в его Институте физической химии и электрохимии в Берлине работал Г.Вилланд (Нобелевская премия 1927 г.), профессор ВТШ Мюнхена. В первую мировую войну исследованиями по химическому оружию у Габера занимался О.Ган, который разрабатывал ядерное оружие в нацистской Германии. Штаудингер в Швейцарии выполнял военные заказы по созданию искусственной пищи и инсектицидов. Бош и Бергиус в БАСФ и в «И.Г.Фарбениндустри» разрабатывали технологии получения искусственного топлива и удобрений. Развитие химической промышленности способствовало тому, что талантливые ученые находили применение своим способностям в решении широкого круга прикладных проблем. Габер, Бош, Бергиус, Оствальд и др. были мотивированы на выпол-

нение социального заказа общества. Иногда приход в промышленность был связан с желанием устранить финансовые трудности или другими причинами, но полученные на производстве квалификация и социальный опыт в большей или меньшей мере сказывались на дальнейшей профессиональной карьере химиков.

Если на протяжении XIX в. в химии были научные школы, а их лидеры выполняли определенные функции организаторов науки, то с созданием научно-исследовательских институтов, можно говорить о новой генерации ученых, организаторов науки. Ярким представителем этой генерации был В.Оствальд. Его деятельность объединяла и направляла уже не только учеников, но и коллег самой высокой квалификации, среди которых были и нобелевские лауреаты (Я.Вант-Гофф и С.Аррениус). Деятельность Оствальда уже выходила за рамки чисто научных исследований. Работы по проблеме фиксации азота тому подтверждение. Но в начале XX в. появились организаторы научно-технических проектов. Такие химики, как Габер и Бош, сумели сплотить вокруг себя коллективы ученых и инженеров для решения научных проблем и их практической реализации. У них были знания, авторитет, организаторские способности, ассистенты и ученики, но и еще то, что не было у их предшественников – финансовые возможности для осуществления полномасштабной инновационной деятельности.

Литература

1. Чолаков В. Нобелевские премии: Ученые и открытия. - М., 1986. - 368 с.
2. Лауреаты Нобелевских премий: Энцикл.: М.-Я. - М., 1992. - 861 с.
3. Бьков Г.В. Август Кекуле. - М., 1964. - 236 с.
4. Добротин Р.Б. Соловьев Ю.И. Вант-Гофф. - М., 1977. - 271 с.
5. Лауреаты Нобелевских премий: Энцикл.: А.-Л. - М., 1992. - 775 с.
6. Родный Н.И., Соловьев Ю.И. Вильгельм Оствальд, 1853-1932. - М., 1969. - 375 с.
7. Малина И.К. Развитие исследований в области синтеза аммиака. - М., 1973. - 190 с.
8. Roth M, Wankmuller A. Chemists at the BASF 1865-1895: Their University Career as an Example for the German Ph.D. Problem // XX Intern. Congr. of History of Sci. / Liege, 1997. - P. 519.
9. Ипатьев В.Н. Наука и промышленность на Западе и в России. - Пг., 1923. - 44 с.
10. Уиккенден В.Э. Сравнительный очерк технического образования в Европе и США. - М.:Л., 1934. - 141 с.
11. Поллер Э. Химия на пути в третье тысячелетие. - М., 1982. - 400 с.
12. Deichmann U. The Expulsion of Jewish Chemists from Universities and Kaiser Wilhelm Institutes in Nazi Germany and Austria and its Impact in the Yost Countries // XX Intern. Congr. of History of Sci. - Liege, 1997. - S.582.
13. Выдающиеся химики мира: Биограф. справ. / Волков В.А., Вонский Е.В., Кузнецова Г.И. - М., 1991. - 656 с.